

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE**  
**LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie*

Option : hydro géologie

**THEME**

**L'efficacité de traitement des eaux naturelles  
issues de la nappe continentale intercalaire au  
niveau d'In Salah**

Soutenu publiquement par :

**Ben Ali Kalthoum**

*Le 02/07/2013*

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	M. Zarrouki. H	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	M. Madjani Fathi	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Examineur :</b>	M. Maabdi Nawal	M. A. A Univ. Ouargla

**Année Universitaire : 2012/2013**

# Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

En second lieu, nous tenons à remercier très chaleureusement et sincèrement notre enseignant et encadreur Mr. *Madjani Fathi*, pour ses précieux conseils et son aide durant la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions Mr. *Zerrouki. H* et M<sup>me</sup>. *Maabdi N.*

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à tous les enseignants(es) de département de géologie à l'université **KASDI MERBAH -Ouargla-**.

On remercie également tous les personnels d'**hydraulique** et l'**ONM** d'In Salah, **ANRH** d'Adrar **IN SALAH DE TRAITEMENT DES EAUX** particulier Monsieur *Atiki Redha*.

J'adresse mes remerciements infinis au M<sup>me</sup>. *Amrous Karima* qui par leur compréhension et leur aide surtout dans cette période de cet travail.

Sans oublier ma très chère amie et binôme « *Fatiha* » pour leur aides et patience au cours de la réalisation de mes études.

Le plus grand remerciement à deux personnes qui à éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue toute au long de mes études ma mère et mon père.

Nous remercierons aussi tous qui ont contribué de près au de loin à la réalisation de ce modeste travail.



*Kelthoum*

# Dédicace

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire "Ya Kayoum"*

*Je dédie ce modeste travail*

*A les flammes qui éclairages ma vie : ma mère **Mabrouka** et mon père **Boudjemaa**,*

*A mes sœurs et ses fils.*

*A mes frères.*

*A mes oncles paternels, mes oncles maternels  
mes tantes paternelles, mes tantes maternelles,  
et ses fils.*

*A tout les familles **Ben Ali**, **Barkadi**, **Madi**,  
**Elghiri**, **Foundou**, **Elhamdou**, **Djaber**, **Boukar**.*

*A mes camarades de troisième années hydrogéologie  
particulièrement mon amie et mon sœur n« **Fatiha** »*

*A tous les habitants d'In Salah particulièrement les habitants  
d'El-Barka.*

*A tous ceux que connaître moi.*

**Kalthoum**  
**Kalthoum**

## ***LISTE DES TABLEAUX :***

<b>N</b>	<b>Liste des tableaux</b>	<b>page</b>
1	Aperçu sur la répartition des commerçants par secteur d'activité.	4
2	Les coordonnées géographiques de la station d'In Salah.	5
3	Températures mensuelles en °C pour la série de 32 ans (1981/2012). Station d'In Salah (1981-2012).	6
4	Forces des vents en mensuelles en m/s pour la série de 32 ans (1981/2012).	7
5	Insolation mensuelles en 1/10h pour la série de 32 ans (1981-2013).	8
6	Précipitations mensuelles en mm pour la série de 32 ans (1981/2012).	9
7	Humidité relative mensuelles en mm pour la série de 32 ans (1981/2012).	10
8	Représente les moyennes mensuelles de l'évaporation en (mm) pendant les périodes de (1981-2013).	11
9	Présente la précipitation annuelle et température annuelle (1981-2012).	12
10	L'évapotranspiration potentielle (ETP) par la méthode de THORNTHWAITE.	13
11	Les résultats des calculs de bilan hydrique de la région d'étude d'après C.W.THORNTHWAITE de période (1981-2013).	14
12	Classification DE MARTONNE.	16
13	Les forages d'AEP d'In Salah	21
14	Les forages d'irrigation d'In Salah.	21
15	la conductivité d'eau brute, eau traité et eau avec mélangeur	39
16	Qualité d'eau en fonction de sa dureté	41
17	Norme eau potable algérienne	44
18	Analyse avant traitement station n: 2.	45
19	Analyse après traitement station n: 2.	46
20	Analyse avant traitement station n: 3.	47
21	Analyse après traitement station n: 3.	48

## *Liste des photos*

<b>N°</b>	<b>photo</b>	<b>Page</b>
1	Pré-filtration.	31
2	Pompe doseuse anti-scalant.	32
3	Cuve d'eau brute 4400L.	32
4	Cuve tampon eau ultra-filtrée.	33
5	Cuves de stockage eau potable.	34
6	Pompes de distribution.	34
7	Filtre à charbon actif.	35
8	Ultra-filtration.	36
9	Osmose inverse.	37
10	Porte filtre à cartouche.	38
11	Mélangeur.	38
12	Les robinets.	39
13	Conductivimètre.	39

## *Liste des figures*

N°	figure	Page
<b>1</b>	Situation géographique d'In Salah	3
<b>2</b>	Températures moyennes mensuelles	6
<b>3</b>	Forces des vents moyennes mensuelles	7
<b>4</b>	Insolation moyennes mensuelles	8
<b>5</b>	Précipitations moyennes mensuelles	9
<b>6</b>	Fig.08: humidité relative moyennes mensuelle	10
<b>7</b>	Evaporation moyennes mensuelle	11
<b>8</b>	Diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région d'In Salah	12
<b>9</b>	La présentation des paramètres climatiques	14
<b>10</b>	La présentation les bilans hydrique de la région d'In Salah	15
<b>11</b>	Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002	18
<b>12</b>	Carte isobaque in salah	19
<b>13</b>	Coupe hydrogéologique dans la région d'In salah	20
<b>14</b>	Situation des forages d'aep d'In Salah	21
<b>15</b>	Situation des forages d'irrigation d'In Salah	22
<b>16</b>	Comparisation les differant paramètre entre avant et après traitement (Station n :2)	50
<b>17</b>	Comparisation les differant paramètre entre avant et après traitement (Station n :3)	53

