

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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**

C:.....  
R:.....

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de**

**Master, Filière :hydraulique**

**Spécialité :traitement des eaux**

**Thème**

**Suivi qualitatif de la station de traitement des eaux  
par osmose inverse IFRI S5 W.OUARGLA**

**Présenté par :**

- ❖ Gattouche khemis
- ❖ Amoumene Mehemed

**Soumis au jury composé de :**

**BAOUIA KAIS  
RABAH ATTABE  
KATEB SAMIR**

**Président  
Examineur  
Encadreur**

**Année Universitaire: 2021 / 2022**

## *Remerciement*

*Ma reconnaissance éternelle et mes vifs remerciements à mon créateur*

*«ALLAH», donné la santé et la volonté afin d'accomplir ce mémoire*

*Je tiens à exprimer nos vifs remerciements à ma promotrice*

*Mr KATEB SAMIR*

*université de KASDI MERBAH Ouargla*

*,Au membre de jury qui auront aimer et à apprécier ce travail*

*Atousmes enseignants de département d'hydraulique et de génie civil  
particulièrement Mr BAOUIA KAIS, Mme A BELMABDI et Mr RABAH ATTABE.*

*Mes dernière remerciements vont à ma familles, mes amis et toute personne qui*

*M'a aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.*

*Merci à tous.*

*Gattouche khemis*

*AMMOUMENE MEHEMED*

## Introduction générale

L'augmentation des besoins en eau et la disponibilité de l'eau de bonne qualité demeure un challenge d'actualité, généralement pour le monde entier et particulièrement pour l'Algérie.

En Algérie, la technique de dessalement et de déminéralisation pour le traitement des eaux de mer ou les eaux souterraines surtout dans le sud algérien est devenue parmi les techniques courantes vu le manque de la disponibilité des eaux douces

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer la performance de la station de déminéralisation des eaux de forage, qui alimente les villes de ouargla S5 IFRI, par osmose inverse.

L'étude a été effectuée par la réalisation des prélèvements des échantillons d'eau au niveau de cinq points de la filière de traitement. Le suivi de certains paramètres physico- chimiques (le pH, la conductivité électrique de l'eau, le TH, le TAC et les concentrations en ions  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$  et  $SO_4^{2-}$ ) a montré que l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux est de très bonne qualité en comparant les valeurs mesurées pour chaque paramètre aux normes de potabilité.

Le rendement de l'abaissement de la conductivité électrique à la sortie de l'osmose inverse dépasse 90 % avec une concentration des éléments minéraux qui nécessite une reminéralisations ultérieure.

La technique de déminéralisation des eaux souterraines par osmose inverse est une technique de choix qui nécessite une étude sérieuse pour la généralisée dans le territoire Algérien.

**Mots clés :** eaux souterraines, déminéralisation, osmose inverse, qualité physico-chimique.

# Chapitre I :

## I –PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE

## I -PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE:

### I.1. Situation administrative :

Le périmètre de la présente étude fait partie du territoire de la wilaya d'Ouargla, elle-même sise au Nord Est du Sahara algérien. Il est contenu sur la carte dans le quadrant allant de 06° 25' 00'' Est et de 33° 05' 02'' Nord. La wilaya de Ouargla est limitée par :

- La wilaya d'El Oued au Nord Est ;
- La wilaya de Ghardaïa à l'Ouest et un contact de quelques kilomètres avec les wilayas de Djelfa et de Biskra au Nord-Ouest ;
- Les wilayas d'Illizi et de Tamanrasset au Sud.
- La frontière Tunisienne à l'Est

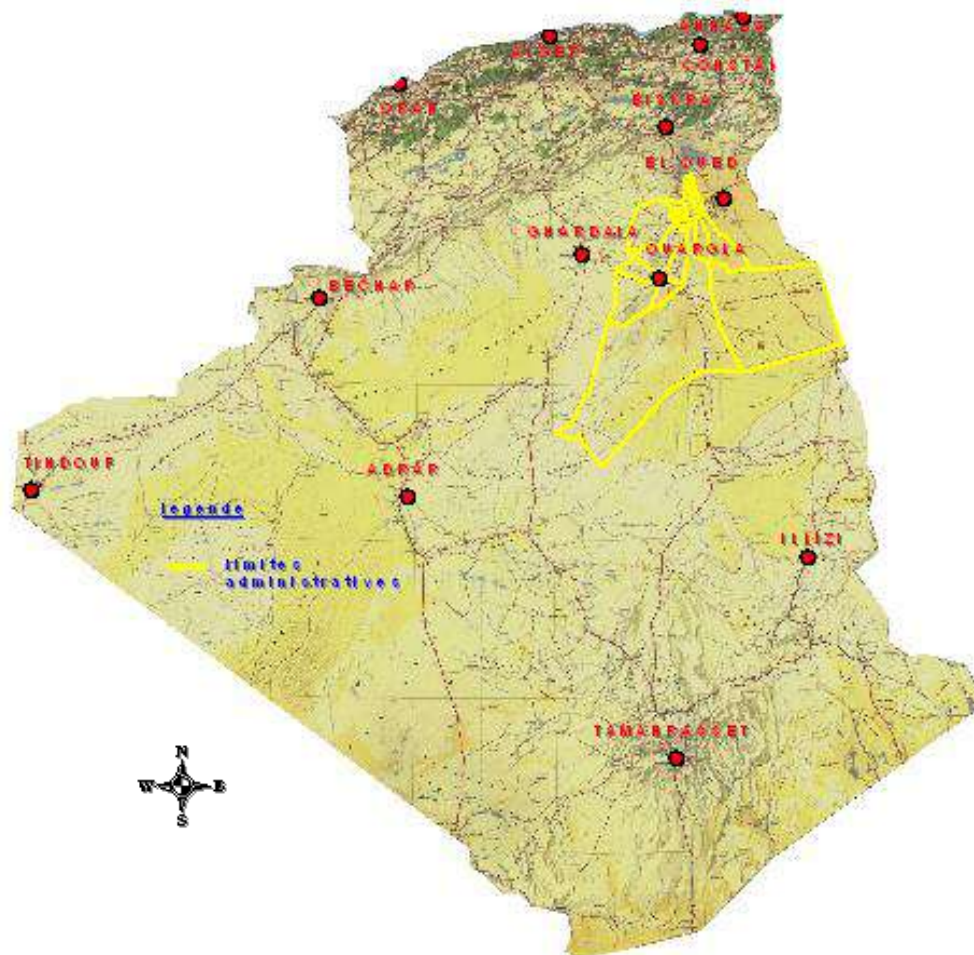


Figure 01 : Situation géographique de la wilaya d'Ouargla



## **I.2. Situation géographique :**

La zone d'étude fait partie de la commune de d'Ain El-Baida de wilaya de Ouargla, fait partie de Daïra de Sidi khouiled, entre les latitudes (722142.90 m E)- (726787.20 m E) et longitudes (3538390.45 m N)-(3534620.77 m N).

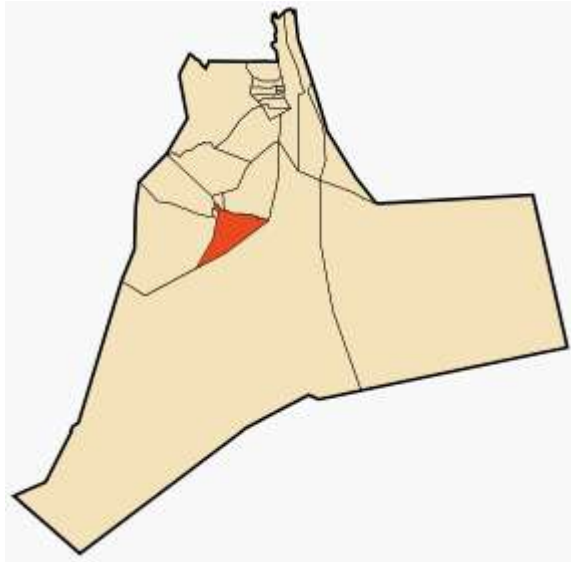


Figure 02 : Situation de la zone d'étude

## **I.3. Cadre naturel :**

### **I.3.1. Relief :**

La zone d'étude se caractérise par un paysage monotone qui fait partie du grand erg oriental, plus précisément des champs des dunes fixes ; seul le sable Superficielle est remodelé sans cesse par le vent, ce vent provoque une érosion Éolienne continue, qui attaque les roches du reg en enlevant des particules (Déflation, abrasion) ou en polissant leur surface (corrasion par vent chargé de Sable)

### **I.3.2. Situation climatologique :**

Les données de plusieurs décennies d'observation météorologique à la station de l'aéroport, montrent que cette région d'étude est caractérisée par un climat typiquement saharien de la précipitation faible et aléatoire, une température élevée avec une humidité faible.

#### **1.3.2.1. Précipitations :**

La moyenne annuelle des précipitations enregistrées au cours des dernières années est faible, elle est estimée 35.1 mm, répartie sur 19 jours, avec un maximum de 03 jours de pluies au mois d'avril et un minimum de 00 jour de pluies aux mois de juillet et août.

Sa répartition à travers les mois et les saisons se fait d'une manière irrégulière. La période la plus pluvieuse est la période à partir du mois de septembre au mois d'avril.

**Tableau 01 : Précipitations moyenne mensuelles (période : 2009-2018)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri l	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(MM)	7.3	1.2	5.9	7.8	1.6	1.0	0.1	0.3	3.8	2.1	0.7	3.3

### 1.3.2.2-Températures :

L'essentiel à retenir pour ce qui est de la température<sup>1</sup> dans cette région saharienne est :

- La température annuelle moyenne est de 23.5 °c ;
- L'amplitude thermique annuelle atteint les 43.5°c ;
- La température moyenne mensuelle la plus basse est de 12°c au mois de janvier ;
- La température moyenne mensuelle la plus élevée est de 35.8°c au mois de juillet ;
- Les maxima journaliers dépassent souvent les 45°c en Eté et les minima descendent au-dessous du 0°c en hiver.

**Tableau 02 : Variation des températures mensuelles (Période : 2009-2018).**

Mois		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T(°C)	Min	5,0	6,2	11,2	15,6	19,5	25,1	28,0	26,9	23,5	17,5	10,6	6,1
	Moy	12,1	13,3	18,5	22,9	27,0	32,8	35,8	34,5	30,7	24,5	17,5	12,8
	Max	19,2	20,4	25,7	30,2	34,5	40,5	43,7	42,0	37,8	31,6	24,4	19,6

### 1.3.2.3-Vent :

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques de la région d'étude, on note que les vents sont très fréquentes durant toute l'année. La force de vent pour tout les mois supérieur à 55 Km/h et pour le mois d'Avril et Mai plus 94 Km/h.

**Tableau 03 : Variation des vents moyennes mensuelles (période : 2009-2018).**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri l	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>Vent Km/h</b>	<b>72.7</b>	<b>68.4</b>	73,4	94,3	94,3	77,0	59,8	82,1	79,9	69,1	74,2	63,9

### 1.3.2.4-Humidité :

Les valeurs de l'humidité mensuelle moyenne interannuelle relevée à la station de l'aéroport montre que le mois le plus humide est le mois de décembre avec une humidité moyennes de l'ordre de **60,2%**, alors que le mois le plus sèche c'est le mois de juillet avec une humidité moyennes de l'ordre de **26,6%**.

**Tableau 04 : Humidité relative moyennes mensuelles (période : 2009-2018).**

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
H(%)	58.3	49.9	45,6	40,7	34,3	29,0	26,6	27,6	37,3	46,1	51,8	60,2

### 1.3.2.5- Evaporation :

L'évaporation annuelle de la région d'Ain El-Baida à été estimé par 2.9 m/an selon les valeurs de la station d'aéroport (2009-2013)

L'évaporation la plus élevée se produit dans le moi de «juillet » d'une valeur de 442,0 mm

**Tableau 05 : évaporation mensuelles interannuelle à 2009-2018**

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
H(%)	107.5	138.	200,	259,	349,	417,	442,0	424,8	326,	234,	156,9	91,4
		8	1	0	8	1			4	4		

D'après la situation climatologique, la région d'Ain El Baida se caractérise par un climat aride saharien

- En été le climat est chaud et sec avec des températures parfois attient 45°.
- En été les températures sont très élevées avec une moyenne saisonnière de 34C°.
- Les précipitations des pluies sont relativement faibles, de l'ordre de 0 à 7 mm.
- Inscription des vents forts entre 55-94 km/h .

### I.3.3. Situation Géologique :

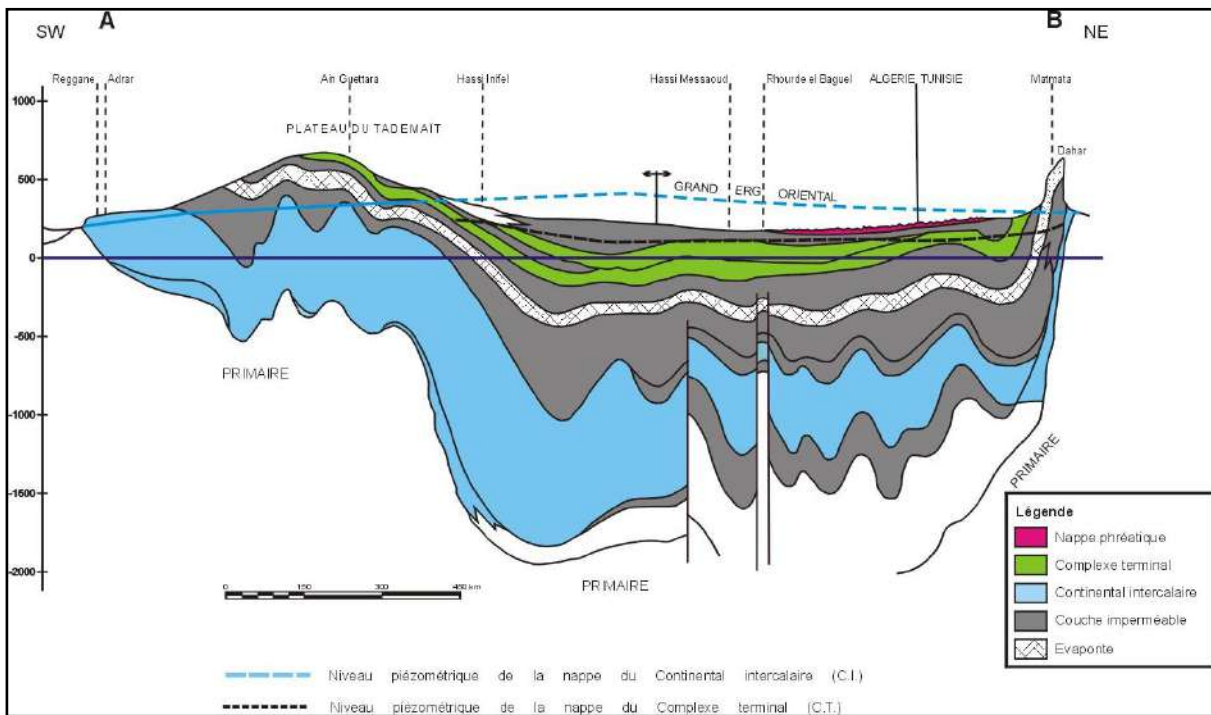
- la région de Ain el Baida se présent comme une cuvette synclinale du bas Sahara ; toutes les terrains depuis le « cambrien » jusqu' au « tertiaire » sont dissimulés en grande partie par le grande « Erg oriental » ;Cependant quelques affleurements sont observés sur les bordures .



- la série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologique post paléozoïque important : le Continental intercalaire et le complexe terminal
- Le Continental Intercalaire est le complexe terminal.
- Aquifère : « l'Albien » et le « Barrémien », séparés par une couche semi perméable d'âge « Aptien » et recouverts par une couche argilo marneuse argileuse à évaporites du « Cénomaniens ».
- Le substratum de continental intercalaire est constitué par des formations argileuse argilo sableuse ou carbonatées qui sont en discordance sur les terrains du paléozoïque parfois le paléozoïque est remplacé par le « Néocomien argileux » ou « le jurassique ».
- Le complexe terminât est compose de deux ensembles aquifères d'âge et lithologie différents sépare par les sable du « Moi-Pliocène » recouverts pratiquement en totalité par « l'Erg oriental ». Il a une extension de « 350 000 km<sup>2</sup> ».
- Une puissance moyenne de 50m à 100m et une profondeur variant entre 200m et 500m dans ce continental on distingue deux nappes : la première dans les sables et argiles du « Pliocène », qui est en fait un réseau de petites nappes plus ou moins en communication, la deuxième nappe, dans les sables grossiers à graviers du « Miocène supérieur ».
- Le substratum du complexe terminal est constitué d'une manière générale, par la formation lagunaire du « sénonien ».
- La couverture est constituée par les argiles plus ou moins du sommet des marnes et les évaporites de « l'Eocène Moyen »

#### **I.4.Hydrogéologie:**

La cuvette de Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines, recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques (cf. fig. 15).



**Fig. 03 Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)**

Bénéficiant de cette structure, les eaux souterraines constituent plusieurs ensembles superposés : la puissante nappe artésienne du Continental intercalaire gréseux, la nappe artésienne des calcaires marins du Sénonien et de l'Eocène, les nappes artésiennes du Continental terminal sableux (Mio-Pliocène) regroupées avec la précédente sous le nom de Complexe Terminal, enfin des nappes phréatiques largement étalées dans les formations continentales superficielles.

#### **I.4.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES :**

Dans le sous-sol de région de Ouargla, il existe trois grands ensembles aquifères qui, du haut vers le bas, sont : La **nappe phréatique**, le **Complexe Terminal** et le **Continental Intercalaire** dite aussi nappe de l'Albien fortement artésienne

##### **A-La nappe phréatique:**

Le niveau de la nappe phréatique est souvent proche de la surface ; parfois moins de 1 mètre. Elle se trouve généralement entre 1 et 2 m du sol, mais elle peut dépasser 18 m au sud de Ouargla. La qualité des eaux de cette nappe est très dégradée. La conductivité est très forte. Elle augmente en allant du sud vers le nord.

## **B-Le Complexe Terminal**

Le Complexe Terminal comprend trois aquifères qui sont (du haut vers le bas) :

### **○ La nappe du Mio-Pliocène :**

Cette nappe est contenue dans les sables grossiers atteints vers 30 à 160 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies de Ouargla. L'exploitation de cette nappe du mio-pliocène est réalisée par le creusement de nombreux puits artésiens depuis le 19<sup>ème</sup> siècle (1883).

### **○ La nappe du Sénonien :**

La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 2,5 et 3,6 g/l. Plusieurs forages dont la plupart sont captant dans le complexe terminal assurent une production annuelle de 50 millions de m<sup>3</sup> d'eau pour l'alimentation domestique et agricole.

### **C-Continental Intercalaire CI :**

La nappe du Continental Intercalaire couvre une superficie de 800 000 Km<sup>2</sup>. Elle est l'une des plus grandes réserves souterraines au monde. Dans la région de Ouargla, le toit de la nappe est situé à 850 mètres (par rapport au niveau 0).

## **I.5.Enquête :**

### **1.5.1.Sources d'approvisionnement:**

L'eau potable à Ouargla est obtenue de deux nappes distinctes. La nappe du continental intercalaire et la nappe du complexe terminal.