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

**A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.  
**SEDAT**: Société des études diverses et assistance technique  
**EV** : L'électrovanne  
**VM** : la vanne motorisée  
**A.E.P** : Alimentation en eau potable ;  
**C.T** : Complexe Terminal ;  
**C.I** : Continental Intercalaire ;  
**S.A.S.S** : Système Aquifère du Sahara Septentrional ;  
**ABHS** : Agence de Bassins Hydrographique du Sud  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé ;  
**Tp** : Température annuelle en(C°) **ETP** : Evapotranspiration potentiel (mm)  
**Pr** : Précipitation annuelle (mm).  
**ETR** : Evapotranspiration réelle. (mm)  
**Exc.** : Excédante (mm)  
**Def** : Déficit  
**RFU** : Refis  
**BH** :Bilan hydrique  
**hr** : l'humidité relative (%)  
**MES**: Les matières en suspension  
**N.A.S.A** :  
**MF** : Microfiltration  
**UF** : Ultra-filtration  
**RO** : Osmose inverse  
**TA** : Titre Alcalimétrique ;  
**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet ;  
**TH** : Titre Hydrotimétrique ;  
**pH** : Potentiel d'Hydrogène ;

## ***LISTE DES UNITES***

**cm** : centimètre.

**°C** : Degré Celsius.

**°F** : Degré français.

**g** : Gramme.

**g/l** : Gramme par litre.

**h** : Heure.

**m** : Mètre.

**m<sup>3</sup>** : mètre cube.

**m<sup>3</sup>/h** : mètre cube par heure.

**m<sup>3</sup>/s** : mètre cube par seconde.

**m<sup>3</sup>/j** : mètre cube par jour.

**meq.l<sup>-1</sup>** : Milliéquivalent par litre.

**mg** : milligramme.

**mg/l** : Milligramme par litre.

**ms/cm** : Milli siemens par centimètre.

**ml**: milliliter.

**mn** : minute.



# Sommaire

	page
Introduction générale : .....	1
Chapitre I : Contexte générale	
I-1-Généralité:.....	2
I-1-1-Situation géographique:.....	2
I-1-2-La cadre physique :.....	3
I-1-2-1 -Les caractères généraux :.....	3
I-1-2-2-Plans d'activités.....	3
Chapitre II-Hydro climatologie	
II-1-Introduction : .....	5
II-2-Analyse climatique : .....	5
II-2-1-les phénomènes thermiques : .....	5
II-2-1-1-Température En °C:.....	5
-Répartitions mensuelles des températures.....	6
II-2-1-2-Vitesse Du Vent:.....	6
-Répartitions mensuelles des vents .....	7
II-2-1-3-Insolation:.....	8
-Répartition mensuelle des insolation .....	8
II-2-1-4-Précipitation:.....	9
-Répartition mensuelle des précipitations :.....	9
II-2-2-Le Régime Hydrique :.....	10
II-2-2-1-Humidité:.....	10
-Répartitions mensuelles des humidités.....	10
II-2-2-2-L'évaporation et l'évapotranspiration.....	11
II-2-2-2-a-L'évaporation : .....	11
❖ Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN : .....	11
II-2-2-2-b-L'évapotranspiration.....	12
-Calcul de l'évapotranspiration.....	12
a)-L'évapotranspiration potentielle (ETP) par la formule de THORNTHWAITE.....	12
-Calcul de l'ETR, selon la méthode du bilan d'eau de C.W.THORNTHWAITE.....	13
II-3-Indice d'aridité de Dermartonne : .....	16
II-4-CONCLUSION : .....	17
Chapitre III-Hydrogéologie	
III-1-Introduction .....	18
III-2-Système aquifère locale .....	18
III-3-Puissance du réservoir du CI.....	20
III-4-Potentialité en eau .....	21
III-4-1-Les forages d'AEP.....	21
III-4-2-Forage d'irrigation.....	21
III-5-Conclusion .....	22

## Chapitre IV-Stations des traitements des eaux

IV-1-Historique de traitement des eaux .....	23
IV-2-Équipement de traitement des eaux : .....	23
IV-2-1-La pré-filtration centrifuge (pré filtre) .....	23
IV-2-2-Adoucisseur .....	23
IV-2-3-Les filtres : .....	24
IV-2-3-1- La filtration .....	24
IV-2-3-2-Les types des filtres .....	24
IV-2-4-Système de purification : .....	25
IV-2-4-1-L'électrodialyse.....	25
IV-2-4-1-a-Fonctionnement.....	25
IV-2-4-1-b-Pré-traitement .....	26
IV-2-4-2-L'osmose inverse .....	27
IV-2-4-2-a-L'osmose inverse .....	27
IV-2-4-2-b-Le Principe de l'Osmose .....	27
IV-2-4-2-c-Le procédé de l'Osmose Inverse.....	27
IV-2-4-2-d-Les Avantages.....	28
IV-2-4-2-e- Les inconvénients.....	28
IV-2-5-Les Membranes.....	28
IV-2-5-1-Les membranes anioniques.....	28
IV-2-5-2-Les membranes cationiques.....	29
IV-3-Constitution les stations d'In Salah : .....	29
IV-3-1-Généralité:.....	29
IV-3-1-a-Historique:.....	29
IV-3-2-Description du processus de traitement d'eau.....	29
IV-3-2-a-Introduction aux techniques membranaires.....	30
IV-3-3-Descriptif de la chaine de traitement:.....	31
IV-3-3-1-Pré- filtration.....	31
IV-3-3-2-Pompes doseuses.....	31
IV-3-3-3-Cuves tampon:.....	32
IV-3-3-4-Pompe de distribution:.....	34
IV-3-3-5-Filtre à charbon actif .....	35
IV-3-3-6-Ultra-filtration .....	35
IV-3-3-6-a-conception de l'appareil et fonctionnement.....	35
IV-3-3-6-b-Mode production .....	36
IV-3-3-7-Osmoseurs:.....	37
IV-3-3-7-Conception de l'appareil et fonctionnement.....	37
a)-1-Fonctionnement automatique.....	37
b)-2-fonctionnement manuel .....	37
IV-3-3-8-Filtre à cartouche:.....	38
IV-3-3-9-Le mélangeur.....	38
IV-3-3-10-Les robinets .....	39
IV-4-Teste eau brut et eau traité dans les deux stations avec le conductivimètre.....	39