- Le nombre total de puits de Ouargla et Rouissat est de (43) dont un débit total est estimé à (2000 L / sec) et sont illustrés dans le tableau suivant:

**Tableau 06 : liste et caractéristique des forages exploités**

numéro	nom de forage	débit exploité (l/s)	débit mobilisé (l/s)	année de réalisation	nappe capté	raccordement	état de forage
<b>1</b>	Unité	36	40	1969	Sénonien	stockage/régulation	<b>en service</b>
<b>2</b>	Lala mimouna	18	30	1982	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>3</b>	Matmoura	27	42	1968	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>4</b>	Ain Hadjai	25	36	1998	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>5</b>	Ain Rahma	35	35	1998	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>6</b>	Gherbouz(1)	25	29	1982	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>7</b>	Gherbouz(2)	25	30	1991	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>8</b>	université	27	27	1991	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>9</b>	Mekhadma(1)	25	30	1978	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>10</b>	Mekhadma(3)	22	30	2004	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>11</b>	Sokra (1)	30	40	1994	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>12</b>	Beni Thour	29	37	1979	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>13</b>	ain elouiz	30	45	2000	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>14</b>	Sid amran	30	42	2000	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>15</b>	douanes	10	26	1990	Sénonien	réseau	//
<b>16</b>	selice	30	30	1993	Sénonien	réseau	//
<b>17</b>	ifri (1)	23	23	1996	Sénonien	réseau	//
<b>18</b>	Nakhla	23	35	1990	Sénonien	réseau	//
<b>19</b>	Bahmid	19	19	1941	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>20</b>	Said Othba	12	20	1990	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>21</b>	Bour el Haicha	22	42	1986	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>22</b>	Hassi Miloud	6	10	1986	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>23</b>	bamendil (1)	30	45	1983	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>24</b>	Cité Université	17	25	2007	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>25</b>	El Khafdji(2)	7	13	2003	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>26</b>	El Khefdji (4)	28	60	2003	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>27</b>	Sidi Amrane	15	27.5	2009	Sénonien	réseau	//
<b>28</b>	Bou Amer (1)	6	10	2009	Sénonien	réseau	//
<b>29</b>	Pole Université	25	30	2011	Sénonien	réseau	//
<b>30</b>	Ifri (2)	27	49	2011	Sénonien	réseau	//
<b>31</b>	hai an1	27	20	2011	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>32</b>	Hai Annasser (2)	27	45	2011	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>33</b>	Said Othba (2)	25	40	2012	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>34</b>	bamendil (3)	20	30	2012	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>35</b>	Bou Amer (2)	15	25	/	Sénonien	réseau	//
<b>36</b>	Hai Annasser (albien)	00	200	2013	Albien	/	//
<b>37</b>	Sokra (2)	27.78	30	1978	Sénonien	stockage/régulation	//
<b>38</b>	Eslam Sokra	35	40	2011	Sénonien	réseau	//
<b>39</b>	Rouissat	24	40	2012	Miopliocène	stockage/régulation	//
<b>40</b>	Ziaina 2	15	40	2014	Sénonien	réseau	//
<b>41</b>	El-Hadeb(1)	95	200	1974	Albien	stockage/régulation	//
<b>42</b>	El-Hadeb(2)	90	200	1987	Albien	/	//
<b>43</b>	El-Hadeb(3)	110	160		Albien	/	//
		1167	2000				

Source : Algérienne Des Eaux direction Ouargla 2016

### **I.5.2.-Station de déminéralisation :**

Pour améliorer la qualité des eaux destinée à la consommation au niveau de la ville de Ouargla et Rouissat le ministère de ressource en eaux et environnement à réalisé neuf (09) station de déminéralisation réparties sur le territoire des communes de Ouargla et Rouissat selon le tableau suivant:

**Tableau 07 : le tableau indiquant les stations de déminéralisation (Ouargla et Rouissat) :**

numéro de station	nom de station	Emplacement	volume d'eau brut (M3/j)	volume d'eau traitée (M3/j)
S1	Gherbouz	Ouargla	3000	2250
S2	Ain el khir		9000	6750
S3	Hai bouzid		4500	3375
S4	mekhdma		3000	2250
S5	Ifri el garra		10500	7875
S6	Bamendil ekl khafdji		7500	5625
S7	Bamendil ancien		3000	2250
S8	ziaina	rouissat	3000	2250
S9	El Hadeb		27000	20250
			<b>70500</b>	<b>52875</b>

Source : Algérienne Des Eaux direction Ouargla 2016

Remarque : Les rendements globaux des stations de déminéralisation de l'ordre de 75%



Figure 04 : photo des stations de déminéralisation des eaux saumâtre à Ouargla

### **I.6.Ouvrage de stockage et régulation:**

Les réservoirs des commune de Ouargla et Rouissat, avec les données en temps de fonctionnement normal ainsi qu'en temps actuel telles que constatées lors des multiples visites effectuées sur les sites concernés par cette présente étude. Il complète ainsi l'autre rapport consacré lui aux complexes hydrauliques de la zone d'étude

**Tableau 08 : les ouvrages de stockage et régulation (Ouargla et Rouissat)**

numéro	nom de complexe	année de réalisation	complexe		état de fonctionnement
			capacité (M3)	type d'ouvrage	
1	Ain el khir	1960	1500	château	<b>en service</b>
		1993	2000	bâche	<b>en service</b>
		1993	2000	bâche	<b>en service</b>
		1993	1500	château	<b>en service</b>
5	Gharbouz	1986	2000	bâche	<b>en service</b>
6		1986	300	château	<b>en service</b>
7	Mekhdma	1986	2000	bâche	<b>en service</b>
8		1986	300	château	<b>en service</b>
9	El mdabeh	1994	300	château	<b>en service</b>
10	Beni thour	1986	2000	bâche	<b>à Arrêt</b>
11		1986	300	château	<b>à Arrêt</b>
12	Said othba	1992	300	château	<b>en service</b>
13	Bamendil (1)	1984	250	château	<b>en service</b>
14	Bamendil (2)	2001	500	château	<b>en service</b>
15	Centre université	1991	300	château	<b>en service</b>
16	El khefdji	2003	2000	bâche	<b>en service</b>
17	Bou el haicha	1997	250	château	<b>en service</b>
18	Hassi meloud	2011	500	bâche	<b>en service</b>
19	Said othba (2)	2012	500	château	<b>en service</b>
20	Ifri el garra	2014	2000	bâche	<b>à Arrêt</b>
21		2014	2000	bâche	<b>à Arrêt</b>
22	Hai annssa (1)	2014	3000	bâche	<b>à Arrêt</b>
23	Hai annssa (2)	2014	3000	bâche	<b>à Arrêt</b>
24	Pole université	2014	1000	château	<b>en service</b>
25	Sokra	2001	500	château	<b>en service</b>
26	El hdeb	1984	250	château	<b>à Arrêt</b>
27	Rouissat 2	2012	500	château	<b>en service</b>
			<b>31050</b>		



## **I.7. Qualité des eaux de consommation :**

### **I.7.1. Paramètre physique:**

#### **I.7.1.1. Température:**

On peut dire que cette température acceptable pour la consommation humaine ; pour les nappes captées au CT par contre les eaux captées au CT la température très élevée est dépassée 55°C.

#### **I.7.1.2. Potentielle de hydrogène pH:**

Le pH des eaux de forages au niveau de la zone d'étude de l'ordre de 7,46, cette valeur montre l'existence d'équilibre entre les hydrogencarbonates déterminés par le TAC et l'acide carbonique libre (CO<sub>2</sub>).

#### **I.7.1.3. La conductivité électrique:**

Les résultats d'analyse des eaux de forages en eau dans la zone d'étude caractérisée par une valeur moyenne de conductivité électrique varié entre (2,09-3,17 ms/cm) légèrement supérieure à la norme 1,5 ms/cm

#### **I.7.1.4. Turbidité:**

Les résultats des analyses montrent que les de forages de la zone d'étude sont des eaux claires.

#### **I.7.1.5. Résidu sec :**

La valeur moyenne en résidu sec à 110°C très importante par rapport la limite en résidu sec dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 1500 mg/l.

#### **I.7.1.6. Fer totale:**

Le fer total à l'état de trace dans les eaux de forage de deux commune Ouargla, Rouissat les concentrations sont en dessous de la norme de OMS

### **I.7.2. Paramètre ioniques :**

#### **I.7.2.1. Sodium Na:**

On a constaté dans les eaux de forge des teneurs en sodium supérieure aux normes (200 mg/l) ; la moyenne enregistrée est de 395,26 mg/l

#### **I.7.2.2. Potassium K:**

Les résultats en potassium dans de la zone d'étude de l'ordre de 18,55 mg/l, cette valeur faible par rapport les normes d'OMS (20 mg/l).

### **I.7.2.3.Chlore Cl :**

Les résultats d'analyse des eaux de forges en eau dans la zone d'étude est caractérisée par une valeur moyenne de chlore de l'ordre 655,94 mg/l cette valeur il est très élevée rapport les normes de l'organisation mondiale de la santé 250 mg/l peuvent provoquer un goût discernable.

### **I.7.2.4..Sulfate SO4:**

La concentration de sulfate dans les eaux de forges est de 918,21 mg/l supérieure aux normes.

### **I.7.2.5.Nitrates NO3:**

La teneur moyenne en nitrates dans les eaux des forges est de 1 mg/l. cette valeur très faible par rapport les normes OMS (50 mg/l).

### **I.7.2.6.La dureté TH (calcium, magnésium):**

Le titre alcalimétrique (TH) exprime la teneur en sels de calcium et de magnésium (la dureté totale).les eaux du forage présentent une dureté importante de l'ordre 103<sup>OF</sup>.

**En conclusion, nous pouvons classer les eaux du forage exploitées des communes Ouargla comme étant des eaux sulfaté-chlorurées sodique.**

**D'après les caractéristiques physico-chimiques des ces eaux comme étant des eaux saumâtre nécessitant une de déminéralisation pour améliorer la qualité des eaux pour la consommation.**

**Tableau 09 : qualité des eaux de quelque forage exploité (Ouargla et Rouissat)**

nom de forage	Nom	Nappes	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TAC	Dureté	T°C	pH	C (µmhos/cm)	Na(%)
F Bahmid	Ouargla	CI	280,56	127,6	1491,61	800,865	975	148,93	1,825	122,075	122,65	24,65	7,445	3955	0,79
F Unité château	Ouargla	CI	168,333	74,125	1018,54	499,88	662,5	115,81	3,69	94,925	72,59	23,05	7,55	1839	0,81
Forage Douane	Ouargla	CI	300,6	90,78	1968,95	1200,915	1062,5	116,185	1,66	95,255	112,51	26	7,37	2765	0,83
Forage beni thour	Ouargla	CI	310,62	93,525	1937,17	1042,35	1200	118,7	1,669	97,295	116,14	25,3	7,285	4005	0,83
Forage université	Ouargla	CI	114,225	96	1684,97	757,375	1012,5	145,655	5,93	119,39	68,06	27,75	7,77	2955	0,89
F Ain hadji	Ouargla	CI	248,485	51,035	895,18	351,975	750	126,19	1,27	91,45	83,12	24,6	7,29	2794	0,75
F ain Rahma	Ouargla	CI	182,46	99,625	1555,95	970,48	775	119,18	4,15	88,4	86,61	27,9	7,255	3045	0,85
F Bamendile 01	Ouargla	CI	164,325	87,495	1252,94	639,06	737,5	149,45	5,7	122,5	77,09	24,7	7,385	2086	0,83
F Bamendile 02	Ouargla	CI	176,35	108,155	1380,60	816,3	737,5	124,75	9,05	102,255	88,60	24,8	7,52	2310	0,83
F Ifri	Ouargla	CI	254,505	106,94	1106,11	476,63	862,5	151,85	3,96	124,465	107,63	25,7	7,415	2455	0,75
F Ain louiz	Ouargla	CI	300,35	128,815	1640,66	851,145	1125	110,63	3,0005	90,68	128,10	24,45	7,22	3660	0,79
F-Gherbouz 01	Ouargla	CI	228,65	120,275	1229,40	461,56	1025	114,4	7,59	84,17	106,66	24	7,205	2057,5	0,78
F-Gherbouz 02	Ouargla	CI	238,475	61,97	980,99	381,91	800	111,905	7,8	91,725	85,12	24,35	7,115	2210,5	0,77
Forage Bouamer	Ouargla	CI	226,455	612,485	2,36	407,45	362,5	133,115	5,28	66,0715	308,67	25,35	7,045	1684	0,00
F la pissine	Ouargla	CI	312,62	55,47	1305,48	639,85	950	101,84	0,245	83,47	100,98	25,1	7	2455	0,78
Forage Sidi Omrane	Ouargla	CI	240,48	89,92	-	678,41	825	150,15	-	123,07	97,12	25,3	7,28	2450	-
Forage Silise	Ouargla	CI	274,545	105,725	1187,53	699,58	775	111,03	2,21	91,005	112,14	26,1	7,39	2455	0,76
Forage Ain elkhir	Ouargla	CI	320,6	97,2	1319,50	581,6	1025	159,4	0,008	130,69	120,15	24,8	7,4	2480	0,76
Forage Matmoura	Ouargla	CI	360,7	-	-	783,8	1250	177,9	4,3	145,8	-	26,6	7	3190	-
F Mekhadma 1	Ouargla	CI	364,72	131,25	1407,70	847,07	950	124,92	4,2	102,4	145,19	28,4	7,9	4800	0,74
F Mekhadma 3	Ouargla	CI	226,695	114,23	1815,53	723,865	1150	342,49	3,5	279,09	103,68	23,9	7,225	3560	0,84
F Mekhadma 2	Ouargla	CI	252,5	82,63	2294,10	858,93	900	1052,93	7,7	862,6	97,13	27,3	7,1	41,6	0,87

F - Elkhafdji 4	Ouargla	CI	260,52	738,935	698,91	738,935	887,5	104,03	6,65	65,275	369,22	24,75	7,275	3800	0,41
F Elkhafdji 3	Ouargla	CT	208,255	102,065	1832,23	1161,825	875	126,72	2,6	103,12	94,07	22,3	7,165	3300	0,86
F- Elkhafdji 2	Ouargla	CI	204,41	131,25	1420,56	686,8	950	142,64	2,5	116,92	105,11	27	7,15	3400	0,81
F Matmoura	Ouargla	CI	298,598	110,589	1685,84	841,53	1137,5	143,847	7,2	108,8	120,16	23,95	7,13	4185	0,80
F unité château	Ouargla	CI	148,29	65,62	970,62	443,23	650	109,62	1,45	89,85	64,08	26,7	7,48	1608	0,82
F Hassi Miloud	Ouargla	CI	312,62	194,44	931,70	541,16	800	114,12	4,05	93,548	158,17	22,6	7,71	2576,5	0,65
F Sidi Ben Sassi	Ouargla	CI	275,045	153,12	1844,08	957,645	1225	107,515	1,4685	88,13	131,77	24,9	7,355	4690	0,81
Forage Said Otba	Ouargla	CI	200,395	151,895	674,38	458,08	457,5	165,945	3,7575	107,33	112,61	22,25	7,605	2261	0,66
F Bour El Haicha	Ouargla	CI	332,66	174,99	912,87	559,5	750	125,93	7,8	103,22	155,18	22,1	7,9	2443	0,64
F Ziaina	Rouissat	CI	336,6	256,51	1747,24	881	1250	251,71	2,21	207,14	189,71	30	7,2	4650	0,75
F Sokra	Rouissat	CI	260,52	145,83	1036,46	474,89	875	87,265	8,25	84,67	125,14	28,5	7,24	3320	0,72
F El Hadeb 1	Rouissat	CI	184,365	70,49	1185,16	417,73	912,5	123,7	0,625	109,16	75,10	23,2	7,28	5020	0,82
F El Hadeb 2	Rouissat	CT	220,54	97,22	893,86	481,8	629,1	155,215	0,825	99,895	95,14	30,4	7,25	2058	0,74
F Ain Beida	Ain Beida	CI	332,66	140,89	1820,62	1134,25	987,5	134,71	3,75	168,67	141,14	31,05	7,185	2575	0,79

Source : direction des ressources en eau Ouargla 2018

## **I.8.-Demande en eau:**

les besoins en eau sont étroitement liés au nombre d'habitants, aux types d'agglomérations et à leurs niveaux de vie. Les centres urbains ont des niveaux de vie différents d'une société à une autre. De ce fait, la détermination des besoins des agglomérations doit faire objet d'études approfondies de tous les facteurs qui influent sur le comportement des sociétés.

Les besoins en eau d'une agglomération incluent à la consommation individuelle des ménages, les volumes consommés pour usage collectif et industriel. Théoriquement, l'estimation des besoins des équipements se base sur une connaissance très détaillée des attributs de chaque type de consommateur, A savoir :

- Population et niveau de vie
- Surfaces des bâtisses (administrations, mosquées, établissements de services.)
- Nombre de places des établissements collectifs (hôpitaux, écoles, crèches...)
- Rendement des unités productives (industrie et unités de fabrication...).

La demande en eau potable des différentes localités d'étude, consiste à déterminer la demande des différents secteurs domestique, public et commercial à différents horizons.

## **I.9.-Besoins domestiques:**

Les besoins domestiques sont calculés à base du taux d'accroissement fourni par les autorités locale

Dans ce qui va suivre, nous présentons la consommation de la population, et le calcul des besoins de la même population à base de 150 l/j/hab., pour déterminer le déficit en eau de la zone d'étude (la différence entre la consommation et les besoins réels de la zone d'étude).

## **I.10. Besoins d'équipement Publics:**

Cette catégorie de besoin comporte tous les équipements de secteur public (Administration, Éducation, ainsi que les activités artisanales, commerciales et touristique)

Notre calcul sera basé sur la moyenne nationale des villes et agglomérations secondaires.

Pour la demande institutionnelle et administrative est de l'ordre de 10 % de la demande totale (sources fichiers ADE)

## **I.11.-Besoins pour l'arrosage des cultures et espaces vert:**

Ils comprennent les besoins d'arrosage quotidien de l'ensemble des cultures et espaces vert rencontrés dans les artères de la ville ceux-ci sont estimés à 02 % de la demande totale

### **I.12.-Besoins des infrastructures militaires:**

Les casernes militaires et autres services de sécurité. Bien que la part de ces derniers ne soit pas connue avec précision, Comme la ville est le centre de l'état major et pour permettre un approvisionnement suffisant des casernes situées à l'intérieur des secteurs de la ville, il a été retenu de fixer la demande pour cette administration à 5% de la demande totale. Calcul des besoins futurs

Les besoins en eau potable d'une agglomération dépendent du mode de vie de la population. Le calcul des besoins soit de la population ou l'agriculture des communes (Ouargla, Rouissat), exige une fixation impérative des normes de consommation unitaire qui doivent rester valable tant que les critères qui ont contribué à l'établissement de ces normes restent inchangés. Les ressources en eau susceptibles d'être mobilisé pour satisfaction qualitativement et quantitativement les besoins en eau pour la consommation. Ce qui est à savoir, nous pouvons dire que l'évaluation des besoins en eau potable de (Ouargla, Rouissat) que nous les citerons, après nous permet de connaître la consommation journalière de la dite ville de (Ouargla, Rouissat).

### **I.13.-Évaluation de population :**

Le réseau d'alimentation en eau potable de la région est conçu, tenant compte de la croissance démographique et évaluation de la population dans le temps.

En se basant sur les populations fournies pour les deux communes Ouargla et Rouissat, on peut faire l'estimation pour les horizons ultérieurs de l'étude en se référant au taux d'accroissement de l'année 2008, fourni par le même organisme.

L'accroissement de la population sera calculé à l'aide de la formule suivante :

$$P=P_0 (1+ \tau/100)^ n$$

- P : Population de l'horizon à estimer ;
- P<sub>0</sub> : population de l'horizon initiale ;
- τ : Le taux d'accroissement (%) ;
- N : nombre d'années séparant les deux horizons.

Les résultats de l'estimation de la population aux horizons de l'étude (court, moyen et long terme) sont illustrés dans le tableau.



### I.19. Taux D'accroissement :

Le taux d'accroissement de la population est l'augmentation du nombre d'habitants d'une région au cours d'une période donnée. Il indique le nombre de naissance et de décès enregistré pendant la période et le nombre de personne qui sont émigrés ou migrés.

**Tableau 10 : variation de Taux d'accroissement par horizon :**

horizons	court terme			moyen terme		long terme			
année	2008	2017	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
taux Ouargla	1,8	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
taux Rouissat	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

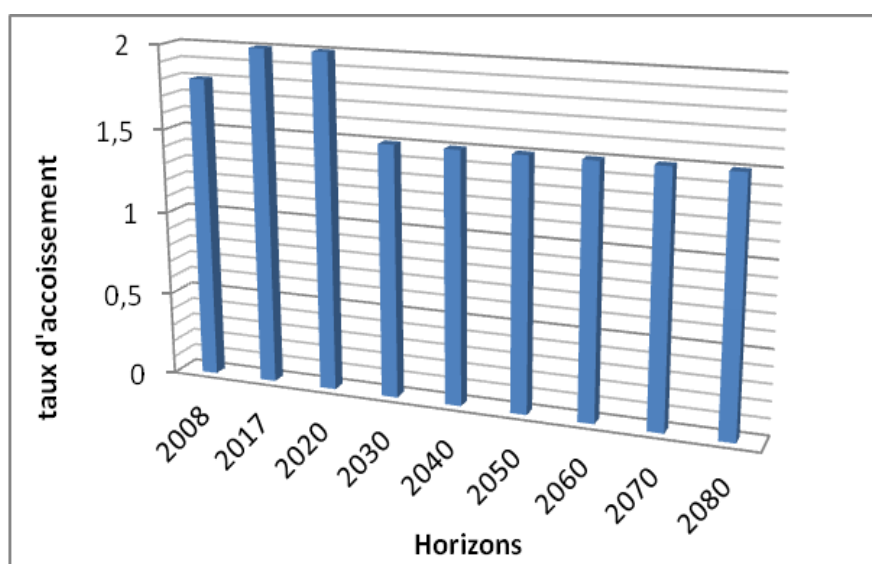


Figure 05 : variation de taux d'accroissement par horizon

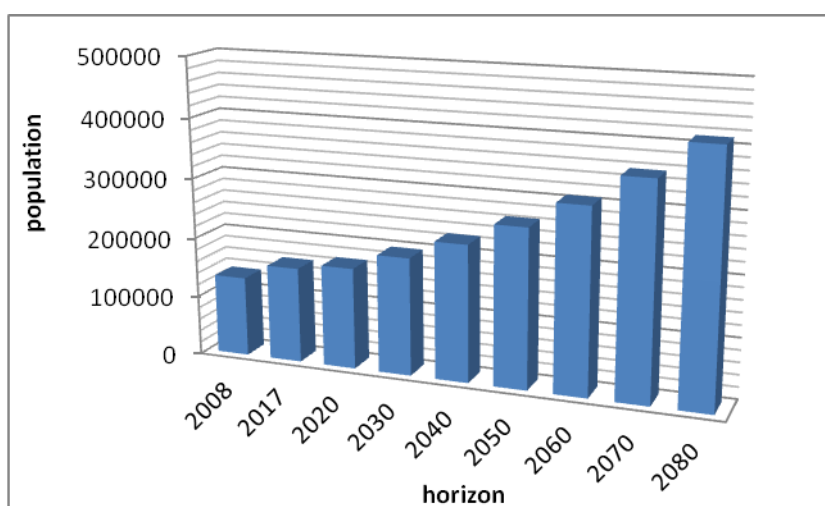


Figure 06 : variation de la population par horizon

L'eau traitée (A la sortie des stations de déminéralisation  $200 * 0.75 = 150 \text{ l/j/hab.}$  )

### I.20.-Estimation des Besoin:

L'estimation du besoin actuel à été calculée sur la base du nombre des populations actuelles

N° population	2008	2017	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
<b>Ouargla</b>	133024	158976	168707	195791	227223	263702	306037	355168	412187
<b>taux</b>	1,8	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Rouissat</b>	58112	69449,2193	73700,0672	85531,9368	99263,3044	115199,117	133693,279	155156,508	180065,462
<b>taux</b>	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>total</b>	191136	228425	242407	281323	326487	378901	439730	510325	592253

Tableau 11 : L'estimation du besoin actuel

des différentes, secteurs et d'une dotation estimée à 150 l/j.