## Chapitre V hydrochimie

V-1-Introduction .....	40
V-2-Caractéristiques des eaux potables.....	40
V-2-1- Caractéristiques organoleptiques.....	40
V-2-1-1-Potentille hydrogène pH .....	40
V-2-1-2-Température .....	40
V-2-1-3-Conductivité .....	40
V-2-1-4-Dureté (TH) .....	41
V-2-1-5-Titre alcalimétrique (TA) .....	41
V-2-1-6-Titre alcalimétrique complet (TAC) .....	41
V-2-1-7-Sels minéraux nécessaires .....	41
V-2-1-8- Eléments Indésirables.....	43
V-3-Potabilité chimique des eaux .....	43
V-4-Comparison les résultats avant traitement et après traitement .....	49
V-4-1- Station n: 2.....	49
V-4-2- Station n : 3.....	52
V-5-Conclusion .....	54
Conclusion générale.....	55

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

## **Introduction générale:**

L'eau présente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant. C'est aussi un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique. Les dernières décennies sont caractérisées par une industrialisation galopante et par une sécheresse intense qui touche l'Algérie du Nord d'une manière générale. Cette situation rend le domaine de l'eau de plus en plus vital et les nappes aquifères de plus en plus vulnérables à la pollution.

Malheureusement, dans plusieurs régions algériennes, surtout celles situées au Sahara, sont confrontées aujourd'hui à des problèmes liés à des aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau.

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évoluée, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies.

Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate.

Dans cette approche, le présent travail vient d'étudier l'efficacité de traitement des eaux naturelles issues de la nappe continentale intercalaire au niveau d'In Salah, d'où certains paramètres physico-chimiques sont présents à des teneurs qui peuvent causer des problèmes sanitaires.

***CHAPITRE I***  
***CONTEXTE***  
***GENERALE***

## **I-Contexte générale :**

### **I-1-Généralité:**

#### **I-1-1-Situation géographique:**

La région d'In Salah est située au centre sud du Sahara algérien Tidikelt, au nord de la wilaya de Tamanrasset. Se située à 1300 km au Sud d'Alger et à 700 Km au du chef lieu de la wilaya de Tamanrasset, entre le plateau du Tademaït au Nord, à la lisière du Tidikelt au Sud. L'oasis est située à 27°11' de latitude Nord et à 2°28' de longitude Est. La région d'In Salah est constituée de trois réalités géographiques : le plateau de Tidikelt, la plaine de Tademaït et la dépression de l'oued Djarret :

- Au Nord, une région relativement plane, composée du plateau de Tademaït, qui se présente sous la forme de Hamadas et l'aspect d'assises crevassée. Le plateau de Tademaït est recouvert par endroits de dunes de sables du fait d'une érosion éolienne très active.
- Au Sud Est, la plaine de Tidikelt, parfois recouverte d'ergs et reformant des ressources hydriques appréciables. Elle est incisée profondément par une succession de vallées qui la traversent dans une direction Nord-est.
- La dépression de l'Oued Djarret.

Elle est limitée (figure 1):

Au Nord : El golia.

Sud : Tamanrasset.

Est : Ilizi et Janet.

Ouest : Adrar.

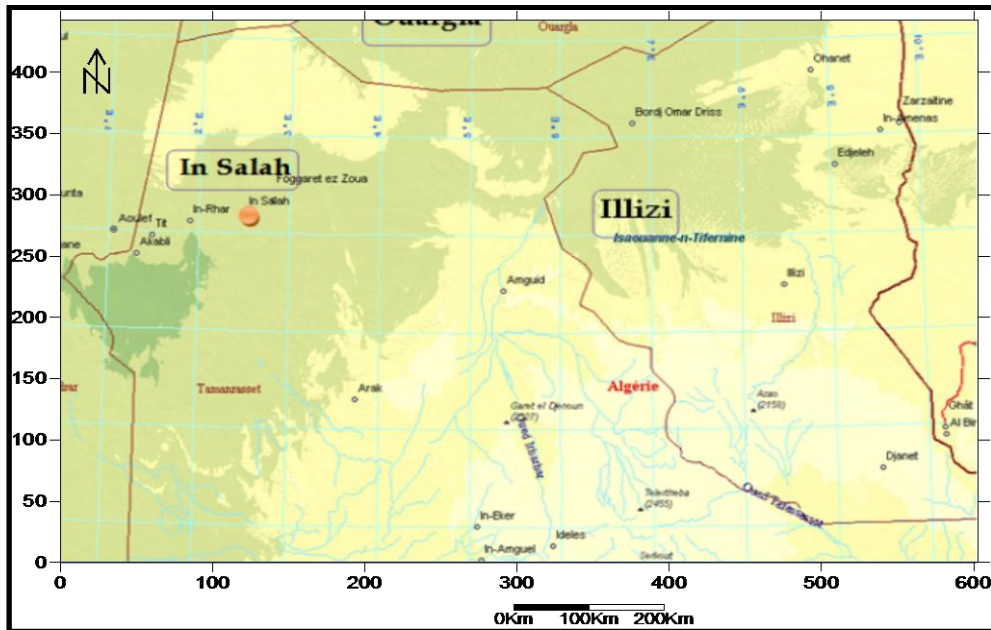


Fig. 1 : Situation géographique d’In Salah (SEDAT Ouargla)

## I-1-2-La cadre physique :

### I-1-2-1 -Les caractères généraux :

La commune est caractérisé par :

- Superficie de 43 937,50 Km<sup>2</sup> avec un pourcentage de 7,88 %, d’occupation des sols de la wilaya de Tamanrasset
- Population 35000 habitants (2008).
- La densité de population est de 0,63 / km<sup>2</sup>.

### I-1-2-2-Plans d’activités

#### a-Activités agricoles

Les surfaces agricoles d’In Salah se situent à l’extrémité Nord-ouest, au voisinage d’El Barka et au Nord-est de In Salah. La superficie agricole ancienne avoisine les 1 262 hectares, la superficie de l’APFA est de 8104 hectares. La superficie irriguée est de 834 hectares de l’APFA. Le nombre de palmeraies est d’environ 151 000. La surface agricole ancienne est irriguée par 15 forages, alors que celle de l’APFA est irriguée par 26 forages.



## **b-Activité commerciale et artisanale**

**Tableau 1 : Aperçu sur la répartition des commerçants par secteur d'activité.**

<b>Commerce</b>	<b>Commerce gros</b>	<b>de Import Export</b>	<b>Commerce de détail</b>	<b>Commerce de services</b>	<b>Total</b>
<b>In Salah</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>300</b>	<b>160</b>	<b>470</b>

## **c-Secteurs publics**

Le secteur public d'In Salah comporte le secteur administratif, le secteur sanitaire, le secteur éducatif et le secteur socioculturel. La composition des différents secteurs sera illustrée comme suit.

### **d-Secteur administratif**

Le secteur administratif de la commune d'In Salah, est considéré comme étant le secteur d'activité qui a absorbé plus de main d'œuvre de la population active.

### **e-Secteur sanitaire**

Le secteur sanitaire d'In Salah souffre d'un manque considérable d'infrastructures et du personnel, ainsi que du ratio de couverture sanitaire.

### **f-Secteur de l'éducation**

Nous comptons un nombre assez important d'écoles, pour les différents cycles d'étude, à travers la commune d'In Salah.

***CHAPITRE II***  
***HYDRO-***  
***CLIMATOLOGIE***

## II-Hydro climatologie:

### II-1-Introduction :

Le climat de la région est continental excessif et qui se caractérise par une grande sécheresse due à la rareté des pluies, une température généralement élevée, avec un grand écart journalier et un régime du vent irrégulier.

Ces paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères.

Pour cette étude, les séries des données, qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique d'In Salah.

La station est située à l'aéroport s'éloignée 7kms de la ville, ses coordonnées géographiques sont (tableau 2):

**Tableau 2 : les coordonnées géographiques de la station d'In Salah**

Station	Coordonnées		Altitude
	Latitude (N)	Longitude (E)	
In Salah	27°15'	02°31'	268m

### II-2-Analyse climatique :

#### II-2-1-les phénomènes thermiques :

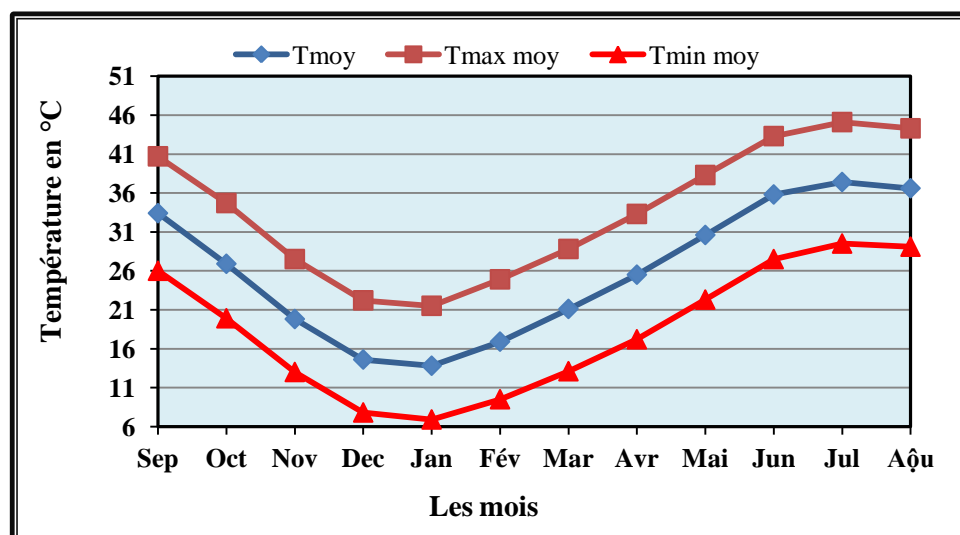
##### II-2-1-1-Température En °C:

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures sera faite à partir des données recueillies de station météorologique d'In Salah période (1981-2012).

## ➤ Répartitions mensuelles des températures:

**Tableau 3 : températures mensuelles en °C pour la série de 32 ans (1981/2012). Station d'In Salah (1981-2012) :**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>Tmoy</b>	33,4	26,9	19,8	14,6	13,8	16,9	21,1	25,5	30,6	35,8	37,4	36,6	26,1
<b>Tmax moy</b>	40,7	34,7	27,5	22,2	21,5	24,9	28,8	33,3	38,3	43,3	45,1	44,3	33,7
<b>Tmax abs</b>	47,7	43,6	38	33,6	33,9	35,9	40	45,4	47,6	49	50,6	49,3	50,6
<b>Tmin moy</b>	26	19,9	13	7,8	6,9	9,5	13,1	17,2	22,3	27,5	29,5	29,1	18,5
<b>Tmin abs</b>	16,7	9,6	1,9	-1,7	-3	-2	1	3,1	10,4	14,6	22,1	22,8	-3
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			26,1
	9,4			2,23			4,83			19,83			



**Fig. 02 : Températures moyennes mensuelles**

Selon la Figure 2 de Variation des températures moyennes mensuelles marque un maximum (33.4°C) en mois de septembre puis décroît lentement jusqu'au mois de janvier (13.8°C) puis après se commence par croissant lentement jusque le mois de juillet la température est maximum valeur (37.4 °C) jusque août se décroissant très lente.