Ainsi on à : La consommation moyenne journalière domestique ( $\text{m}^3/\text{j}$ )

$$Q_d = \text{Population} \times \text{Dotation}$$

#### a. LA CONSOMMATION journalière DES EQUIPEMENT ET ARROSAGE ( $\text{m}^3/\text{j}$ )

$$Q_e = Q_d \times 0.10$$

#### b. Volume journalière de fuite ( $\text{m}^3/\text{j}$ )

$$Q_{\text{fuite}} = Q_d \times 0,15$$

**c. Volume totale journalière moyenne (m<sup>3</sup>/j)**

$$Q_{\text{moy}} = Q_d + Q_e + Q_{\text{fuite}}$$

**d. Volume maximale journalière (m<sup>3</sup>/j)**

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{moy}} \times K_j$$

Avec  $K_j = 1,1$

**Tableau 12: évaluation de débit pour différent l'horizon :**

N° population	2008	2017	2020	2040	2050	2060	2070	2080
<b>Ouargla</b>	133024	158976	168707	227223	263702	306037	355168	412187
<b>taux</b>	1,8	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Rouissat</b>	58112	69449	73700	99263	115199	133693	155157	180065
<b>taux</b>	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>total</b>	191136	228425	242407	326486	378901	439730	510324	592252
<b>dotation (l/j)</b>	150	150	150	150	150	150	150	150
<b>Qd (m3/j)</b>	28670.4	34263.75	36361.05	48972.9	56835.15	65959.5	76548.6	88837.8
<b>Qeq (m3/j)</b>	2867.04	3426.375	3636.10	4897.29	5683.515	6595.95	7654.86	8883.78
<b>Qfuit (m3/j)</b>	4300.56	5139.56	5454.15	7345.935	8525.27	9893.92	11482.29	13325.67
<b>Q moy t (m3/j)</b>	35838	42829.68	45451.31	61216.125	71043.93	82449.37	95685.75	111047.25
<b>Q max (m3/j)</b>	39421.8	47112.65	49996.44	67337.7375	78148.33	90694.312	105254.32	122151.97
<b>Q max (m3/s)</b>	0.456	0.545	0.579	0.779	0.904	1.050	1.218	1.414

L'évaluation des besoins élémentaires ou unitaires est délicate ; car elle dépend de la façon dont on se sert de l'eau, par exemple la quantité nécessaire pour une douche n'est pas la même d'un usage à l'autre ; elle varie avec la satisfaction qu'il en tirera, c'est pourquoi les variations de débit sont différents d'une région à l'autre et même les dotations diffèrent d'un pays à l'autre.

## Chapitre II:

# Techniques de déminéralisation et dessalement des eaux

## **II-1.Introduction:**

L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau. Le prélèvement global de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, est de 250 m<sup>3</sup> par an et par habitant. En moyenne mondiale. Par ailleurs il est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent (Tata, 2009).

Le dessalement d'eau de mer et la déminéralisation des eaux saumâtres résoudraient en effet de nombreuses difficultés de pénuries d'eau que connaissent beaucoup de pays.

Ainsi au cours de ce chapitre on va donner une synthèse sur les procédés existant à l'échelle industrielle pour le dessalement et de la déminéralisation des eaux.

## **II-2.Définitions:**

### **II-2.1.Eaux saumâtres:**

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 01 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO<sub>3</sub>, le CaSO<sub>4</sub>, le MgCO<sub>3</sub>, et le NaCl (Senhadji, 2017).

### **II-2.2.L'eau de mer:**

Les eaux de mers sont une source d'eau brute qu'on utilise que lorsqu'il n'y a pas de moyens pour s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mers sont caractérisées par leur concentration en sel dissous c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plus part des eaux de mers varie de 33000 à 37000 mg/L (Raymond Desjardins, (Janvier 1990)).

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est –à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 35g / l, cependant cette valeur varie fortement selon les régions et la saison : Mer Baltique : 17g / l<sup>1</sup>, Atlantique et Pacifique : 32à 35g.l<sup>1</sup>, Mer méditerranée : 38 à 40 g.l<sup>1</sup>, Mer Rouge : 43à 45g.l<sup>1</sup>, Mer morte : 270 g.l<sup>1</sup> (Degré mont Suez, 2005).

### **II-3. Techniques de la déminéralisation des eaux:**

L'eau déminéralisée est très utilisé dans les différentes activités lié à la vie quotidienne des citoyens telle que les eaux destiné pour l'alimentation des réseaux en eau déminéralisée post traité (eau potable) dont la concentration des sels dissous varie de 200 à 500 ppm ou les eaux des chaudières ayant une valeur en sels dissous inférieur à 200 ppm et qui sont utilisée l'industrie chimique, pharmaceutique et agroalimentaire.

Il existe plusieurs méthodes physiques permettent l'obtention de l'eau déminéralisée à partir de l'eau de mer et de l'eau saumâtre (Dahmani, 2017).

Les eaux très chargées en sels minéraux dissous peuvent présenter des inconvénients dans certains usages. Ainsi, souvent on est appelé à éliminer totalement ou partiellement certains ions gênants tel que :  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  (dureté) :  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  (alcalinité) ou  $\text{SO}_4^{2-}$  (agressivité) Ces techniques ne sont utilisées en générale que si les ressources conventionnelles sont insuffisantes, et servent surtout d'appoint.

Pour l'élimination de ces sels minéraux on utilise:

- L'échange ionique.
- La distillation.
- Les procédés membranaires (Zitouni, 2013).

A la tête des stations de déminéralisation des eaux on trouve essentiellement une étape de prétraitement visant à éliminer les colloïdes les bactéries, les macromolécules et les sels bivalents.



## **II-4. Techniques de dessalement des eaux:**

Le dessalement s'appelle aussi désalinisation ou plus rarement dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau Saumâtre d'origine continentale (Kameche et Madani, 2017).

L'eau de mer contient en moyenne 35g/l de sels qui sont essentiellement des chlorures de sodium (76%) et de magnésium (11%), des sulfates de magnésium (5%), de calcium (3,5%) et de potassium (2,4%). Dans l'eau, Les sels sont sous forme d'anions chlorures et sulfates Parallèlement aux cations sodium, magnésium, calcium et potassium (Ahmouda et Biala, 2016).

### **II-4. 1. Etapes de dessalement des eaux de mer:**

Le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes :

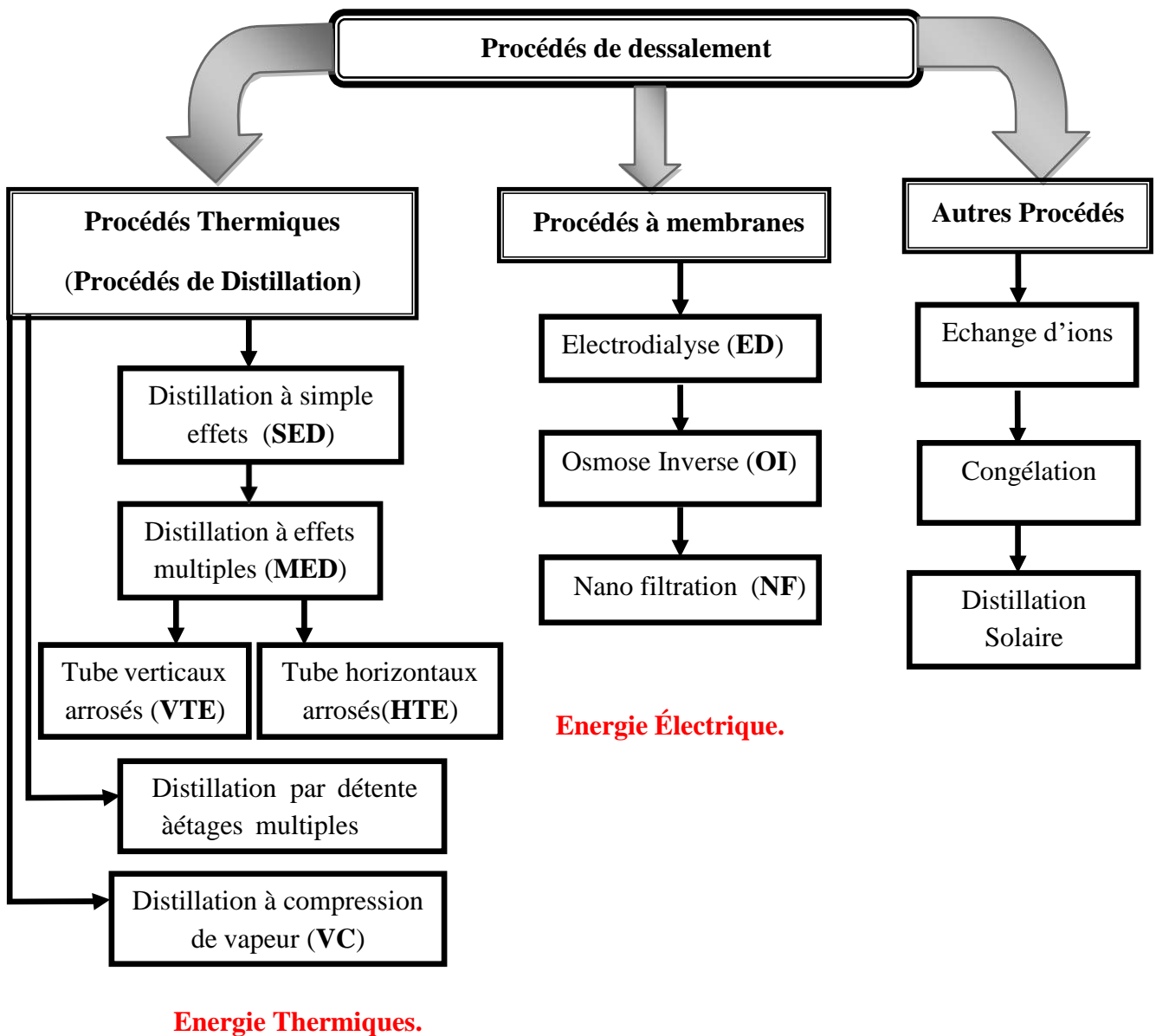
- la captation de l'eau de mer
- le prétraitement
- Les différents procédés de dessalement
- le post traitement ou minéralisation (Maurel, 2006).

### **II- 4.2. Les Différents procédés de dessalement:**

Il existe de nos jours, deux procédés de dessalement des eaux de mer, chacun comprend plusieurs techniques qui sont (Figure01) :

- ▶ Procédé de distillation à simple effet, distillation à multiples effet à tube horizontaux arrosés, distillation flash, et distillation par compression de vapeur.
- ▶ Procédé à membranes électrodialyse, l'osmose inverse.

Les techniques les plus utilisées sont la distillation flash et l'osmose inverse. La(Figure01) illustre les procédés de dessalement disponibles sur le marché (Mandri, 2011).



**Figure 07:** Récapitule des procédés de dessalement.

#### **II-4.2.1. Procédés Thermiques (Procédés de distillation):**

Le procédé par distillation consiste à chauffer de l'eau salée avec production de la vapeur d'eau qui à son tour, se condense pour former de l'eau douce. L'eau est chauffée jusqu'à l'ébullition pour produire la quantité maximale de vapeur.

L'eau de mer chauffée produite de la vapeur d'eau qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau pure.

### II- 4.2.1.1. Distillation à simple effet (SED):

Ce procédé est mis en œuvre depuis longtemps sur les navires, où les moteurs Diesel émettent une quantité significative de chaleur récupérable. Son principe est simple. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer (figure 02). La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide. Un éjecteur (ou une pompe) évacue les gaz incondensables. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième l'eau de mer concentrée ou saumure (Danis, 2003).

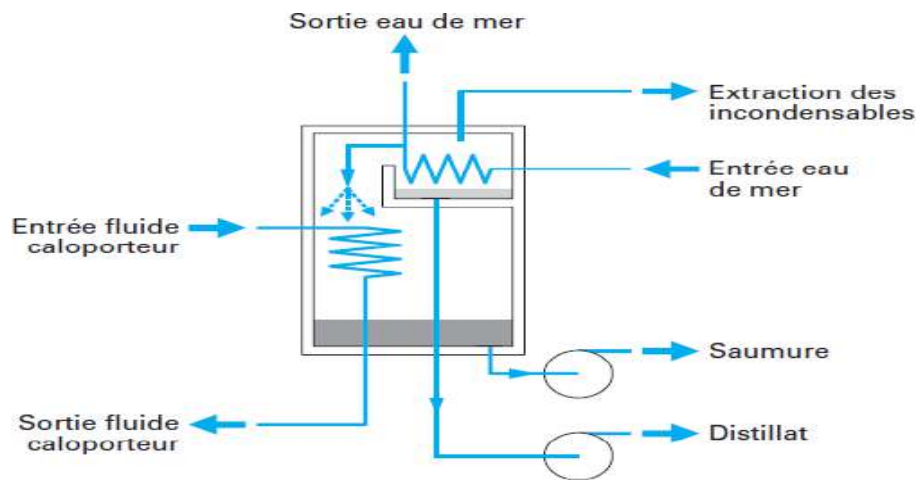
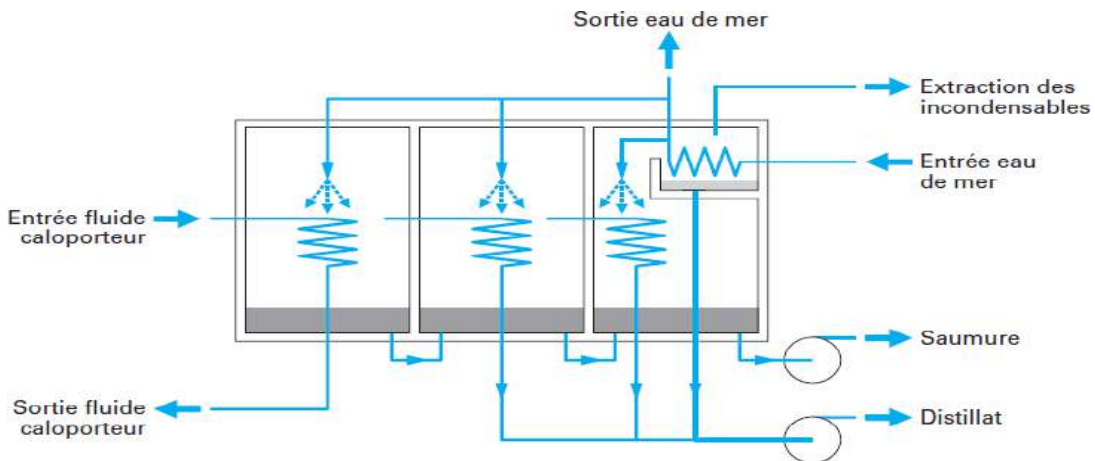


Figure 08: Distillation à simple effet (Danis, 2003).

### II- 4.2.1.2. Distillation à multiples effets (MED):

Une installation de distillation à effet multiple est constituée par la juxtaposition de  $n$  cellules fonctionnant selon le principe de l'effet simple (figure 02). Le fluide de réchauffage porte à l'ébullition l'eau de mer admise dans la première cellule, qui est aussi la cellule où règne la température la plus haute. La vapeur émise par l'ébullition de l'eau de mer est transférée dans la cellule voisine, où on maintient une pression légèrement inférieure. La température d'ébullition diminuant avec la pression, on vaporise l'eau de mer présente dans la deuxième cellule. C'est le deuxième effet. On peut évidemment répéter l'opération plusieurs fois, la limite basse étant donnée par la température de l'eau de mer froide (figure 03) (Danis, 2003).

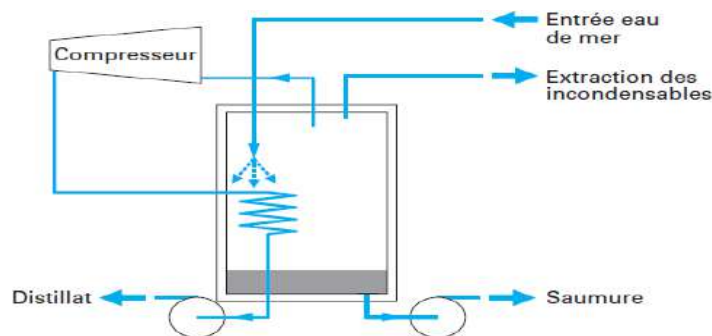


**Figure 09:** Distillation à multiples effet (Danis, 2003).

### II- 4.2.1.3. Distillation avec compresseur de vapeur ou (vapor compression) (VC):

Consiste à une revalorisation de la vapeur d'eau du dernier effet par compression grâce à un compresseur mécanique ou via un éjecteur, on parle alors de thermo compression. La compression par éjecteur nécessite par ailleurs une vapeur motrice (Samaké, 2016).

Dans une cellule de distillation, on constate que l'enthalpie de la vapeur émise est peu différente de celle utilisée pour le chauffage, d'où l'idée de comprimer la vapeur émise et de s'en servir comme fluide chauffant (figure04) (Danis, 2003).



**Figure 10 :** Compression mécanique de vapeur (Danis, 2003).

#### II- 4.2.1.4. Distillation par détente successive ou procédé «Flash» ou Distillation Multi- stage flash (MSF):

Consiste à mettre une enceinte sous vide, isolée et ne contenant que de l'eau de mer. On la maintient en équilibre avec sa vapeur à une température «  $t$  » et une pression «  $p$  ». Lorsque de l'eau chaude est introduite dans l'enceinte, et que «  $p$  » est inférieure à la pression de saturation, on observe une vaporisation instantanée par détente. La chaleur de la vapeur est transférée à l'eau froide circulant dans les tubes de condenseur. Elle est alors condensée sur un faisceau tubulaire (Danis, 2003).

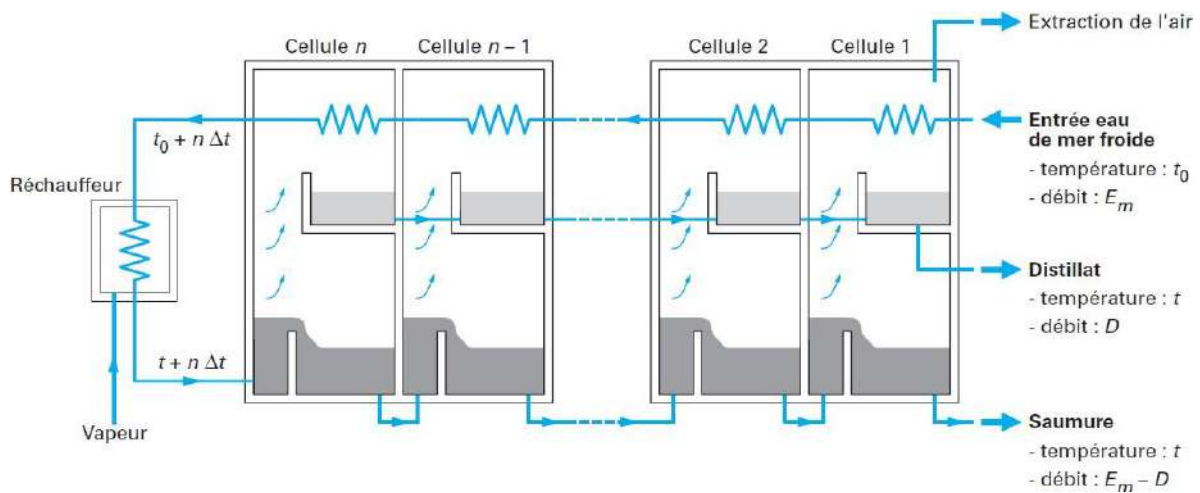


Figure 11: Distillation à détentes successives (Danis, 2003).

#### II- 4.2.2. Procédés à membranes:

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de mer, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives. Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés. Ce sont l'électrodialyse et l'osmose inverse.

#### **II-4.2.2.1.L'électrodialyse « ED »:**

L'électrodialyse est un procédé qui utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique, le dessalement étant assuré par des membranes qui éliminent sélectivement les sels, ce qui permet d'obtenir de l'eau douce.

L'électrodialyse fonctionne sur le principe du rejet d'ions grâce à leur charge. Les techniques de l'électrodialyse sont : la dialyse et l'électro - dés ionisation.

On distingue trois types d'électrodialyse :

- L'électrodialyse dite conventionnelle (ED)
- L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB)
- L'électrolyse à membranes (EM)

Le point commun de ces techniques est la mise en œuvre de membranes échangeuses d'ions permettant de transférer des ions de façon sélective sous l'effet d'un champ électrique.

#### **II- 4.2.2.1.a) L'électrodialyse dite conventionnelle (ED):**

Le terme dialyse désigne la diffusion d'une solution à travers une membrane qui lui est perméable. L'électrodialyse désigne le transfert d'ions à travers une membrane qui leur est perméable sous l'effet d'un champ électrique.

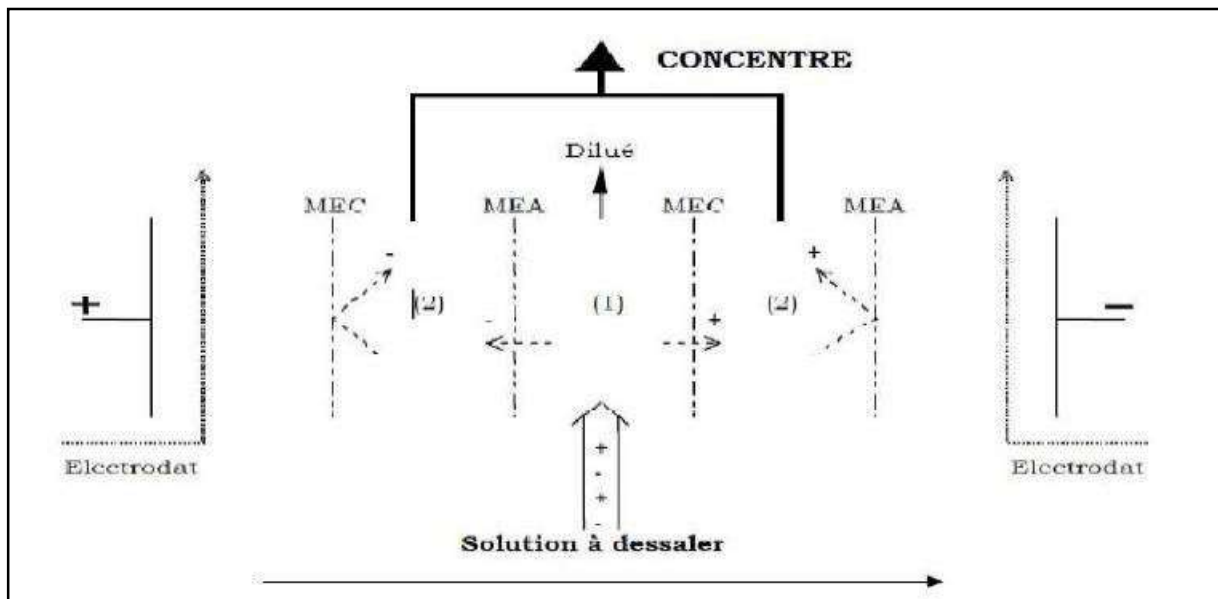
#### **II- 4.2.2.1.b) L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB):**

Titrées d'une face perméable aux anions et d'une face perméable aux cations. Sous l'effet d'un champ électrique, l'eau présente au cœur de la membrane est dissociée en ions  $H^+$  et  $OH^-$  générés respectivement par les faces cationiques et anioniques.

#### **II- 4.2.2.1.c) L'électrodialyse à membranes (EM):**

L'électrolyse à membranes est la technique électro-membranaire dans laquelle on couple les effets d'une électrodialyse (migration d'ions au travers d'une membrane semi-perméable) à ceux d'une électrolyse (réaction aux électrodes) (Berland et Juery, 2002).





**Figure 12** : Principe de fonctionnement de l'électrodialyse (Violleau, 1999).

MEC : Les membranes sélectives aux cations. MEA : Les membranes sélectives aux anions.

Electrodat : Electrodes.

#### **II- 4.2.2.2. L'osmose inverse «OI»:**

L'osmose un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en soluté de part et d'autres d'une membrane semi-perméable. C'est un phénomène naturel, notamment à travers les membranes cellulaires (Berland et Juery, 2002).

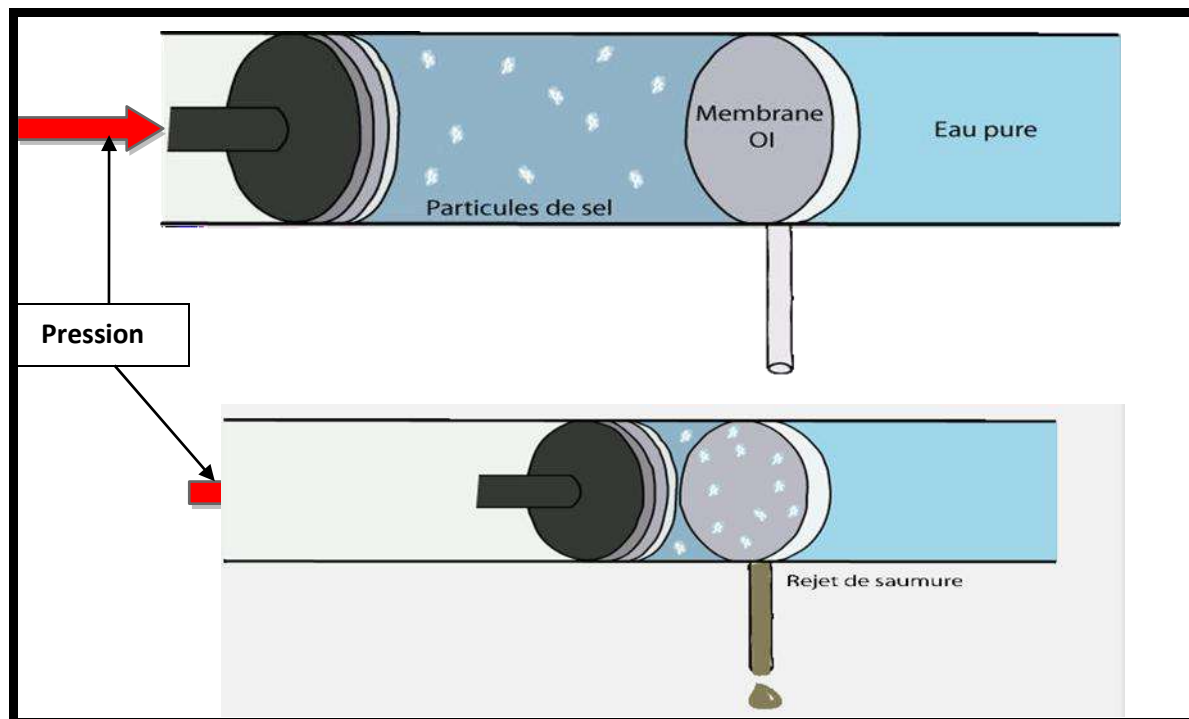
L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtant tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ;
- La production d'eau ultra pure ;
- La production d'eau de process... (Ben aissa, 2013).

##### **II- 4.2.2.2.1.Principe de l'osmose inverse:**

Le procédé OI (Osmose inverse) consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. A mesure qu'une quantité de l'eau diffuse à travers la membrane, la concentration en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de l'eau d'alimentation est rejetée sans diffuser à travers la

membrane .La fonction de la membrane d'osmose inverse est schématisée par la (Figure 07) (Noureddine, 2008).



**Figure 13:** Fonction de la membrane d'osmose inverse (<https://www.ecotoxicologie.fr>).

Cette solution a recours à des membranes filtrantes spécifiques. Ce sont en fait des films de polyamides semi-perméables à l'eau. Leurs pores sont minuscules (moins d'un nanomètre de diamètre), une taille qui entraîne une sélection : seules les molécules d'eau traversent la membrane, les sels dissous ne passent pas, et encore moins les impuretés contenues dans l'eau. Après passage membranaire, l'eau ressort débarrassée de 99 % de son sel. (Ahmouda et Biaa, 2016).

#### **II- 4.2.2.2.Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse:**

Un système d'osmose inverse «OI» se compose des éléments de base suivants (Figure 20) :

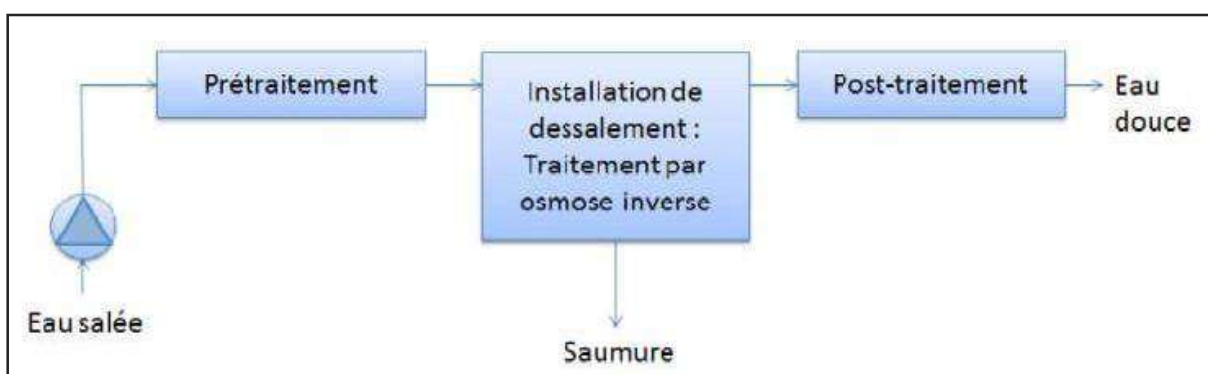
- a) Un poste de prétraitement : l'eau est traitée au préalable à l'aide de filtre, comme le sable, pour éviter que trop de particules s'accumulent au niveau des membranes très fragiles et que le passage ne s'effectue plus.
- b) Une pompe haute pression.
- c) Un module d'osmose inverse (Unité d'osmose inverse) : contenant la membrane (film fin en polyamide enroulé) (Ahmouda et Biaa, 2016).

Les unités d'osmose inverse comportent principalement en plus des modules les éléments suivants :

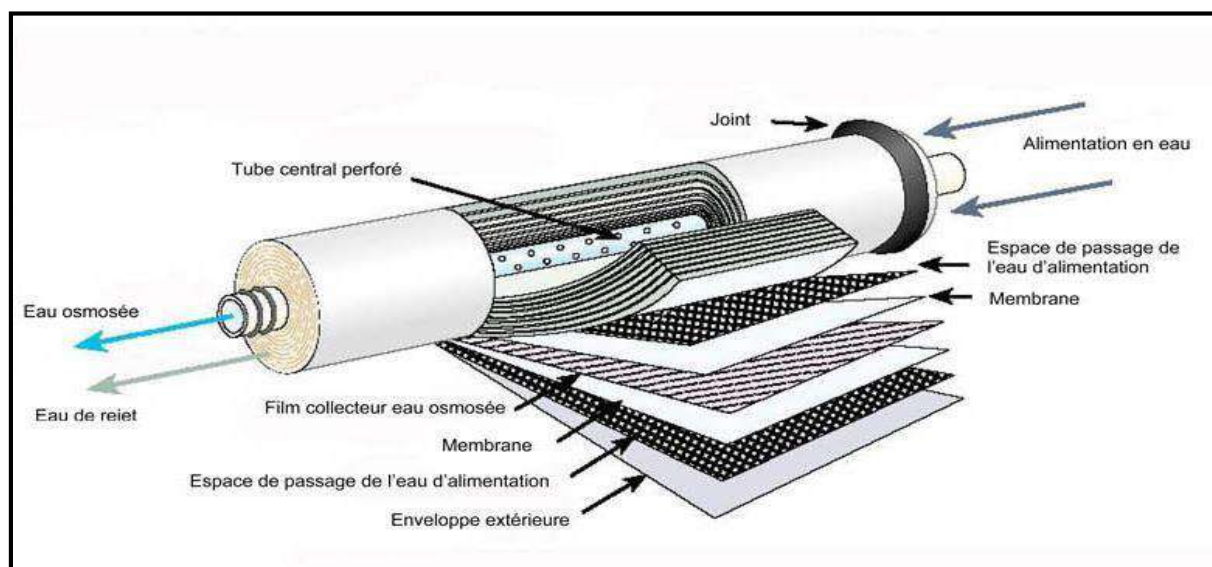
- Une pompe à haute pression : (40 - 80 bars) pour l'osmose inverse.
- Un échangeur de chaleur : pour maintenir les liquides aux températures souhaitées.
- Une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire. (Filtre Multimédia, Cartouche 20 microns, Cartouche 5 microns) (Noureddine, 2008).

**d)** Un système de récupération d'énergie.

**e)** Un post- traitement : après dessalement, l'eau doit être reminéralisée notamment en calcium et bicarbonate et subir des post-traitements en UV ainsi qu'une légère chloration (Ahmouda et Biala, 2016).



**Figure 14:** Schéma simple du procédé d'osmose inverse (Amitouche, 2016).



**Figure 15 :** Schéma du module de l'osmose inverse indiquant l'entrée de l'eau brute et la Sortie du perméat et de la saumure (<https://www.alposmose.com/arti...>).

#### II- 4.2.2.2.3. Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse:

- Ces procédés membranaires possèdent par rapport aux méthodes classiques de gros

##### **avantages :**

- ▶ Pas de changement de phase ;
- ▶ Ils permettent de travailler à température ambiante (et sont donc utilisables pour récupérer des molécules fragiles) ;
- ▶ Ils sont simples à automatiser (Issaadi et Khebat, 2015).
- ▶ Un taux de conversion élevé (supérieur à 55%) ;
- ▶ Une consommation spécifique d'énergie basse (3 à 5Kwh/m<sup>3</sup>) ;
- ▶ Une flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ;
- ▶ Une durée de mise en œuvre réduite
- ▶ Après l'osmose inverse on obtient une eau très pure possédant des mesures bio électroniques parfaites pour la santé, pratiquement identiques qu'à celles des eaux de sources les plus naturelles (Ben aissa, 2013).
- ▶ Capacité de séparation élevée.
- ▶ Systèmes modulaires, d'où une grande flexibilité d'utilisation.
- ▶ Recyclage du permet et du concentré possible.
- ▶ Températures de fonctionnement faibles.
- ▶ Fonctionnement entièrement automatisé possible (Si Mohammed, 2013).

- Ils présentent, par contre, quelques **inconvénients** dont les principaux sont :

- ▶ Le colmatage se traduisant par une baisse de performances (diminution de la perméabilité, Modification de la sélectivité).
- ▶ La durée de vie liée à la perte de résistance mécanique, qui peut être dû à des nettoyages fréquents ou à l'utilisation des réactifs concentrés (acides, bases, détergents...) (Issaadi et Khebat, 2015).
- ▶ Sensibilité à la variation de la qualité d'eau brute et surtout aux pollutions ;
- ▶ Nécessité d'un personnel qualifié ;
- ▶ Exploitation relativement difficile surtout au niveau du prétraitement ;
- ▶ Un coût de maintenance élevé dû aux frais de renouvellement des membranes d'une durée de vie ne dépassant pas 7 ans à présent (Ben aissa, 2013).

### II- 4.2.2.3. Nano filtration (NF):

#### II- 4.2.2.3.1. Définition et principe:

La nano filtration (NF) est une technique membranaire relativement récente qui couvre un domaine de séparation intermédiaire entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse. Elle permet la séparation de composés ayant une taille en solution de l'ordre du nanomètre, d'où son nom. Les caractéristiques principales de la nano filtration sont les suivantes:

- les masses moléculaires des solutés retenus se situent entre 200 et 1000 g/mol.
- les pressions de travail (de 10 à 50 bar) sont plus basses que celles utilisées en osmose inverse (de 30 à 100 bar) et les débits de filtration supérieurs à ceux obtenus avec cette technique.
- la séparation des solutés électriquement chargés ne se fait pas sur le seul critère de leur taille mais aussi en fonction de leur charge.

Ainsi, on observe une très forte différence de perméabilité entre deux molécules de même taille, suivant qu'elles sont électriquement chargées ou non. En outre, les membranes de nano filtration vont retenir beaucoup plus les ions multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) que les ions monovalents : elles sont donc sélectives (Arnaud, 2007).

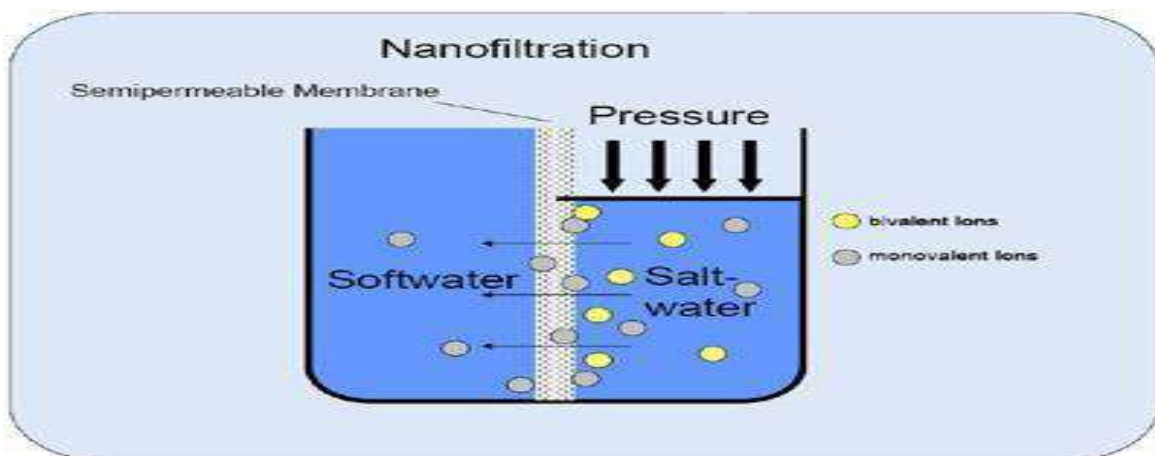


Figure 16: Schéma du principe de la nano filtration

#### **II- 4.2.2.3.2. Domaine d'application de la nano filtration:**

Le procédé de nano filtration est utilisé dans de nombreux domaines :

- la déminéralisation sélective de l'eau,
- la concentration de composés organiques de faible masse molaire tels que les antibiotiques,
- le traitement des eaux usées notamment l'élimination ciblée de molécules polluantes telles que les pesticides (Bikai, 2015).

Autres applications de la nano filtration :

- Elimination des pesticides des eaux souterraines.
- Elimination des métaux lourds des eaux usées.
- Recyclage des eaux usées dans les laveries.
- Adoucissement.
- Elimination des nitrates (Dridi, 2018).

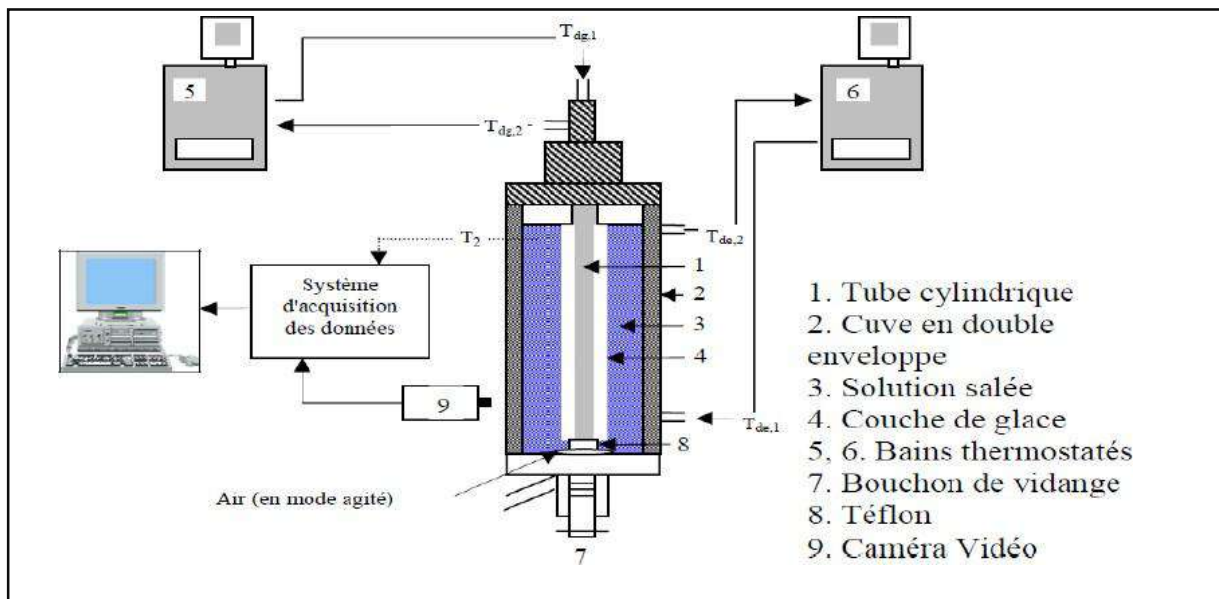
#### **II- 4.2.3. Autres procédés de dessalement;**

##### **II- 4.2.3.1. Echange ionique:**

Le phénomène d'échange d'ions se produit quand on met en contact une eau saumâtre avec certaines substances insolubles ayant la propriété d'échanger certains de leurs ions avec les sels de l'eau, les produits employés actuellement sont des produits insolubles dénommés échangeurs d'ions (résines synthétiques sous la forme de graines d'environ 0,3 à 1,5 mm). Cette méthode est applicable seulement pour les eaux contenant jusqu'à 8 et même 10 g/L (Bechki, 2011).