### II-2-1-2-Vitesse Du Vent:

Nous pouvons dire que le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de In Salah. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse.

## ➤ Répartitions mensuelles des vents :

Tableau 4 : forces des vents en mensuelles en m/s pour la série de 32 ans(1981/2012) :

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>Vmoy</b>	4.3	3.9	3.5	3.4	3.6	4.0	4.7	4.4	4.5	4.2	5.0	4.8	4.2
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			4.2
	3.9			3.7			4.5			4.7			

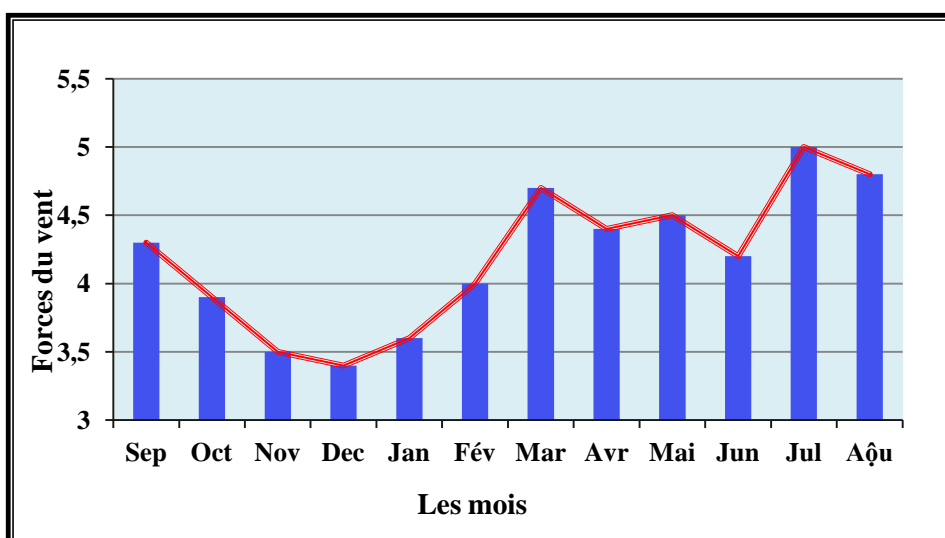


Fig.03 : Forces des vents moyennes mensuelles

L'histogramme représentant les répartitions mensuelles des force des vent (fig.3) montra irrégularité de force d'un mois à l'autre, la force de vent en variant de 3.4m/s à 5 m/s, le maximum est attente en Juillet de 5 m/s et un minimum de 3.4 m/s en Décembre la même chose de force de saisonnière, il varie de 3.7 à 4.7 m/s.

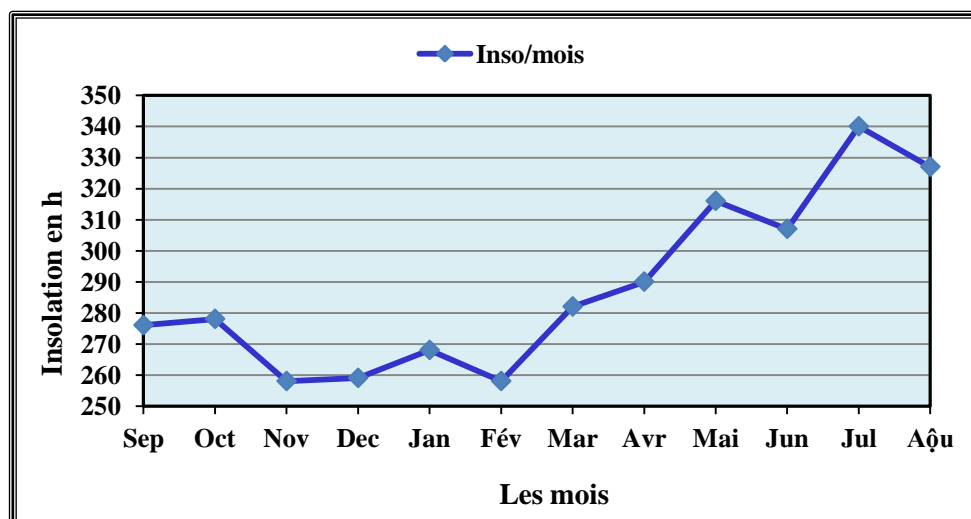
En a remarqué que ne trouve pas la plus variation entre l'mois à l'autre.

**II-2-1-3-Insolation:**

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé.

➤ **Répartitions mensuelles des insolations :****Tableau I-5 : insolation mensuelles en 1/10h pour la série de 32 ans (1981-2012) :**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>Inso/mois</b>	276	278	258	259	268	258	282	290	316	307	340	327	289
<b>Inso/Jour</b>	9.2	9.0	8.6	8.4	8.6	9.2	9.1	9.7	10.2	10.2	11.0	10.5	9.5
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			289
	271			262			296			325			

**Fig. 04 : insolation moyennes mensuelles**

La courbe de moyenne mensuelle (fig.04) de la série 32ans, (1981/2012) en station de In Salah, il irrégulier et plus fort entre 340-258, le mois le plus insolé est juillet de 340 et l'mois de faible insolation est Février et Novembre de 258.

Notons que la répartition saisonnière des insolations, montre que la saison la plus insolée c'est Eté avec l'insolation annuelle de 325, et la saison de faible insolation c'est l'hiver avec l'insolation annuelle de 262 à la station d'In Salah.