##### **II- 4.2.3.2. Dessalement par congélation:**

Le dessalement par 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 (Mandri, 2011).



**Figure 17 :** Principe de dessalement par congélation (Mandri, 2011).

### II- 4.2.3.3. Dessalement par Distillation solaire:

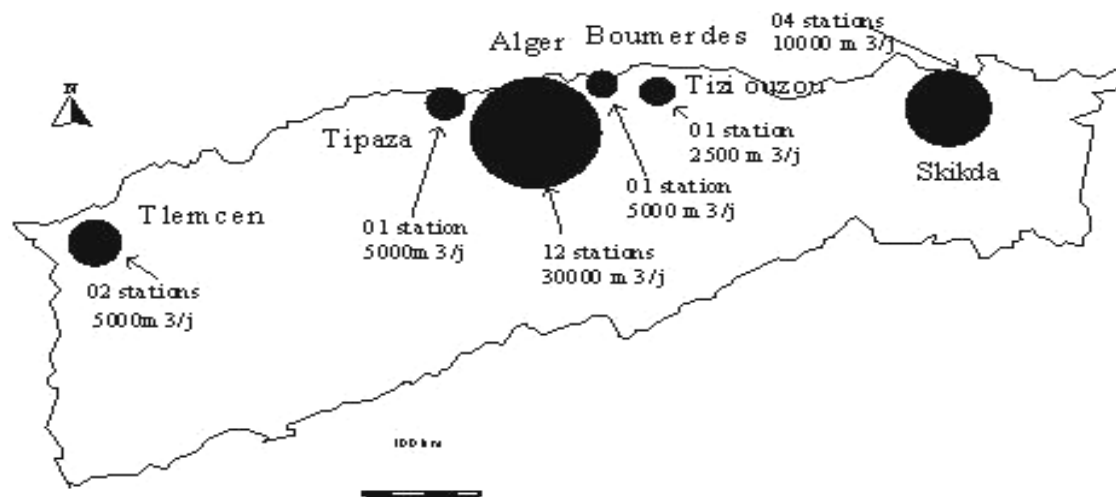
La distillation solaire est un procédé simple et pouvant être appliqué de façon rustique mais elle ne convient évidemment qu'aux régions où l'ensoleillement est suffisant. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente. Éventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel (Fidali, 2008).

### II-5. Dessalement et déminéralisation des eaux en Algérie:

En matière de dessalement d'eau de mer et de déminéralisation, l'expérience Algérienne date des années 60. Vers la fin des années 90, il existait 43 unités de dessalement d'une capacité de traitement de près de 100000 m<sup>3</sup> par jour. Ce débit est destiné pour une grande partie à l'industrie pétrolière d'ARZEW et de SKIKDA. Des unités de déminéralisation d'eau saumâtre ont été réalisées à Abadla (1700m<sup>3</sup>/j), D'Ouenza (4000 m<sup>3</sup>/j), Ouled Djellal (3000 m<sup>3</sup>/ j) et celle de SONIC à Mostaganem (40000 m<sup>3</sup>/j). Quelques actions ont été engagées au sein du haut commissariat à la recherche concernant des projets de développement tels que :

- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement par osmose inverse d'une capacité de 200 m<sup>3</sup>/j.
- L'étude et la réalisation d'une unité de dessalement d'eau de mer par la technique multi flash, d'une capacité journalière de 480 m<sup>3</sup>.

Suite à la sécheresse de ces dernières années qui a provoqué un manque d'eau potable dans la majorité de communes, un programme d'urgence a été élaboré par le gouvernement pour palier au déficit des ressources en eau. Il s'agit de réaliser 21 stations de dessalement d'une production de 57500 m<sup>3</sup>/j réparties comme le montre la (figure 12).



**Figure 18 :** Répartition des stations de dessalement des eaux de mer en Algérie.

Le dessalement des eaux de mer reste une solution sûre, vu la sécheresse qui sévit ces dernières années dans notre pays. Seulement, il serait préférable que les unités de dessalement destinées à l'alimentation en eau potable de la population fonctionnent uniquement durant les périodes de crises et d'une longue sécheresse. (Remini, 2010).

## **II-6. Déminéralisation des eaux souterraines en Algérie:**

Le volume d'eaux saumâtres mobilisées actuellement est estimé à **510 hm<sup>3</sup>/an** dont **160hm<sup>3</sup>/an** sont en exploitation pour satisfaire l'alimentation en eau potable.

Douze (**12**) stations sont en exploitation dans les wilayas de : Tlemcen, Oran, Tizi-Ouzou, Bejaia, Illizi, Biskra, Ouargla, Médéa et Ain DJefla.



La production d'eau potable est de 24, 2 hm<sup>3</sup>/an. Aussi, 241 hm<sup>3</sup>/an d'eaux saumâtres seront déminéralisés à partir d'un volume mobilisé de 464 hm<sup>3</sup>/an et ce à travers 35 stations et monoblocs de déminéralisation qui sont en phase d'étude et de travaux, inscrites dans différents programmes.

- Selon la documentation disponible on détail à titre d'exemple quelques données sur les stations de déminéralisation de l'eau potable à Ouargla :

La wilaya d'Ouargla est alimentée en eau potable exclusivement des nappes aquifères .Elle compte également 138 forages, dont 116 en service destinés à l'AEP en plus de 93 réservoirs d'une capacité de stockage de 56.590 m<sup>3</sup>.

Les 9 stations concernées par le projet de la ville d'Ouargla sont actuellement alimentées en eau brutes à partir de 27 forages exploités, dont 2 forages Albiens (Tableau 01).

Le projet consiste à améliorer la qualité de l'eau potable actuellement distribuée à Ouargla et d'en réduire la salinité qui est actuellement de 3 à 6 g/l pour la ramener après désalinisation à 0,8 g/l.

Les différentes stations permettront de traiter 70500 m<sup>3</sup>/J pour fournir 75% d'eau déminéralisée, soit environ 53 000 m<sup>3</sup>/j .

**Tableau 13:**Caractéristiques des stations de déminéralisation des eaux à Ouargla (Algérienne des Eaux)

Nom de la station	Capacité d'eaux brutes(m <sup>3</sup> /j)	Objectif d'eaux traitées (m <sup>3</sup> /j)	Nbre d'habitantservie moyennede 150 L/J.hab	Forages
GHARBOUZ (S1)	3 000	2250	15000	<b>2</b>
AIN ELKHEIR (S2)	9 000	6750	45000	<b>5</b>
HAI BOUZID (S3)	4 500	3375	22500	<b>3</b>
MEKHADMA (S4)	3 000	2250	15000	<b>3</b>
IFRI-GARA (S5)	10500	7850	52333	<b>4</b>
ZYAYNA (S6)	3 000	2250	15000	<b>2</b> <b>(1 Albien)</b>
EL KHAFDI (S7)	7 500	5625	37500	<b>3</b>
BAMENDIL VILLAGE (S8)	3 000	2250	15000	<b>2</b>
EL HADEB (S9)	<b>27 000</b>	<b>20250</b>	<b>135000</b>	<b>3</b> <b>(Albiens)</b>

## **II-7. CONCLUSION:**

Les procédés membranaires classiques et l'osmose inverse connaissent un essor important dans le dessalement des eaux de mer et saumâtres. Toutefois, quelle que soit le procédé, il constituera un élément dans une chaîne d'opération de traitement. Par ailleurs, comme nous l'avons précisé chaque industrie est un cas particulier. La synthèse bibliographique que nous avons réalisée montre que ces techniques membranaires offrent de nombreuses possibilités d'emploi et une qualité du perméat conforme aux normes.

L'expérience algérienne en matière de dessalement et de déminéralisation des eaux en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est en développement.

**Chapitre III :**  
**la présentation et la description du**  
**processus de traitement de la station**  
**de déminéralisation d'IFRI GARA**

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

Le présent chapitre a pour objet la présentation et la description du processus de traitement de la station de déminéralisation d'IFRIGARA.

En raison de la qualité de l'eau potable qui dépassent la salinité de 3 g / l, provoquant des problèmes au niveau des différents systèmes d'eau dans la ville de Ouargla ,il a fallu opter de lancer un Projet intitulé : Etude, réalisation, exploitation et assistance pour la maintenance de neuf stations de déminéralisation d'eau à Ouargla pour rabaisser le taux de salinité à 0,5 g/l et mettre fin ainsi à la souffrance des citoyens .Dans ce chapitre nous mettons en évidence les spécificités techniques de ce projet.

### **III.2.Description du projet :**

Le projet consiste à réaliser neuf (09) stations de déminé réalisation. Chaque station est implantée à l'intérieur d'un complexe hydraulique déjà existant. Les neuf(09) complexes hydrauliques existants sont alimentés à partir de forages ,et donnent des eaux d'unesalinité d'environ03g/l.

L'objectif premier de ce projet est d'améliorer la qualité de l'eau potable actuellement déminéralisé à la population de la ville d'Ouargla et d'en réduire la salinité pour la ramener à une valeur inférieure à 0,5g/l.

Les paramètres physico chimiques et bactériologiques seront conformes aux recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).Les neuf (09) stations permettront de traiter 70 500 m<sup>3</sup>/j pour fournir 75% d'eau traitée, soit 52 875 m<sup>3</sup>/j.

### **III.3.Lieu d'implantation des stations :**

Le projet se compose de neuf stations ,dont Sept stations dans la commune de Ouargla,

1. GHERBOUZ,
2. ELKHIR,
3. GHARBOUZ
4. M'KHADMA,
5. IFRIGARA,
6. BAMENDILVILLAGE,
7. BAMENDIL'KHEFDJI
8. ELHDEB
9. ZIAYNA

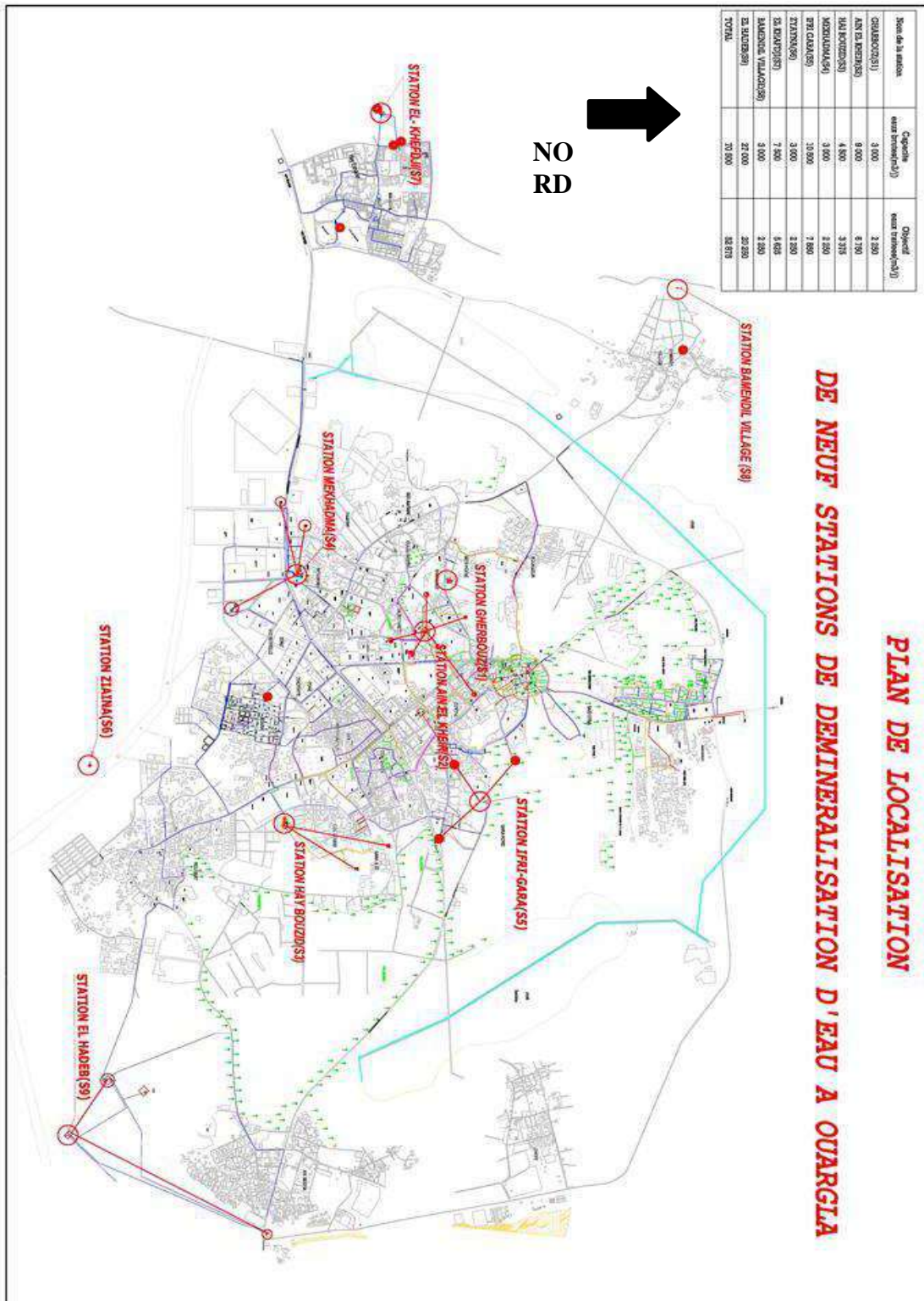


Figure19:Plan de localisation des Neuf stations avec les forages d'alimentation.

### III.4.Intitulé du projet :

«Etude Réalisation, Exploitation et Assistance pour la maintenance de (09) neuf stations de Déminéralisation d'eau à Ouargla».

Les prestations à réaliser par l'entrepreneur font l'objet d'un marché unique, ayant pour Objet.:

- Les études, la réalisation des travaux, le montage des équipements et la mise en service des neuf stations.
- L'exploitation des neuf stations par l'entrepreneur pendant une durée de vingt quatre mois à compter du premier jour suivant la date de la réception provisoire de la partie travaux et des essais industriels.
- L'assistance technique à l'ADE pour l'exploitation et la maintenance des équipements Pendant une durée de trois années

#### III.4.1.Capacité du projet:

**Tableau14 :La capacité des stations du projet**

Nom de la station	capacité eaux brutes(m3/j)	Capacité Eaux traitées (m3/j)
GHARBOUZ	3000	<b>2250</b>
AINELKHEIR	9000	<b>6750</b>
HAIBOUZID	4500	<b>3375</b>
M'KHADMA	3000	<b>2250</b>
IFRI-GARA	10500	<b>7850</b>
ZYAYNA	3000	<b>2250</b>
ELKHAFDJI	7500	<b>5625</b>
BAMENDILVILLAGE	3000	<b>2250</b>
ELHADEB	27000	<b>20250</b>
TOTAL	<b>70500</b>	<b>52875</b>

La capacité des stations de projet diffèrent en termes de différences dans la superficie et la capacité des complexes hydrauliques existants. Comme le montre le tableau(1).

**NB:** Le rendement de la station est75% .c.à.d.L'eau brutex75%=l'eau traité.

#### III.4.2.Maitre d'ouvrage délégué:

Le maitre d'ouvrage de ce projet est l'Algérienne des Eaux délégué par le Ministère des Ressources en Eau et de l'environnement, pour tous les ouvrages d'AEP.

### III.4.3. Entreprises de réalisation :

L'entreprise qui charge la Etude, réalisation, exploitation et assistance, Groupement d'entreprises A QU A ENGINE ERING Gmbh (Autriche) pour les équipements de traitement ,exploitation et assistance et CGC(Chine) / SPACHIN A GEO(Algérie) pour génie civil.

Avec montant du marché 5 223 037 857,88 DA TTC dont 32714038,72 Et délais de réalisation contractuel 20 mois plus 32 mois des avenants.

### III.4.4. Bureau de contrôle et suivi :

Le bureau technique qui est chargé du contrôle et suivi est le Groupement de bureaux d'études Cabinet MERLIN (France) / SATEIG (Algérie) / MERLIN INGENIERIE SPA(Algérie). Avec un montant du marché 241 154075,40 DA TTC dont 942392,50.

### III.5. Impact du projet:

- Réduction de la salinité de l'eau (avant le projet  $\pm 3$  g/litre et salinité actuelle  $< 0,5$ g/litre).
- Respect des normes de l'organisation mondiale de la santé OMS par rapport aux Caractéristiques physico chimiques de l'eau distribuée.
- Amélioration de la qualité de l'eau.
- Diminution et élimination du phénomène d'entartrage des réseaux.
- Créations d'emplois définitifs.(93emplois ) et temporaires.

### III.6. Station de déminéralisations d'IFRIGARA:

La station est alimentée en eau brute à partir de quatre forages selon le tableau ci-dessous

Forage	Débit	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /j
<b>Sillis</b>	9 5	<b>226</b> <b>8</b>
<b>Douane.</b>	9 1	<b>218</b> <b>4</b>
<b>lfri1</b>	8 0	<b>193</b> <b>2</b>
<b>lfri2</b>	172	<b>411</b> <b>6</b>
<b>Total</b>	<b>438</b>	<b>1050</b> <b>0</b>

**Tableau15** : Station de déminéralisations d'IFRIGARA

### III.6.1. Qualité de l'eau brute:

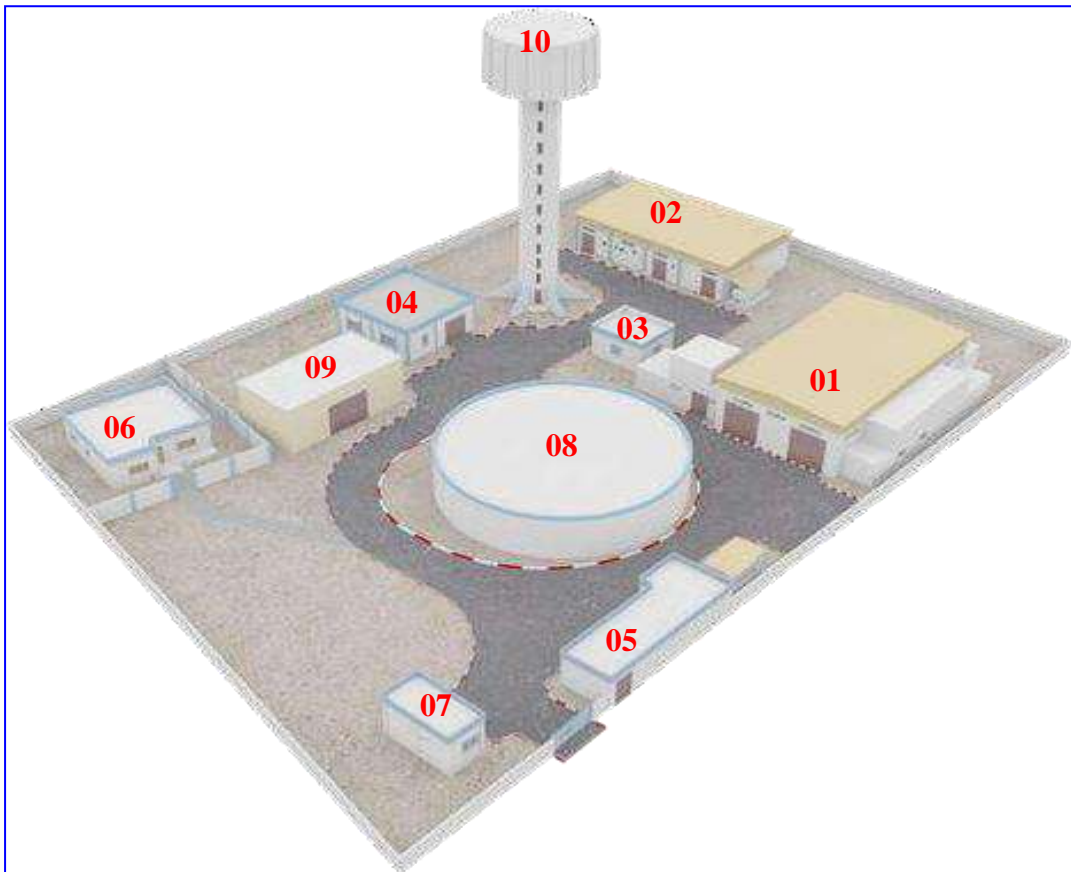
La qualité de l'eau brute est la suivante:

Paramètres	Unité	Valeur moyenne
pH	-	7,47
Conductivité	mS/m	388.82
Résidu Secà105 °C	mg/L	2803.43
Chlorures	mg/L	777.83
Sulfates	mg/L	865.33
Carbonate TA(CO <sup>2-</sup> ) <sub>3</sub>	mg/L	0.4
Bicarbonate TAC (HCO <sub>3</sub> )	mg/L	132.47
Sodium	mg/L	477.03
Potassium	mg/L	23.25
Calcium	mg/L	246.29
Magnésium	mg/L	99.77
Nitrates	- mgNO <sub>3</sub> /L	37.19
Nitrites	- mgNO <sub>2</sub> /L	0,016
SulfuresH <sub>2</sub> S	mgS <sup>2-</sup> /L	0,010
Fer	mg/L	0,008
Manganèse	mg/L	0,014
Silicium	Mg Si/L	6.15

La valeur moyenne sus-indiquée correspond à la moyenne des analyses de l'eau des échantillons prélevés sur, Ifri 1, Ifri 2, Silice et Douane

**Tableau16** :La qualité de l'eau brute est la suivante:





**Figure20:Complexed'IFRIGARAen3D.**

- 01)** Bâtiment de traitement.
- 02)** Bâtiment de chloration.
- 03)** La boratoire d'analyse.
- 04)** Atelier d'entretien.
- 05)** Locale d'énergie.
- 06)** Logement de fonction.
- 07)** Poste de gardiennage.
- 08)** La Bâche d'eau (ouvrage existant).
- 09)** Station de pompage (ouvrage existant).
- 10)**Château d'eau (ouvrage existant).