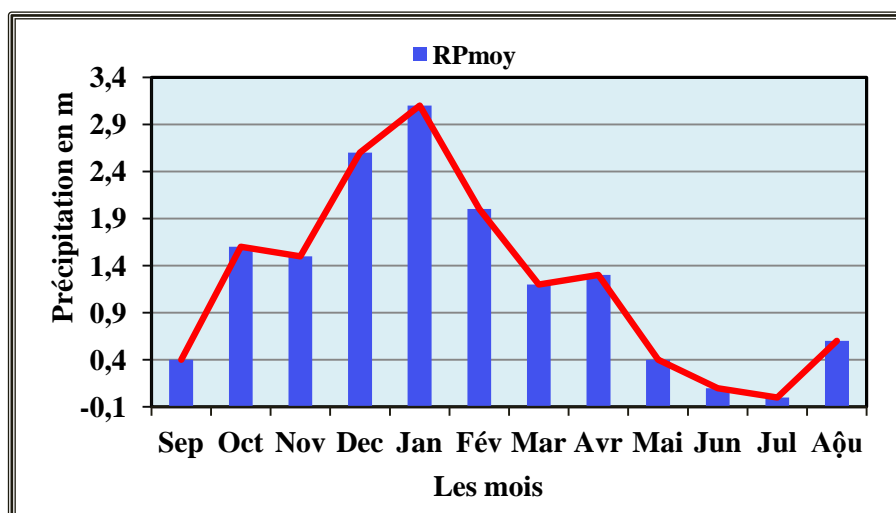
### II-2-1-4-Précipitation:

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien.

#### ➤ Répartition mensuelle des précipitations :

**Tableau 6 : Précipitations mensuelles en mm pour la série de 32 ans (1981/2012) :**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>RPmoy</b>	0.4	1.6	1.5	2.6	3.1	2.0	1.2	1.3	0.4	0.1	0	0.6	1.3
<b>RPmax</b>	7.5	25.4	46.8	34.0	50.4	39.3	45.6	24.9	9.2	3.4	1.61	19.0	6
<b>Année max</b>	1925	1924	1934	1985	1928	1967	1953	1990	1990	1996	1998	1929	1990
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			1.3
	1.2			2.6			1			0.3			



**Fig.05: Précipitations moyennes mensuelles**

L'histogramme (fig.05) représentant la répartition des pluies mensuelles sur une période de 32 ans a prouvée l'existence d'un régime mensuelle irrégulier traduisant une pluviométrie fort sur la station du bassin versant étudié, le maximum de ces précipitation est enregistré au mois de Janvier 3.1 mm, alors que le minimum est enregistré en Juillet 0 mm, pour une meilleur interprétation des résultats de changement pluviométrique moyenne mensuelle.

## II-2-2-Le Régime Hydrique :

### II-2-2-1-Humidité:

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression.

Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à In Salah (période 1981 - 2012).

#### ➤ Répartitions mensuelles des humidités :

Tableau-07 : humidité relative mensuelles en mm pour la série de 32 ans (1981/2012) :

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>Humidmoy</b>	22	30	38	43	42	35	28	24	20	18	15	17	
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			28
	30			40			24			17			

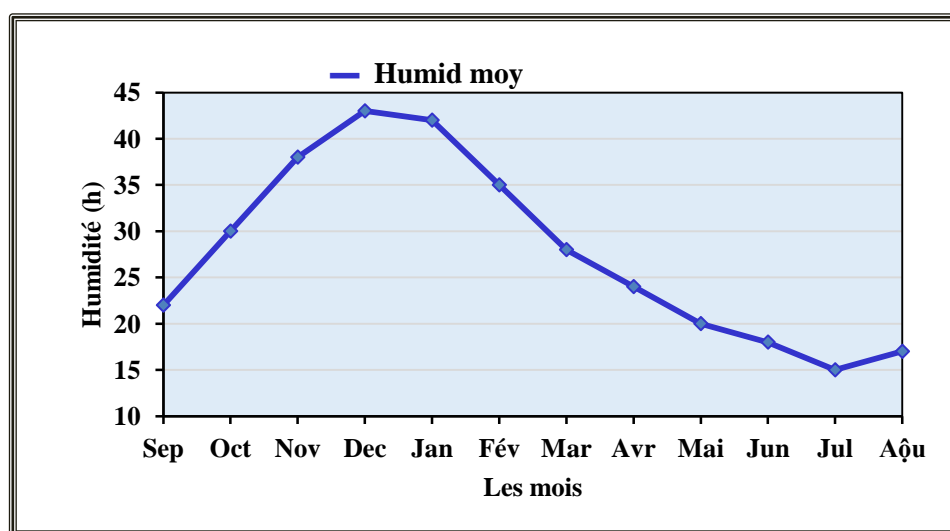


Fig.06: humidité relative moyennes mensuelle

La période humidité (les mois plus humidité et les mois plus sèche), les mois plus humidités Septembre, Octobre, Novembre, Décembre, Janvier et Février, et les mois plus sèches sont Mars, Avril, Mai, Juin et Juillet. Or l'humidité saisonnier nous remarquons l'automne et l'hiver est humidité presque de 30,40 et Le printemps de 24, et L'été de 17 c'est-à-dire L'automne et L'hiver sont la saison le plus humidité or le saison L'printemps et L'été sont plus sèche.



### II-2-2-2-L'évaporation et l'évapotranspiration :

Le retour de l'eau à l'atmosphère peut se faire de différentes manières, soit directement par évaporation à partir d'une surface d'eau libre (mer, lac, cours d'eau, etc.), soit le plus souvent à partir d'un sol ou par l'intermédiaire des végétaux. On parle dans ce deuxième cas d'évapotranspiration.

Pour l'évaporation, la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement, etc.