Mettez en surbrillance les bâtiments importants qui entrent dans la production de séries de traitement de l'eau sont les suivantes:

### **III.7. Bâtiment de traitement:**

Bâtiment de traitement est le cœur de la station où ils retrouvent dans toutes les étapes de la production d'eau (traitement) Jusqu'à l'arrivée de l'eau au processeur de réservoir des stockage de l'eau la surface de cet bâtiment est 260M<sup>2</sup> et sont disponibles sur la salle de contrôle et bureau pour chef de station.



**Ouvrage de stockage des eaux brut**

**les filtres a sables**



**Les filtre a cartouche station d'IFRIGARA**  
**Figure 21 : Bâtiment de traitement de la station d'IFRIGARA**

#### **.III.7.1. Bâtiment de chloration:**

Elle est une filiale de Bâtiment de traitement. Elle fait la préparation et le stockage des produits chimiques utilisés dans les étapes de traitement, Divisé en quatre parties la première partie pour la préparation du lait de chaux et la deuxième partie pour stocker du Chlore et la troisième partie pour stocker chlorure ferrique et la partie IV est le plus grand espace pour stocker la poudre de chaux avant la préparation et après la préparation de ces matériaux pompes entraînées traités construit par la concentration de chaque substance.



Bac de stockage de chlore



Pompe doseuse



Figure 22: Laboratoire d'analyse

### III.7.2. La boratoire d'analyse:

Son rôle est de surveiller la qualité de l'eau et les caractéristiques de chaque étape du traitement sur une base régulière, où nous révélons tous:

- PH : 7.5-8.5
- Indice de La nage lier : Positif
- Alcalinité : Pas moins de 30 ppm  $\text{HCO}^-$  [mg/l]
- Matières Total Dissoutes : entre 150 ppm et 500 ppm
- Dureté totale  $\text{CaCO}_3$ : pas moins de 150 ppm
- Turbidité NTU: 0.4 au maximum
- Couleur Pt+-Co: 15 mg/l [8]



**Figure23:Bâtiment de  
La boratoire d'analyse à la station d'IFRIGARA.**

### **III.7.3.Atelier d'entretien:**

Son rôle se limite à l'entretien et la réparation de tous les appareils qui composent la station (Pompes, moteurs).La surface d'Atelier d'entretien est  $64M^2$ .

### **III.7.4.Locale d'énergie:**

Elle est la source d'énergie qui alimente l'installation pour la production d'eau à propulsions le ctriqUeUnesuperficiede $44M^2$ .Se compose de deux parties ,la première partie par Poste d'électrique avec une moyenne tension MT et la deuxième partie par le groupe électrogène, fonctionne automatiquement après un coup et pannes de courant, Taux de couverture de75%.



**Figure24:Bâtiment Locale d'énergie à la station d'IFRI GARA.**

### **III.8.Chois de la technique de déminéralisation:**

Le procédé d'osmose inverse et l'électro dialyse son les meilleur adapté à la déminéralisation des eaux saumâtre de salinité inférieure 4000mg/lpar apport les autre procédé.

Par contre, l'osmose inverse est le plus utilisé on Algérie donc le marché de cette demande adaptée l'osmose inverse qui est le procédé utilisé on Algérie,

Dans cette étude nous choisissons le procédé membrane par la technique d'osmose inverse par ce qui il est présenté plusieurs avantages par contre les d'autre technique et le plus utilisé en Algérie, on choisit cette technique pour donner un aidé sur le dimensionnement d'une station de déminéralisation par osmose inverse , pour adapté le marché de main d'œuvre.

#### **III.8.1.Les avantages de l'osmose inverse:**

- Le procédé le plus utilisé on Algérie
  - lecoûtde $m^3$  d'eau produit, le prix d'investissement et le prix de revient d'un $m^3$  d'eau acceptable.
- Le consommation d'énergie faible
- Le débit de production très élevé
- Facilité d'automatisation et de contrôle
- Coût de produit chimique négligeable

Par contre les inconvenant du cette technique est : la qualité d'eau est très douce et La durée de limitée vie des membranes à cause de colmatage.

Ces inconvenant est une solution par la reminéralisassions très simple dans le réservoir de stockage ,et injecté le Anti-scalon pour diminuer le colmatage

#### **III.8.2.Etapes d'une station de déminéralisations:**

Une station de déminéralisation est composée de plusieurs étapes quis' avèrent d'une nécessité primordiale afin d'aboutir à la qualité d'eau souhaitable. On peut distinguer trois procédés principaux qui sont:

- Prétraitement
- Traitement principal
- Désinfection



### III.8.2.1.Prétraitement:

Le prétraitement est l'ensemble des opérations de correction effectuée sur l'eau d'alimentation en vue de la rendre compatible avec le bon fonctionnement du système de traitement de point de vue physique ,chimique et bactériologique.

Il vise un double rôle

- Obtenir une qualité d'eau compatible avec les membranes semi-perméables.
- Protéger les membranes de traitement principal

Dans une station de déminéralisation, le prétraitement comporte un filtre rapide à sable et une microfiltration.

#### a)-Filtration:

Dans une chaîne de traitement des eaux, la filtration est un procédé destiné à clarifier les eaux en les faisant passer à travers un milieu poreux (filtre) constitué d'un matériaux granulaire qui sert à retenir les matières en suspension. La filtration permet également d'obtenir une bonne élimination des bactéries ,de la couleur et de la turbidité.

Dans cette étape nous utilise filtre à sable comme montre la figure suivant. [11]



**Figure 25 : les filtres à sable de la station d'IFRI GAR)-  
Mécanismes de filtration**

Dans le phénomène de filtration ,on peut distinguer trois mécanismes.

- \* L'interception directe concerne les particules qui ont un diamètre inférieure au pore de filtre
- \* Le mouvement brownien concerne les particules floculées
- \* L'adsorption physique ou la rétention à la surface des particules ,généralement c'est le Mécanisme prépondérant.

### **b)-Microfiltration:**

La microfiltration est semblable à la filtration, la différence entre les deux procédés existe dans le diamètre des pores et le matériau de construction de filtres de procédés précités.

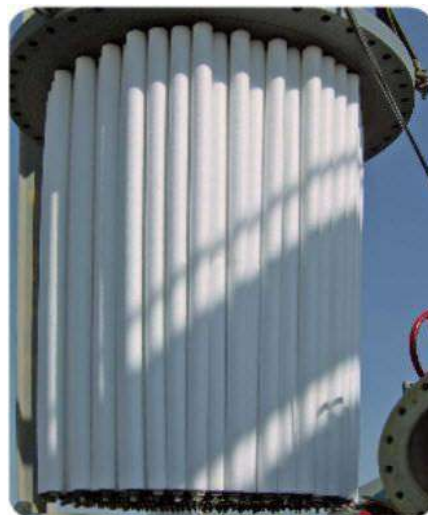
En pratique ,les microns nagés utilisés en purification de l'eau sont:

- 0,2  $\mu\text{m}$ : suffisant pour arrêter les bactéries
- 0,05à0.1 $\mu\text{m}$ : souvent employés en microélectronique



**Figure26: Filtres à cartouches de la station d'IFRIGARA.**

- La micro filtration se fait pratiquement toujours avec des filtres à cartouches consommables.



**Figure27: Cartouches de microfiltration.**

Ils' agit de filtration de surface avec des membranes plissées.

On distingue les cartouches de microfiltration pour filtration nominale et celles pour filtration absolue .En général ,les cartouches de filtration absolues utilisent des membranes avec des pores..

On peut tester l'intégrité de certaines cartouches de microfiltration, cela est utile pour des applications ou la qualité de la filtration doit être démontrée et documentée, comme par exemple dans l'industrie pharmaceutique.



**Figure28:Vue au microscope d'une membrane d'une cartouche de Microfiltration absolue.**

### **III.8.2.2.Traitement principale:**

Dans cette étape, on applique la technique de déminéralisation pour traiter les eaux potables. La déminéralisation est l'ensemble des opérations qui servent à éliminer totalement ou partiellement certain Sion gênants( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , ....ect).

#### **a)-osmose inverse.;**

#### **b)-Principe de fonctionnement osmose inverse:**

L'osmose inverse peut être définie comme étant un procédé de séparation en phase liquide par perméabilité à travers une membrane permes le ct vesous l'a cation' un gradient de pression.

Une membrane permsélective est une barrière qui permet certains transferts de masse entre deux milieux qu'elle sépare et qui en interdit d'autres, ou de façon moins restrictive, quine favorise certains par rapport à d'autres. Rappelons qu'on appelle osmose le transfert de solvant (eau dans à plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration.

Considérons un système à deux compartiment séparés parc une membrane perm sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes.



Le phénomène d'osmose va se traduire par flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. L'osmose inverse est largement appliqué eau dessalement d'eau saumâtre, mais nécessite un traitement poussé pour le dessalement d'eau de mer, a fin de prévenir le colmatage des membranes.

a:activité du solvant

### c)-Domaine d'application:

L'osmose inverse s'applique à tous les cas o une déminéralisation d'une concentration D 'ion soude mol écules organiques sont recherchées ,on le trouve dans:

- Déminéralisation de se aux saumâtres.
- Dessalement des eaux de mer.
- Traitement des eaux résiduaires industrielles urbaines.
- Production de chlore et de soude.
- Production d'eau de très haute qualité (eau de chaudière, eaux ultra pures, des industries électroniques, fabrication des semi- conductrices industries photo, fabrication des produits de beauté, produit pharmaceutiques, industrie nucléaire, et l'eau ultra pure pour les laboratoires et les hôpitaux.
- Récupération des métaux dans le rinçage à l'aval des bains de galvanisation



**Figure29: Unité d'osmose et de l'osmose inverse**

beauté, produit pharmaceutiques, industrie nucléaire, et l'eau ultra pure pour les laboratoires et les hôpitaux.

- Récupération des métaux dans le rinçage à l'aval des bains de galvanisation



**Figure30: Unité d'osmose et de l'osmose inverse**

### **III.8.2.3.Désinfection:**

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant.

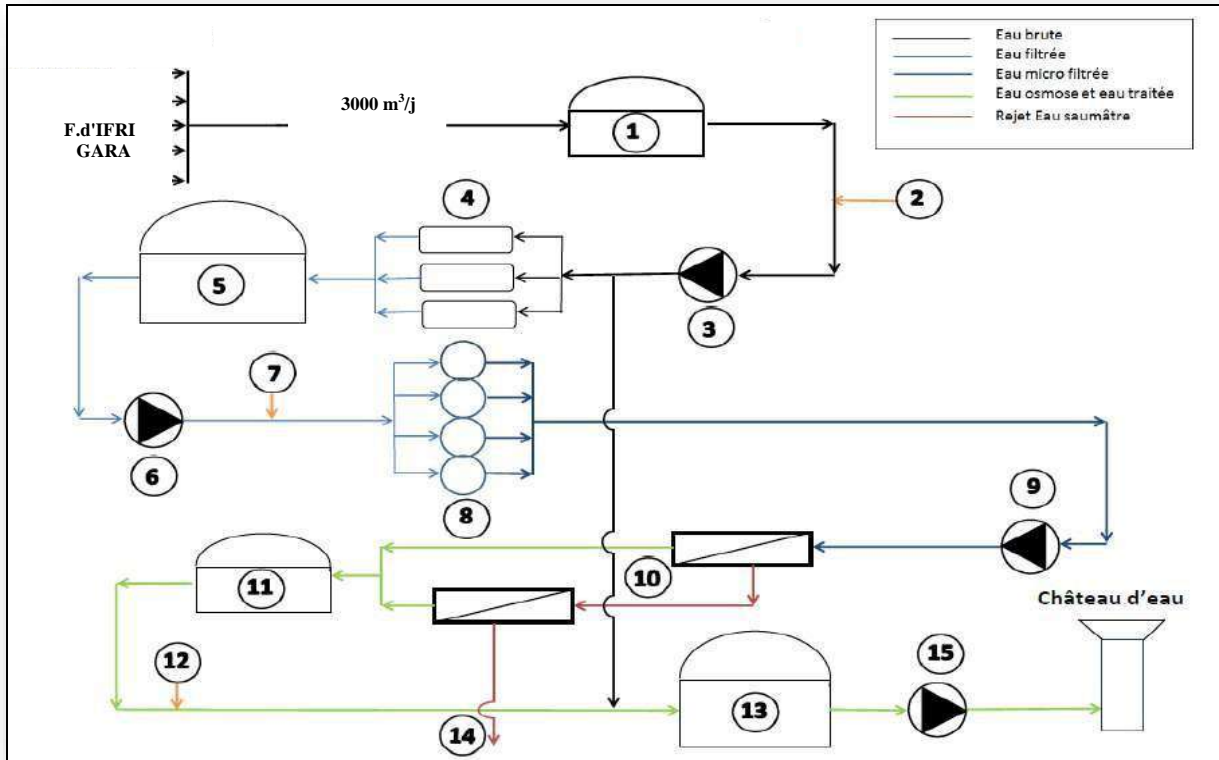
Actuellement, il existe diverses techniques de désinfection les plus utilisées (chloration de l'eau, stérilisation par les rayons U.V et l'ozonation). A la station **d'IFRI GARA**. Utilisé désinfection par chloration de l'eau.

#### **a)-Principe de fonctionnement de chloration:**

Le principe de fonctionnement de la chloration est d'une extrême simplicité : on injecte du chlore dans l'eau avec une pompe pour injection ou un injecteur Venturi, et on

attend que le chlore agisse. La chloration est très peu employée en purification de l'eau dans l'industrie, essentiellement en raison du problème insoluble posé par le résidu de chlore et de dérivés chlorés présents dans l'eau désinfectée.

### III.8.3.L'installation les équipements de traitement:



**Figure31:Schéma synoptique de la station d'IFRIGARA**

Les équipements sont prévus en première phase pour produire 22.500m<sup>3</sup>/j d'eau osmosée à 200ppm.

Les ouvrages de génie-civil, bâtiment compris ,sont conçus pour une production d'eau osmosée de 30.000m<sup>3</sup>/j.

L'installation comprend principalement:

- 1) Bassin d'eau brute 40 m<sup>3</sup>
- 2) Injection: Chlore (désinfection), acide sulfurique (réduction pH), chlorure ferrique (floculation)
- 3) (2+1) Pompes de 9 600 m<sup>3</sup>/j sur 21 mCE pour l'alimentation des filtres à sable
- 4) Filtres à sable bicouche (contre les matières en suspension) 3U; surface unitaire 15,12 m<sup>2</sup>
- 5) Bassin d'eau filtrée (130 + 70 m<sup>3</sup>) (dont un compartiment pour les eaux de lavage des filtres à sable)

- 6) (3+1) Pompes d'alimentation des filtres à cartouches (8784 m<sup>3</sup>/jsur25mCE)
- 7) Injection SBS(Décoloration) et ASC (anti-tartre)
- 8) Filtres à cartouches (3+1) U;50 cartouches/filtre
- 9) (3+1)Pompes d'alimentation haute pression vers l'unité d'osmose inverse (8 784m<sup>3</sup>/j sur139mCE)
- 10) Unité d'osmose inverse à deux passes ;33U/ 1<sup>er</sup>étage et15U/2<sup>eme</sup> étage (06 membranes /U)
- 11) Bassin d'eau osmosée (40m<sup>3</sup>)
- 12) Injection :lait de chaux (Potabilisation de l'eau osmosée),chlore(désinfection)
- 13) Bâche d'eau traitée(2×1000m<sup>3</sup>)
- 14) Evacuation saumure vers drains
- 15) (2+1)Pompes eau traitée(7056m<sup>3</sup>/jsur51mCE)vers château d'eau(500m<sup>3</sup>)

#### 16) III.7.4.L'étape de traitement

L'eau brute, conditionnée par l'eau de javel (NaOCl) et le chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>),entre dans le bassin d'oxydation, où les ions Fe<sup>++</sup> sont oxydés avec formation d'hydroxyde de Fer, qui est ensuite retenu sur les filtres à sable. FeCl<sub>3</sub> assure un rôle de coagulation des colloïdes et autres matières en suspension. Son action permet de diminuer l'indice de colmatage (SDI=silt density index).

Les filtres à sable ont un fonctionnement automatique, tant en production qu'en cycle de lavage prévu au minimum une fois par semaine ou à fréquence plus élevée si la perte de charge dans le matériau de filtration dépasse les valeurs de consigne.

L'eau filtrée est reprise par 3 pompes qui alimentent 3 lignes de prétraitement et ensuite d'osmose inverse produisant 3x7.500m<sup>3</sup>/j d'eau osmosée.

Dans le bâtiment des pompes une place est prévue pour l'extension de la production de 22.500m<sup>3</sup>/j à 30.000m<sup>3</sup>/j, c.a. d à l'installation d'une 4<sup>eme</sup>.ligne de production.

Afin d'éviter toute difficulté qui pourrait être due à un indice de colmatage trop élevé de l'eau brute par rapport à celui admissible par les membranes, nous avons placé un traitement de filtration à Pré-couche de terre à diatomée

Des filtres à cartouches (un par ligne) apportent en toute sécurité complémentaires de traitement avant de passer sur les membranes d'osmose inverse.

Entre les filtres à pré-couche et les filtres à cartouche le RPI 2000 est injectée dans le système afin d'empêcher toute précipitation dans les membranes.

Le bisulfite de soude ( $\text{NaHSO}_3$ ) est injecté aval le filtre a pré-couche dans le système afin de réduire la concentration en chlore libre à zéro. Pour éliminer l'effet d'oxydation des Membranes, le chlore libre est un oxydant.

Des chlorométries sont prévues pour mesurer la quantité de chlore libre, ajuster l'injection de  $\text{NaHSO}_3$  et déclencher une alarme et l'arrêt de l'installation en cas de présence de chlore libre.

Après acidification par rajout de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  jusqu'à  $\text{pH} \approx 6,9$ , l'eau est portée à une Pression de 15,5 bar (absolu) pour traverser les modules d'osmose inverse.

L'eau y est séparée en 2 courants, l'un, le PERMEAT, d'où les ions ont été retirés jusqu'à une concentration résiduelle de l'ordre de 7% de la concentration initiale, l'autre, le CONCENTRAT, où les ions sont plus concentrés et qui constitue à rejeter.

Cette opération est effectuée en 2 étapes, le concentrat de la première, étant de 4% (taux de conversion) pour une température de l'eau de 30°C.

La qualité du perméat, c'est-à-dire l'eau osmosée, est contrôlée par une mesure continue de conductivité. Après chaque arrêt d'une ligne d'osmose inverse les éléments d'osmose inverse sont rincés afin d'empêcher les dépôts des sels et d'autres composants.

Le rinçage est effectué en une étape avec du perméat pur venant de la bache dont la capacité Le perméat, qui contient une très petite quantité de  $\text{CO}_2$  est neutralisé par  $\text{NaOH}$  et dirigé via la bache de rinçage puis vers la bache de stockage de 2.500 m<sup>3</sup>.

### **III.9. Conclusion:**

Durant ce chapitre, nous avons présenté les neuf stations de déminéralisation à la ville de Ouargla pour améliorer la qualité d'eau dans cette ville. Ainsi que les procédés utilisés dans le traitement par osmose inverse et nous avons remarqué que le traitement par osmose inverse est le procédé qui présente les meilleurs avantages et qu'il est le plus utilisé au niveau national. Dans le prochain chapitre Nous examinerons la qualité de la station d'eau d'IFRIGARA.

# Chapitre IV: Résultat et discussions

#### **IV.1. Introduction:**

Le présent chapitre a pour objet suivi de qualité des eaux de la station déminéralisation des eaux IFRI S5 à Ouargla

#### **IV.2. Contrôle des performances de la station:**

Une fois les conditions de mise en service de la station IFRI S5, commencée le suivi de la qualité des eaux pour assurer du bon fonctionnement de la station, à savoir :

- ✓ La salinité des eaux osmoses de chaque tube pressurisé.
- ✓ La salinité des eaux osmoses de chaque ligne de traitement (rack).
- ✓ La salinité des eaux osmoses à la sortie de la station.
- ✓ La pression différentielle de chaque ligne et de chaque étage (étage N°1 et étage N°2).
- ✓ Le débit des eaux osmoses de chaque ligne de traitement (rack).
- ✓ Le contrôle de la qualité des eaux traitées.

#### **IV.3. Qualité des eaux traitées :**

L'entreprise doit s'assurer de la qualité de l'eau traitée à la sortie de station sont les suivantes

- PH : 7,5 – 8,5
- Indice de La ngelier : Positif
- Alcalinité : pas moins de 30 ppm HCO-3
- Matières Total Dissoutes : 150 ppm < MTD < 500ppm
- Dureté totale CaCO3 : pas moins de 150 ppm
- Turbidité NTU : 0,4 au maximum
- Couleur Pt - Co : 15 mg/l

Les autres paramètres ne devront pas dépasser les limites supérieures des normes édictées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

#### **IV.4. Taux de conversion :**

Le groupement d'entreprise doit s'assurer de taux de conversion de chaque ligne et de la station qui ne doit pas être inférieur à 75%.