#### II-2-2-2-a-L'évaporation :

**Tableau -08 : représente les moyennes mensuelles de l'évaporation en (mm) pendant les périodes de (1981-2012):**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
<b>Evap/mois</b>	418	328	211	166	171	201	299	344	425	484	551	523	344
<b>Evap/Jour</b>	13.9	10.6	7.0	5.4	5.5	7.2	9.6	11.5	13.7	13.7	16.1	17.8	11.3
<b>Moy-sais</b>	<b>Automne</b>			<b>Hiver</b>			<b>Printemps</b>			<b>Eté</b>			344
	319			180			356			520			

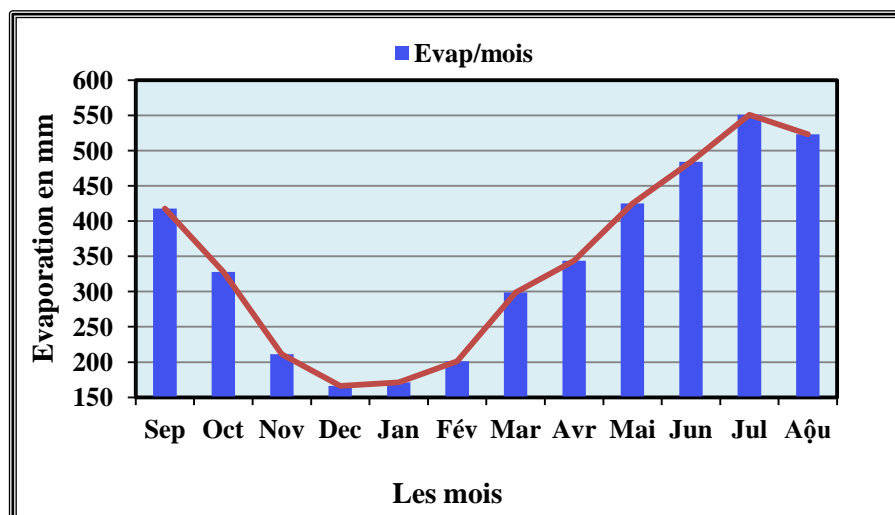


Fig.07 : Evaporation moyennes mensuelle

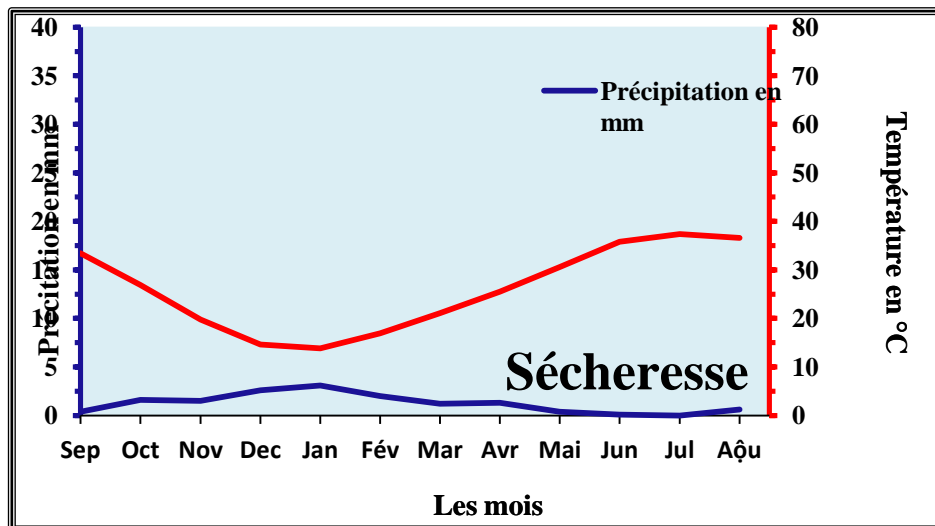
#### ❖ Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN :

Les histogrammes représentant les répartitions mensuelle des évaporations (fig.10) montre une irrégularité des évaporations d'un mois à l'autre, le mois plus évaporé est juillet de 551 mm, et le mois de faible évaporation est Décembre, Janvier de 166 mm, 171mm.

Selon la définition de Gausсен, une période sèche est une période pendant la quelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température du même mois. Ce diagramme montre que pour un climat de notre région (climat saharien), il n'existe pas de période humide, (Fig.10).

**Tableau 9 : présente la précipitation annuelle et température annuelle (1981-2012) :**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	An
Précipitation (mm)	0.4	1.6	1.5	2.6	3.1	2.0	1.2	1.3	0.4	0.1	0	0.6	1.3
Température (C°)	13.8	16.9	21.1	25.5	30.6	35.8	37.4	36.6	33.4	26.9	19.8	14.6	26.1



**Fig.08: Diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région d'In Salah**

#### II-2-2-2-b-L'évapotranspiration

##### -Calcul de l'évapotranspiration :

C'est la comptabilisation entre les sorties et les entrées des eaux de précipitation. L'évapotranspiration résulte de deux phénomènes : l'une physique « évaporation » et l'autre biologique « transpiration », ce phénomène important du cycle hydrologique est fonction de plusieurs facteurs : (humidité, température, l'insolation, couvert végétal...). La méthode adoptée pour les calculs de l'évapotranspiration est celle de THORNTHWAITE.

##### a)-L'évapotranspiration potentielle (ETP) par la formule de THORNTHWAITE :

La méthode adoptée pour les calculs de l'évapotranspiration est celle de THORNTHWAITE.

Elle est fonction de précipitation moyenne annuelle et de la température moyenne annuelle.

$$ETP=16X [10/t]^a \times K$$

Tableau 10 : l'évapotranspiration potentielle (ETP) par la méthode de THORNTHWAITE.