#### IV.5. Vérification de la qualité des eaux traitées:

Station : IFRI S5

Date : 06/12/2021 au 12/12/2021

Dans le cadre de suivi de la station sus-indiquée, nous les soussignés, nous avons procédé ces jours de **06/12/2021 au 12/12/2021** à la vérification de la qualité des eaux traitées conformément aux dispositions contractuelles.

Les analyses de la qualité des eaux traitées par la station sont indiquées au bulletin ci-après

#### IV.6. Résultat des essais individuels :

Date	18/03/2022			22/03/2022			23/03/2022					
	Ligne 1			Ligne 1			Ligne 1			Ligne 2		
<b>Premier étage</b>												
N°	cond	TDS	salin	cond	TDS	Salin	Cond	TDS	salin	cond	TDS	salin
1	320	135.7	0.13	269	123.7	0.12	275	126.8	0.13	232	106.5	0.11
2	327	139.5	0.14	275	126.4	0.12	282	130.4	0.13	203.7	93.5	0.09
3	422	180	0.18	355	164	0.16	361	167.4	0.17	210.3	196.5	0.10
4	392	167.3	0.17	333	153.2	0.15	342	158	0.16	186.7	85.4	0.08
5	388	165.8	0.16	326	150.2	0.15	331	153.2	0.15	246	113	0.11
6	397	169.8	0.17	333	153.2	0.15	345	159.7	0.16	237	109	0.11
7	337	144	0.14	284	130.5	0.13	289	133.3	0.13	222	101.6	0.10
8	332	141.6	0.14	299	136.2	0.13	293	134.9	0.13	274	225.8	0.12
<b>Deuxième étage</b>												
1	1917	838	0.84	1217	576	0.58	1247	594	0.59	1229	582	0.58
2	1836	806	0.81	1182	560	0.56	1210	577	0.58	1337	636	0.64
3	1672	732	0.73	1057	499	0.5	1081	513	0.51	1237	587	0.59
4	2085	922	0.93	1367	642	0.64	1388	663	0.67	1240	592	0.59

**Tableau 17: Résultat des essais individuels**



#### IV.7. Suivi de PH et conductivité à l'entrée et sortie :

	Eau brute (entrée)						Eau osmoses (sortie)					
Heur	10H0 0	11H0 0	11H3 0	12H00	12H3 0	13H0 0	10H0 0	11H0 0	11H3 0	12H0 0	12H3 0	13H0 0
PH	7.39	7.36	7.52	7.54	7.53	7.54	6.94	7.03	7.07	7.03	7.39	6.63
Con d	5340	5630	5640	5640	5660	5660	502	547	530	537	524	510
T °C	27.1	29.6	29.8	30	29.9	29.9	28.3	30.5	30.2	30.2	30.2	30.1

Tableau 18:Suivi de PH et conductivité à l'entrée et sortie

#### IV.8.Qualité des eaux osmoses et eaux traitées:

\* Date : 18/03/2022 (démarrage):

E.OSMOSE ETAGE 2	CONDUCTIVITE (µs/cm)	TDS (mg/l)	PH	DPT 1er étage	DPT 2eme étage
L1	1750	780	7.23	0.594	0.434
L2	-	-	-	-	-

	PH	T(C°)	TDS (mg/l)	CONDUCTIVITÉ (µs/cm)	salinité (g/l)	turbidité (NTU)	cl (mg/l)
eau. Brute	7.40	27.4	2610	5300	2.67	0.9	-
eau. Filtrée	7.48	33.2	2740	6040	2.80	0.328	-
eau. Saumure	-	-	-	-	-	-	-
Eau .osmose globale	7.20	31.1	268	618	0.27	0.116	
e.osmose+ injection	7.23	32.2	289	679	0.29	0.459	
E. Traitée	-	-	-	-	-	-	-

\* Date : 22/03/2022:

	PH	T(C°)	TDS (mg/l)	CONDUCTIVITÉ (µs/cm)	salinité (g/l)	turbidité (NTU)	cl (mg/l)
<b>E .brute</b>	7.30	29.2	2660	5500	2.71	0.151	-
<b>E .filtree</b>	7.77	28.2	2660	5400	2.72	0.202	-
<b>E .saumure</b>	7.69	28.3	6600	11050	5.87	0.887	-
<b>E .osmose globale</b>	7.20	28.2	226	495	0.22	0.093	-
<b>E .osmose+ injection</b>	7.19	27.5	259	564	0.26	0.090	-
<b>E .traitee</b>	7.23	27.9	1671	3430	1.70	1.23	1.47

\* Date : 23/03/2022:

<b>E.OSMOSE ETAGE 2</b>	<b>CONDUCTIVITE (µs/cm)</b>	<b>TDS (mg/l)</b>	<b>PH</b>	<b>DPT 1er étage</b>	<b>DPT 2eme étage</b>
<b>L1</b>	-	-	-	-	-
<b>L2</b>	1315	604	6.90	0.60	0.48

<b>Paramètre</b>	<b>PH</b>	<b>T(C°)</b>	<b>TDS (mg/l)</b>	<b>CONDUCTIVITÉ (µs/cm)</b>	<b>salinité (g/l)</b>	<b>turbidité (NTU)</b>	<b>cl (mg/l)</b>
<b>E .brute</b>	7.43	27.6	2660	5340	2.72	0.163	-
<b>E .filtrée</b>	7.30	28.3	2670	5410	2.72	0.100	-
<b>E .saumure</b>	7.61	28.3	6250	12110	6.46	0.412	-
<b>E .osmose globale</b>	6.90	28.4	211.9	470	0.21	0.048	-
<b>E .osmose+ injection</b>	7.08	28.1	228	503	0.23	0.056	-
<b>E .traitee</b>	7.23	28.3	1813	3750	1.84	0.082	0.85

D'après le suivi de la qualité des eaux traité par la station S3 nous avons constaté les remarques suivant

**IV.9.Analyse de l'entreprise OVIVO AQUA date 22/03/2022:**

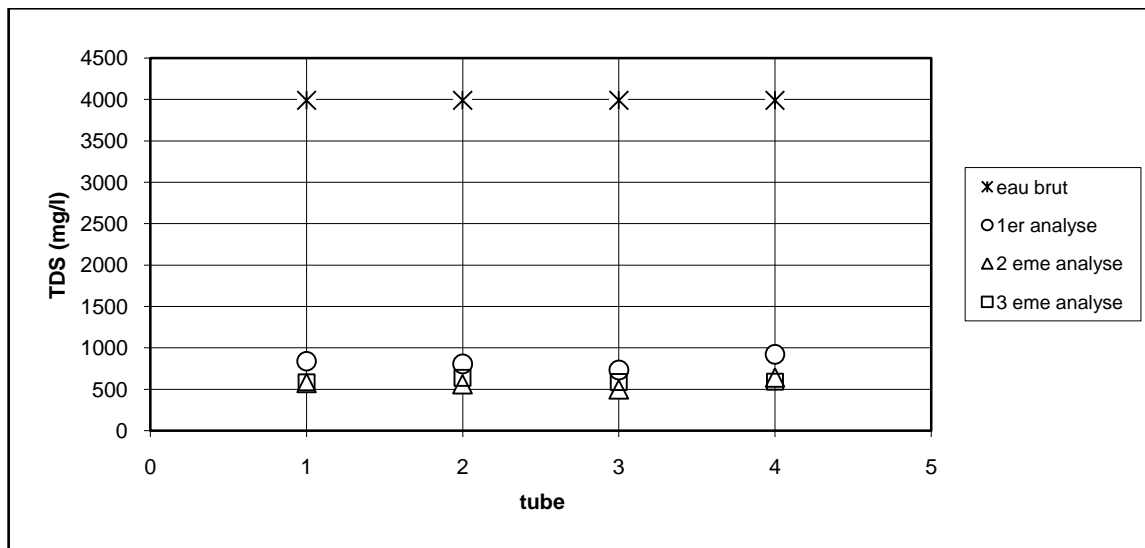
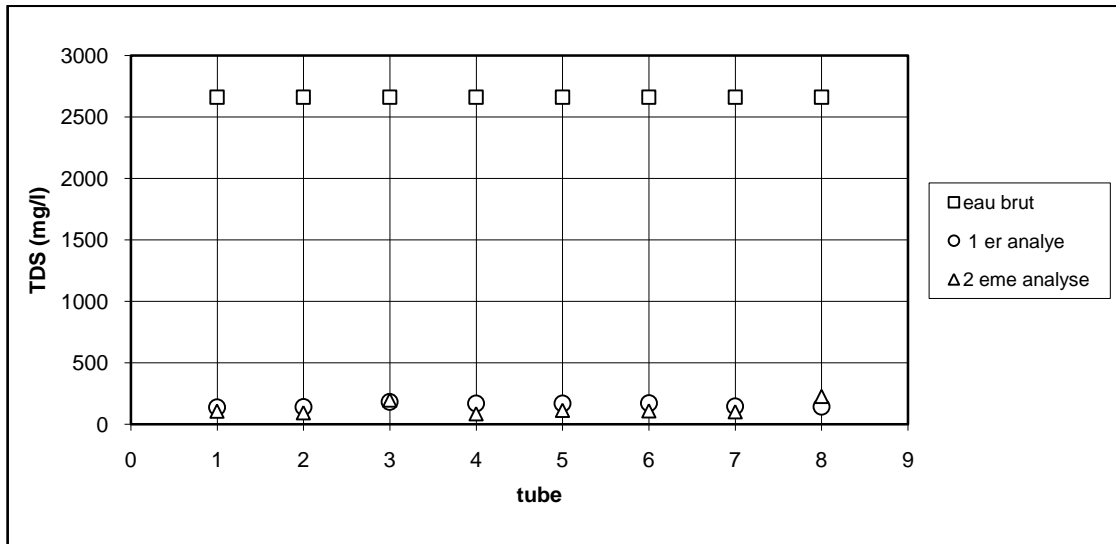
- PH : 8 ,08
- Indice de Langelier : -0.92
- Alcalinité : 26 ,84 ppm HCO-3
- Matières Total Dissoutes : 179 ,8 ppm
- Dureté totale CaCO3 : 29 ppm
- Turbidité NTU : 0 ,84

**IV.10.Analyse de ADE date 22/03/2022:**

- PH : 8 ,18
- Indice de Langelier : -0.86
- Alcalinité : 28 ,5 ppm HCO-3
- Matières Total Dissoutes : 217 ppm
- Dureté totale CaCO3 : 25 ppm
- Turbidité NTU : 0 ,39

**IV.11.Analyse de ADE date 22/03/2022:**

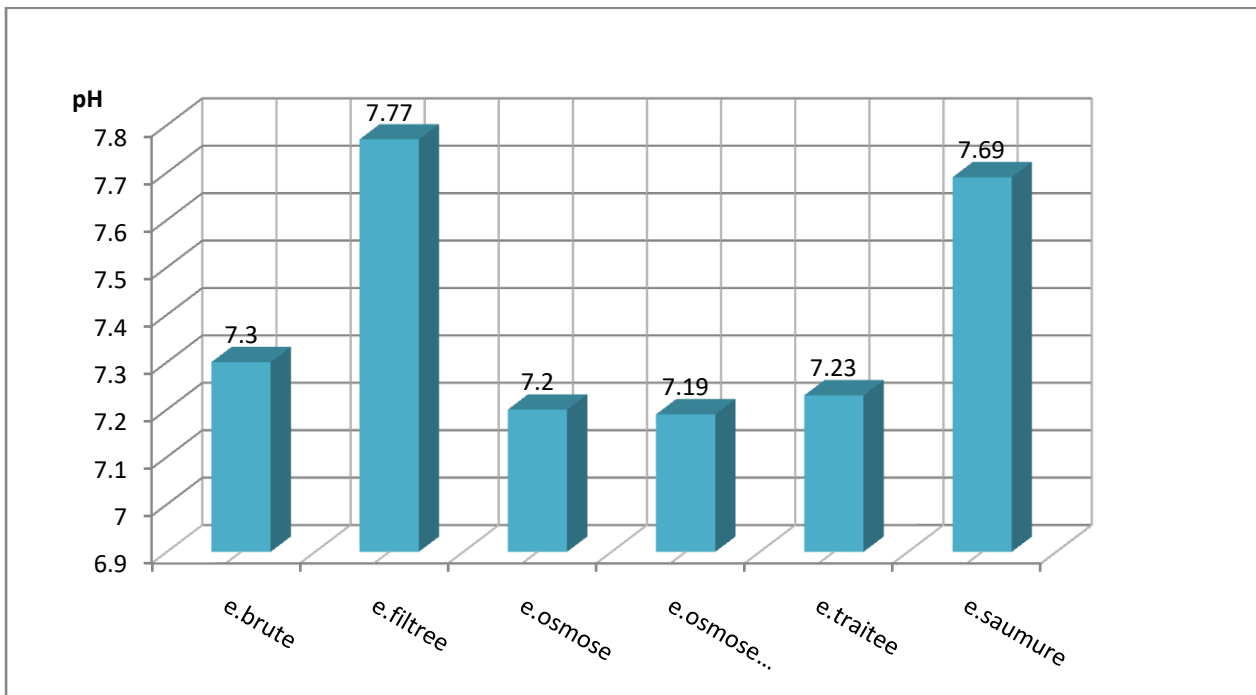
- PH :7 ,72
- Indice de Langelier : -1 ,5
- Alcalinité : 22 ppm HCO-3
- Matières Total Dissoutes : 169 ,5 ppm
- Dureté totale CaCO3 : 29 ppm
- Turbidité NTU : 0,196



**Figure 32:** les analyse de TDS en eaux brute

#### IV.12. Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH est une mesure de l'activité des ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) dans une solution aqueuse exprimée en moles/litre. Il exprime l'alcalinité ou l'acidité du milieu et renseigne sur le caractère agressif ou incrustant de l'eau. Le pH de l'eau analysée brute et au cours des étapes de traitement varie entre 6,23 et 7,8 et généralement toutes les valeurs de pH mesurés sont conformes aux normes de potabilités (JORA, 2014).



**Figure33:** Valeurs du pH de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.

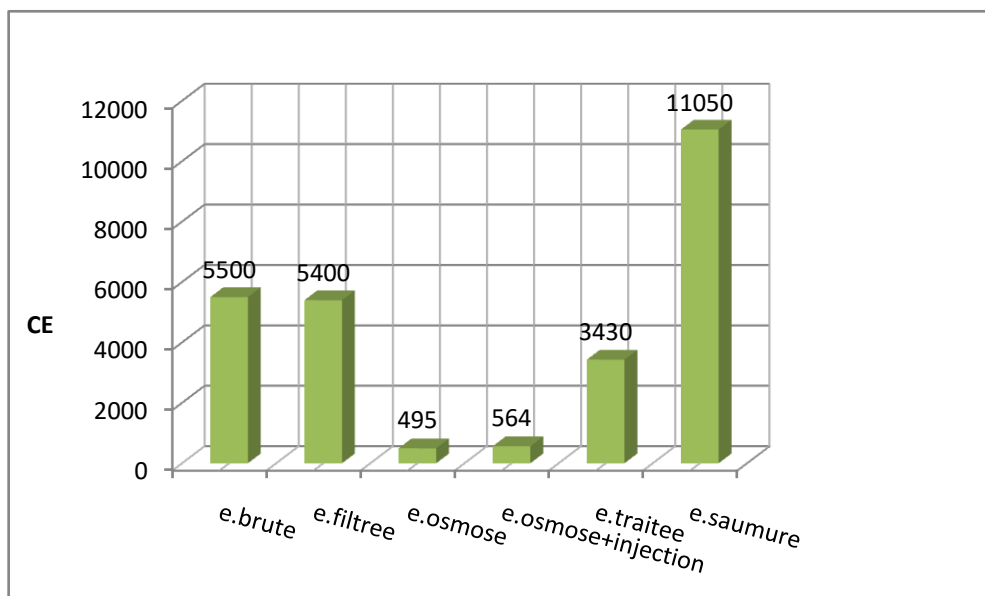
#### **IV.12.1. Conductivité électrique(CE):**

La conductivité électrique (CE) désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique .Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes ,la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d' une eau(Rejsek, 2002).

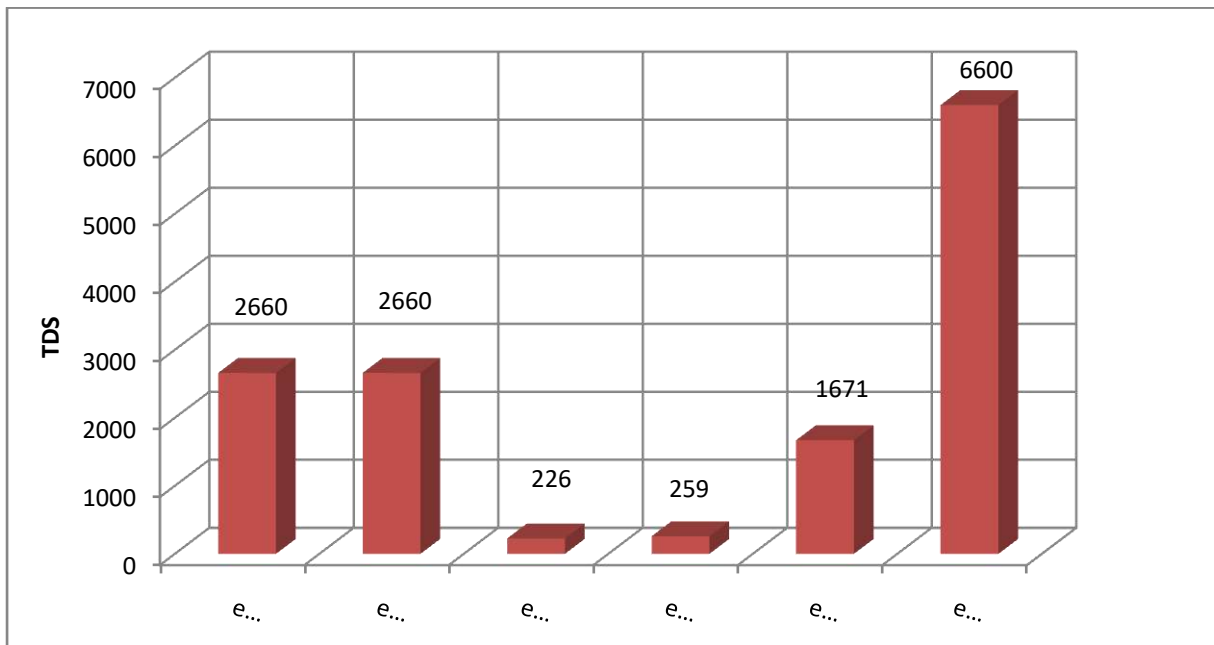
Les eaux brutes des trois périodes de prélèvements sont très minéralisées, avec des valeurs qui oscillent entre 3230 et 2950 $\mu$ S/cm. Pour les eaux traitées nous remarquons une diminution de la conductivité électrique qui varie entre 120 et 134 $\mu$ S/ cm à la sortie de l'osmose inverse avec un rendement d'élimination variant entre 56,93%et99,46%, ce qui indique une grande

efficacité d'élimination des sels minéraux des eaux souterraines par l'osmose inverse (Figures 47 et 48).

Selon les gestionnaires de la station dans le cas où la conductivité de l'eau à la fin de la filière de traitement (osmose inverse) est en dessous de  $300\mu\text{g/l}$ , une étape de reminéralisations de l'eau sera nécessaire par mélange de cette eau avec de l'eau brute. De ce fait au niveau de cette station on a recours (Cf. Figure 24 chapitre I) à faire un mélange de 75% d'eau osmoses avec 25 % d'eau filtrée pour obtenir l'eau traitée qui va être envoyée à la consommation. Selon les prélèvements réalisés, la conductivité de cette eau varie entre 1040 et  $1362\mu\text{S/cm}$ . C'est une valeur qui est largement inférieure à la norme de potabilité ( $2800\mu\text{S/cm}$ ).



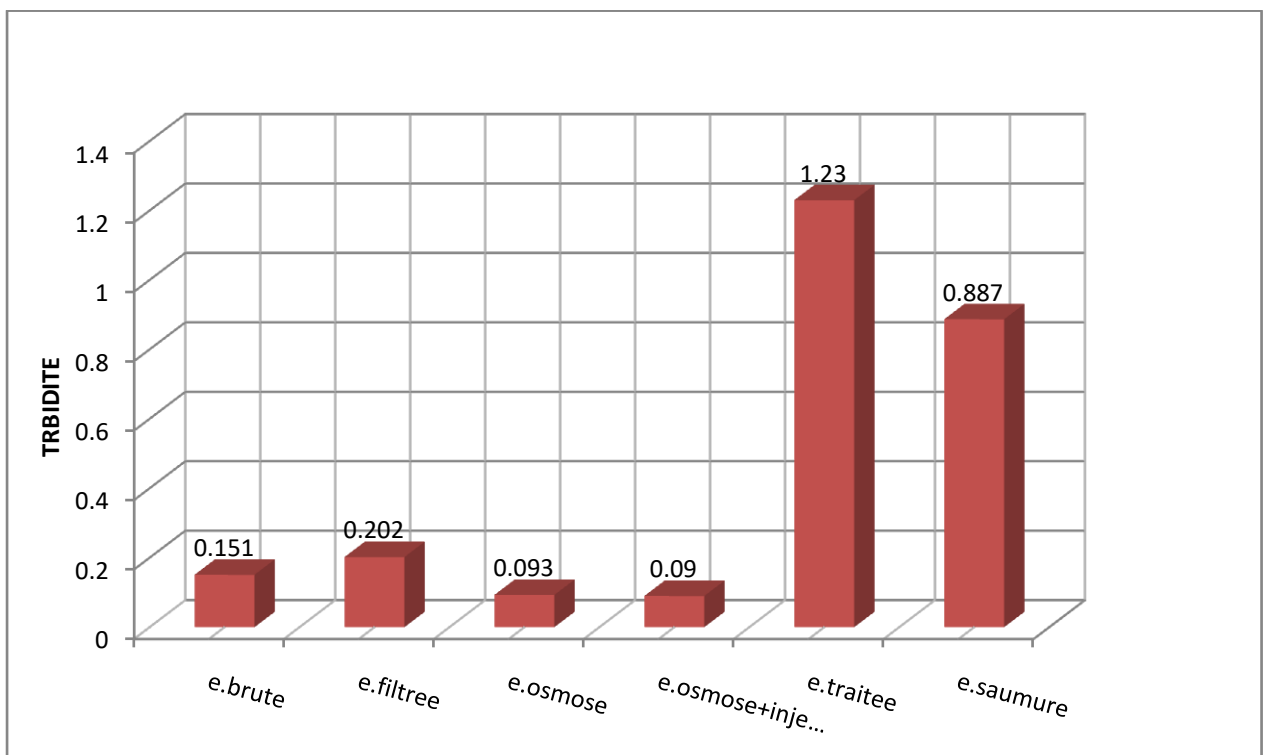
**Figure 34:** Valeurs du CE de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.



**Figure35:** Valeurs du TDS de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.

#### IV.12.2. TRBIDITE :

L'évolution turbidité par la station d'osmose inverse pendant les périodes de prélèvement a été suivies et les résultats sont présentés sur la figure 42. Il semble que l'élimination de la turbidité et très efficace par l'osmose inverse, avec des rendements variant entre 80 % et 90 % après l'injection de la chaux on constate l'augmentation de la turbidité due à la reminéralisation des eaux osmosées.



**Figure36:** Valeurs du TRBIDITE de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.

#### IV.13. Vérification de taux de conversion :

**Station :** IFRI S5

**Date :** 22/03/2022

Dans le cadre de transfert de la station sus-indiquée, nous les soussignés, nous avons procédé ce jour, le 22/03/2022 à la vérification de taux de conversion de chaque ligne d'osmose inverse.

Afin de contrôler le taux de conversion, il est à procéder au contrôle de débit à l'entrée et la sortie de chaque ligne, le taux de conversion est réputé conforme s'il est  $75\% \pm 1$  (74%-76%).

Ligne N°	Index à T1 :09 :45h		Index à T2 :11 :45h		Débit à l'entrée de ligne (m3/h)	Débit à la sortie de la ligne (m3/h)	Taux de conversion (%)	Conformité
	Entrée ligne	Sortie ligne	Entrée ligne	Sortie ligne				
ligne d'osmose N°1	692784	517196	692849	517245	60.09	46.00	75.38	Conforme
ligne d'osmose N°2	689510	638452	689572	638500	60.63	45.00	77.41	Conforme

#### Observation :

Le taux de conversions conforme aux exigences contractuelles avec des valeurs  $75\% \pm 1$  (74%-76%)



## Conclusion générale

L'objectif de cette étude a été d'observer l'efficacité de déminéralisation des eaux par la technique d'osmose inverse. Ceci a été suivi de la qualité physico-chimique des eaux brutes et traitées au niveau de la station de déminéralisation des eaux des forages de la station de « Ouargla ».

L'étude bibliographique est présentée en deux chapitres. Le premier chapitre a permis de donner une synthèse bibliographique sur la situation de l'eau en Algérie (Actuelle et avenir). Le deuxième chapitre a permis de donner une synthèse bibliographique d'une généralité sur les techniques et les procédés existants qui sont pratiqués à l'échelle industrielle pour le dessalement et de la déminéralisation des eaux,

La filtration sur membrane est une technique de séparation qui fait intervenir une membrane semi-perméable et sélective sous l'effet d'une force motrice. Cette force motrice peut être soit un gradient de pression (cas de l'osmose inverse(OI),de la nano filtration (NF),d'Electrodialyse (ED), Le procédé de déminéralisation par osmose inverse est une technique de filtration membranaire. Il est utilisé pour le dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres. Il en ressort également que dans le Sud Algérien la déminéralisation des eaux fortement minéralisées est un sujet préoccupant actuellement, et penser à réaliser des unités de déminéralisation devient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable. Selon la synthèse réalisée sur les données existantes sur les stations de dessalement des eaux en Algérie, il semble que notre pays a une bonne expérience dans le domaine de dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres par adaptation de la technique de l'osmose inverse.

L'étude expérimentale que nous avons réalisée a été structurée en trois chapitres. Nous avons commencé par la description des différentes étapes de traitement au niveau de la station de déminéralisation des eaux des forages de champs de captant « In Saleh » Ensuite nous avons donné une idée sur le mode opératoire pour la détermination des paramètres physico-chimiques des échantillons prélevés après différentes étapes de traitement.

Les résultats des essais d'analyses a permis de faire les conclusions suivantes:

- Le rendement de l'abaissement de la conductivité électrique à la sortie de l'osmose inverse dépasse 90% avec une concentration des éléments minéraux qui nécessite une reminéralisations ultérieure (un mélange de l'eau osmosée et l'eau filtrée à un rapport respectivement de 75% et 25%).
  
- L'eau à la sortie de la station de traitement des eaux est d'extrême bonne qualité en comparant les valeurs mesurées pour chaque paramètre aux normes de potabilité. A titre d'exemple:
  - Le rendement d'élimination du sodium de l'eau a été supérieur à 90%
  - Le rendement d'élimination de la dureté totale (TH) dépasse 50%.
  
- La technique de déminéralisation des eaux souterraines par osmose inverse est une technique de choix qui nécessite une étude sérieuse pour la généraliser dans le territoire Algérien.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01.:</b> Situation géographique de la wilaya d'Ouargla.....	03
<b>Figure02 :</b> Situation de la zone d'étude .....	04
<b>Figure03 :</b> Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).....	08
<b>Figure 04 :</b> photo des stations de déminéralisation des eaux saumâtre à Ouargla.....	11
<b>Figure05:</b> variation de taux d'accroissement par horizon.....	19
<b>Figure06:</b> variation de la population par horizon.....	20
<b>Figure 07 :</b> Récapitule des procédés de dessalement.....	26
<b>Figure 08 :</b> Distillation à simple effet (Danis, 2003).....	27
<b>Figure 09 :</b> Distillation à multiples effet (Danis, 2003).....	28
<b>Figure 10 :</b> Compression mécanique de vapeur (Danis, 2003).....	28
<b>Figure 11 :</b> Distillation à détente successives (Danis, 2003).....	29
<b>Figure 12:</b> Principe de fonctionnement de l'électrodialyse (Violleau, 1999).....	31
<b>Figure 13 :</b> Fonction de la membrane d'osmose inverse.....	32
<b>Figure 14 :</b> schéma simple du procédé d'osmose inverse (Amitoushe 2016).....	33
<b>Figure 15 :</b> Schéma du module de l'osmose inverse indiquant l'entrée de l'eau brute et la Sortie du Permêt et de la saumure.....	33
<b>Figure 16 :</b> Schéma du principe de la nano filtration.....	35
<b>Figure 17 :</b> Principe de dessalement par congélation (Mandri, 2011).....	37
<b>Figure 18 :</b> Répartition des stations de dessalement des eaux de mer en Algérie.....	38
<b>Figure 19:</b> Plan de localisation des Neuf stations avec les forages d'alimentation..	43
<b>Figure 20:</b> Complexed'IFRIGARAen3D.....	47

<b>Figure 21:</b> Bâtiment de traitement de la station d'ifri gara.....	48
<b>Figure 22:</b> Laboratoire d'analyse.....	49
<b>Figure 23:</b> Bâtiment de Laboratoire d'analyse à la station d'IFRI GARA.....	50
<b>Figure 24:</b> Bâtiment Locale d'énergie à la station d'IFRI GARA.....	50
<b>Figure 25:</b> les filtres à sable de la station d'IFRI.....	52
<b>Figure 26:</b> Filtres à cartouches de la station d'IFRIGARA.....	53
<b>Figure 27:</b> Cartouches de micro filtration.....	53
<b>Figure 28:</b> Vue au microscope d'une membrane d'une cartouche de Micro filtration absolue.....	54
<b>Figure 29:</b> Unité d'osmose et de l'osmose inverse.....	55
<b>Figure 30:</b> Unité d'osmose et de l'osmose inverse.....	56
<b>Figure 31:</b> Schéma synoptique de la station d'IFRIGARA.....	57
<b>Figure 32:</b> les analyse de TDS en eaux brute.....	66
<b>Figure 33:</b> Valeurs du pH de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.....	67
<b>Figure34:</b> Valeurs du CE de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.....	68
<b>Figure 35:</b> Valeurs du TDS de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.....	69
<b>Figure36:</b> Valeurs du TRBIDITE de l'eau mesurées au niveau de différents points de prélèvement.....	69

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 01-</b> Précipitations moyenne mensuelles (période : 2009-2018) .....	05
<b>Tableau 02-</b> Variation des températures mensuelles (Période : 2009-2018).....	05
<b>Tableau 03-</b> Variation des vents moyennes mensuelles (période : 2009-2018).....	05
<b>Tableau 04 :</b> Humidité relative moyennes mensuelles (période : 2009-2018).....	06
<b>Tableau 05 :</b> évaporation mensuelles interannuelle à 2009-2018.....	06
<b>Tableau 06:</b> liste et caractéristique des forages exploités .....	10
<b>Tableau 07 :</b> le tableau indiquant les stations de déminéralisation (Ouargla et Rouissat).....	11
<b>Tableau 08 :</b> les ouvrages de stockage et régulation (Ouargla et Rouissat).....	12
<b>Tableau 09:</b> qualité des eaux de quelque forage exploité (Ouargla et Rouissat) .....	15
<b>Tableau 10:</b> variation de Taux d'accroissement par horizon.....	19
<b>Tableau 11:</b> L'estimation du besoin actuel.....	20
<b>Tableau 12:</b> evaluation de debit pour different l'horizon.....	21
<b>Tableau 13:</b> Caractéristiques des stations de déminéralisation des eaux à..... Ouargla (Algériennedes Eaux).....	40
<b>Tableau 14:</b> La capacité des stations du projet.....	44
<b>Tableau 15:</b> Station de déminéralisations d' IFRIGARA.....	45
<b>Tableau 16:</b> La qualité de l 'eau brutes'.....	46
<b>Tableau 17:</b> Résultat des essais individuels.....	62
<b>Tableau 18 :</b> Suivi de PH et conductivité à l'entrée et sortie .....	63

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	01
-----------------------------	----

## Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	03
I.1. Situation administrative .....	03
I.2. Situation géographique .....	04
I.3. Cadre naturel .....	04
I.3.1. Relief .....	04
I.3.2. Situation climatologique .....	04
1.3.2.1. Précipitations .....	04
1.3.2.2-Températures .....	05
1.3.2.3-Vent .....	05
1.3.2.4- Humidité .....	06
1.3.2.5- Evaporation .....	06
I.3.3. Situation Géologique .....	06
I.4.Hydrogéologie .....	07
I.4.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES .....	08
A-La nappe phréatique.....	08
B-Le Complexe Terminal.....	09
C-Continental Intercalaire CI .....	09
I.5.Enquête .....	09
1.5.1.Sources d'approvisionnement .....	09
I.5.2.-Station de déminéralisation .....	11
I.6.Ouvrage de stockage et régulation.....	11
I.7.Qualité des eaux de consommation .....	13
I.7.1.Paramètre physique .....	13
I.7.1.1.Température.....	13
I.7.1.2.Potentille de hydrogène pH.....	13
I.7.1.3.La conductivité électrique .....	13
I.7.1.4.Turbidité.....	13
1.7.1.5.Résidu sec .....	13
1.7.1.6.Fer totale.....	13

<b>I.7.2.Paramètre ioniques .....</b>	<b>13</b>
<b>I.7.2.1.Sodium Na.....</b>	<b>13</b>
<b>I.7.2.2.Potassium K.....</b>	<b>13</b>
<b>I.7.2.3.Chlore Cl .....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.2.4..Sulfate SO4.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.2.5.Nitrates NO3.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.2.6.La dureté TH (calcium, magnésium).....</b>	<b>14</b>
<b>I.8.-Demande en eau .....</b>	<b>17</b>
<b>I.9.-Besoins domestiques .....</b>	<b>17</b>
<b>I.10. Besoins d'équipement Publics.....</b>	<b>17</b>
<b>I.11.-Besoins pour l'arrosage des cultures et espaces vert.....</b>	<b>17</b>
<b>I.12.-Besoins des infrastructures militaires.....</b>	<b>18</b>
<b>I.13.-Évaluation de population .....</b>	<b>18</b>
<b>I.19.Taux D'accroissement .....</b>	<b>19</b>
<b>I.20.-Estimation des Besoin.....</b>	<b>20</b>

**Chapitre II:**  
**Techniques de déminéralisation et dessalement des eaux**

<b>II-1.Introduction .....</b>	<b>23</b>
<b>II-2.Définitions .....</b>	<b>23</b>
<b>II-2.1.Eaux saumâtres .....</b>	<b>23</b>
<b>II-2.2.L'eau de mer .....</b>	<b>23</b>
<b>II-3. Techniques de la déminéralisation des eaux.....</b>	<b>24</b>
<b>II-4. Techniques de dessalement des eaux .....</b>	<b>25</b>
<b>II-4. 1. Etapes de dessalement des eaux de mer .....</b>	<b>25</b>
<b>II- 4.2. Les Différents procédés de dessalement .....</b>	<b>25</b>
<b>II-4.2.1. Procédés Thermiques (Procédés de distillation).....</b>	<b>26</b>
<b>II- 4.2.1.1. Distillation à simple effet (SED).....</b>	<b>27</b>
<b>II- 4.2.1.2. Distillation à multiples effets (MED).....</b>	<b>27</b>
<b>II- 4.2.1.3. Distillation avec compresseur de vapeur ou (vapor</b>	

compression) (VC).....	28
<b>II- 4.2.1.4. Distillation par détente successive ou procédé «Flash» ou Distillation Multi- stage flash (MSF);.....</b>	<b>29</b>
<b>II- 4.2.2. Procédés à membranes .....</b>	<b>29</b>
<b>II-4.2.2.1.L'électrodialyse « ED».....</b>	<b>30</b>
<b>II- 4.2.2.1.a) L'électrodialyse dite conventionnelle (ED);.....</b>	<b>30</b>
<b>II- 4.2.2.1.b) L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB).....</b>	<b>30</b>
<b>II- 4.2.2.1.c) L'électrodialyse à membranes (EM).....</b>	<b>30</b>
<b>II- 4.2.2.2. L'osmose inverse «OI»;.....</b>	<b>31</b>
<b>II- 4.2.2.2.1.Principe de l'osmose inverse;.....</b>	<b>31</b>
<b>II- 4.2.2.2.2.Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....</b>	<b>32</b>
<b>II- 4.2.2.2.3. Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse .....</b>	<b>34</b>
<b>II- 4.2.2.3. Nano filtration (NF);.....</b>	<b>35</b>
<b>II- 4.2.2.3.1. Définition et principe .....</b>	<b>35</b>
<b>II- 4.2.2.3.2. Domaine d'application de la nano filtration .....</b>	<b>36</b>
<b>II- 4.2.3. Autres procédés de dessalement .....</b>	<b>36</b>
<b>II- 4.2.3.1. Echange ionique .....</b>	<b>36</b>
<b>II- 4.2.3.2. Dessalement par congélation.....</b>	<b>36</b>
<b>II.4.2.3.3. Dessalement par Distillation solaire.....</b>	<b>37</b>
<b>II-5. Dessalement et déminéralisation des eaux en Algérie.....</b>	<b>37</b>
<b>II-6. Déminéralisation des eaux souterraines en Algérie.....</b>	<b>38</b>
<b>II-7. CONCLUSION.....</b>	<b>40</b>



## **Chapitre III la présentation et la description du processus de traitement de la station de déminéralisation d'IFRIGARA**

<b>III.1.Introduction :</b> .....	42
<b>III.2.Description du projet :</b> .....	42
<b>III.3.Lieu d'implantation des stations :</b> .....	42
<b>III.4.Intitulé du projet :</b> .....	44
<b>III.4.1.Capacité du projet :</b> .....	44
<b>III.4.2.Maitre d'ouvrage délégué :</b> .....	44
<b>III.4.3.Entreprises de réalisation :</b> .....	45
<b>III.4.4.Bureau de contrôle et suivi :</b> .....	45
<b>III.4.Impact du projet :</b> .....	45
<b>III.5.Station de déminéralisations d'IFRIGARA :</b> .....	45
<b>III.6.1.Qualité de l'eau brute.....</b>	46
<b>III.7.Bâtiment de traitement :</b> .....	48
<b>III.7.1.Bâtiment de chloratio :</b> .....	48
<b>III.7.2.Laboratoire d'analyse :</b> .....	49
<b>III.7.3.Atelier d'entretien :</b> .....	50
<b>III.7.4.Locale d'énergie :</b> .....	50
<b>III.8.Choix de la technique de déminéralisation :</b> .....	51
<b>III.8.1.Les avantages de l'osmose inverse :</b> .....	51
<b>III.8.2.Etapes d'une station de déminéralisations :</b> .....	51
<b>III.8.2.1.Prétraitement :</b> .....	52
<b>III.8.2.2.Traitement principale :</b> .....	54
<b>III.8.2.3.Désinfection :</b> .....	56
<b>III.8.3.L'installation les équipements de traitement :</b> .....	57
<b>III.9.Conclusion :</b> .....	59

## **Chapitre IV Résultat et discussions**

<b>IV.1.Introduction</b> :.....	61
<b>IV.2.Contrôle des performances de la station</b> :.....	61
<b>IV.3.Qualité des eaux traitées</b> :.....	61
<b>IV.4. Taux de conversion</b> :.....	61
<b>IV.5. Vérification de la qualité des eaux traitées</b> .....	62
<b>IV.6.Résultat des essais individuels</b> :.....	62
<b>IV.7. Suivi de PH et conductivité à l'entrée et sortie</b> :.....	63
<b>IV.8.Qualité des eaux osmoses et eaux traitées</b> :.....	63
<b>IV.9.Analyse de l'entreprise OVIVO AQUA date 22/03/2022</b> :.....	65
<b>IV.10.Analyse de ADE date 22/03/2022</b> :.....	65
<b>IV.11.Analyse de ADE date 22/03/2022</b> :.....	65
<b>IV.12.Le potentiel d'hydrogène (pH)</b> .....	66
<b>IV.12.1.Conductivité électrique(CE)</b> .....	67
<b>IV.12.2.TRBIDITE</b> .....	69
<b>IV.13. Vérification de taux de conversion</b> :.....	70
<b>Conclusion générale</b> .....	71



## Références bibliographique

- **Bremon dR., Vuicha rdR. (1973).** Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris, 179.
- **CEE (1975).** Normes européennes de potabilité des eaux CEE, Web Site:  
[<https://hydrologie.org/MISC/gest/norpotab.htm>].
- Manuel d'exploitation Pour unité d'osmose inverse, Système: [CHRIWA, Le : 01-11-2016, Pour: ADE-In-Salah.].
- **JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2014).** Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine. Décret exécutif N° 13 du 7 Jomada ElOula 1435 ; 9 mars 2014. Imprimerie Officielle. Les Vergers : Bir – Mourad Raïs. Alger. Algérie.
- **Levallois P., Phaneuf D. (1992).** Risques associés à la contamination de l'eau potable par les nitrates, Réseau de la santé publique du Québec, Bulletin d'information en santé environnementale, Vol.3, Iss.3, pp. 1-3.
- **Nouayti N, Khattach D, Hilali M. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). Journal of Materials and Environmental Science. J. Mater. Environ. Vol 6, N° 4, pp.1068-1081.
- **OMS, (2006).** Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition. Recommandations. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 78 p.
- **Ouhmidou M, Chahlaoui A, Kharroubi A, Chahboune M. (2015).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Errachidia (Maroc). Journal of Materials and Environmental Science. J. Mater. Environ. Vol 6, N° 6, pp.1663-1671.
- **Queneau P., Hubert J. (2009).** Place des eaux minérales dans l'alimentation. Rapport de l'académie nationale de médecine. Société française de l'hydrologie et climatologie médicale. France, pp.175-220.
- **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Collection biologie technique, Série Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- **Rodier J. (1984).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition, Ed. Dunod-Paris.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N ; Coll. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition (Entièrement mise à jour), Ed. Dunod, Paris-France.
- **Tardat-Henry M., Beaudry J. P. (1984).** Chimie des eaux, Ed. Le griffon d'Argile INC-Canada.