Mois Paramètres	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Août	An
t moy (°C)	33,4	26,9	19,8	14,6	13,8	16,9	21,1	25,5	30,6	35,8	37,4	36,6	26,1
i	17,73	12,78	8,03	5,07	4,65	6,32	8,85	11,78	15,53	19,69	21,04	20,36	151,84
Etp (mm)	161,09	85,45	34,82	14,26	12,09	21,90	41,95	73,07	124,64	197,40	224,37	210,60	
K	1,30	1,21	1,08	0,96	1,01	1,13	1,19	1,27	1,32	1,41	1,41	1,36	
Etp corr. (mm)	209,0	103,4	37,6	13,7	12,2	24,6	50,0	93,1	164,1	277,3	316,8	286,9	1588,8

Avec :

- **Etp** : évapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau);
- **t** : température moyenne mensuelle du mois considéré (en °C).
- **K** : coefficient d'ajustement mensuel;
- **a** : indice lié à la température :  $a = I \times [1,6/100] + 0,5$
- **I** : indice thermique annuel :  $I = \sum i$
- **i** : indice thermique mensuel :  $i = [t/5]^{1,5}$

#### b)-L'évapotranspiration réelle (ETR) par la formule de C.W.THORNTHWAITE :

On appelle évapotranspiration réelle (ETR), la quantité d'eau, généralement exprimée en millimètres, évaporée ou transpirée par le sol, les végétaux et les surfaces libres d'un bassin versant. Pour l'évaluation de l'ETR, nous utiliserons la formule de C.W.THORNTHWAITE.

##### • Calcul de l'ETR, selon la méthode du bilan d'eau de C.W.THORNTHWAITE :

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU). Le bilan d'eau de C.W.THORNTHWAITE. Fait intervenir d'une part l'évapotranspiration potentielle et d'autre part la pluviométrie (P).

##### ➤ Le principe de cette méthode est basé sur 2 cas :

-1er cas : si  $p > ETP$  —————> L'ETR est égale à l'ETP. Et l'excédent des précipitations sur l'ETP est stocké dans le sol forme d'humidité pour THORNTHWAITE, la saturation est atteinte lorsque les réserves superficielles cumulées atteignent la valeur de la réserve utile.

-2ème cas : si  $p < ETP$  —————> dans ce cas puisera dans les réserve du sol stock jusqu'à ce que l'ETR sera à égale, une fois le est épuisé ; sera égal à la pluviométrie (ETR =P).

$$ETR = P / \sqrt{0,9 + P^3/L^3}$$

P : précipitation moyenne annuel (486 mm)

$$L = 300 + 25T + 0.05$$

ou

$$T = \sum t / 12$$

$$L = 300 + 25(26,1) + 0,05 = 927,55$$

$$ETR = 15,4 / \sqrt{0,9 + (15,4)^2 / (13867,05)^2} = 512,3$$

$$ETR = 512,3$$

Tableau 11: les résultats des calculs de bilan hydrique de la région d'étude d'après C.W.THORNTHAITE de période (1981-2012) :

	T	i	K	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
S	33,4	17,7	1,30	209,0	0,4	-208,6	-1,0	0,0	0,0	0,4	208,6	0,0
O	26,9	12,8	1,21	103,4	1,6	-101,8	-1,0	0,0	0,0	1,6	101,8	0,0
N	19,8	8,0	1,08	37,6	1,5	-36,1	-1,0	0,0	0,0	1,5	36,1	0,0
D	14,6	5,1	0,96	13,7	2,6	-11,1	-0,8	0,0	0,0	2,6	11,1	0,0
J	13,8	4,7	1,01	12,2	3,1	-9,1	-0,7	0,0	0,0	3,1	9,1	0,0
F	16,9	6,3	1,13	24,6	2	-22,6	-0,9	0,0	0,0	2,0	22,6	0,0
M	21,1	8,8	1,19	50,0	1,2	-48,8	-1,0	0,0	0,0	1,2	48,8	0,0
A	25,5	11,8	1,27	93,1	1,3	-91,8	-1,0	0,0	0,0	1,3	91,8	0,0
M	30,6	15,5	1,32	164,1	0,4	-163,7	-1,0	0,0	0,0	0,4	163,7	0,0
J	35,8	19,7	1,41	277,3	0,1	-277,2	-1,0	0,0	0,0	0,1	277,2	0,0
J	37,4	21,0	1,41	316,8	0	-316,8	-1,0	0,0	0,0	0,0	316,8	0,0
A	36,6	20,4	1,36	286,9	0,6	-286,3	-1,0	0,0	0,0	0,6	286,3	0,0
<b>Annuel</b>	<b>26,0</b>	<b>151,8</b>		<b>1588,8</b>	<b>14,8</b>	<b>-1574,0</b>				<b>14,8</b>	<b>1574,0</b>	<b>0,0</b>

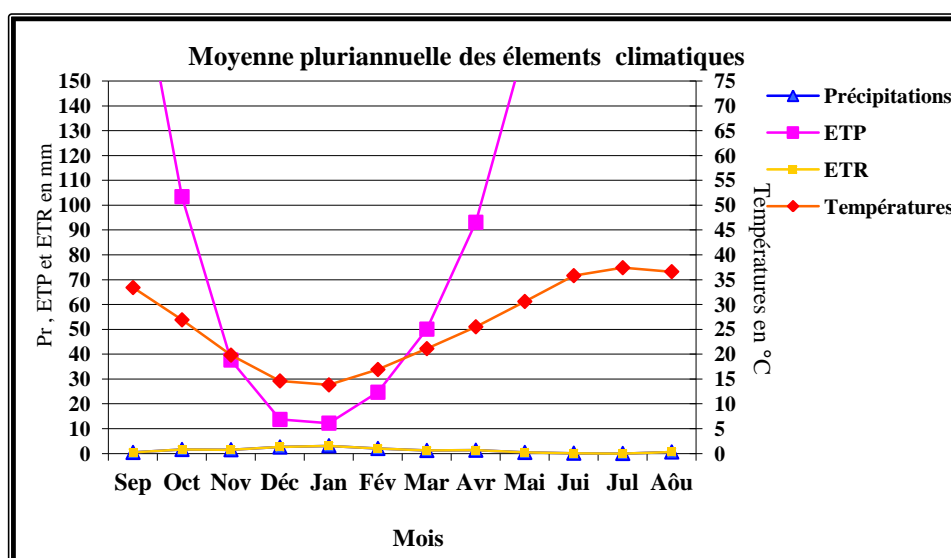


Fig.09 : la présentation des paramètres climatiques

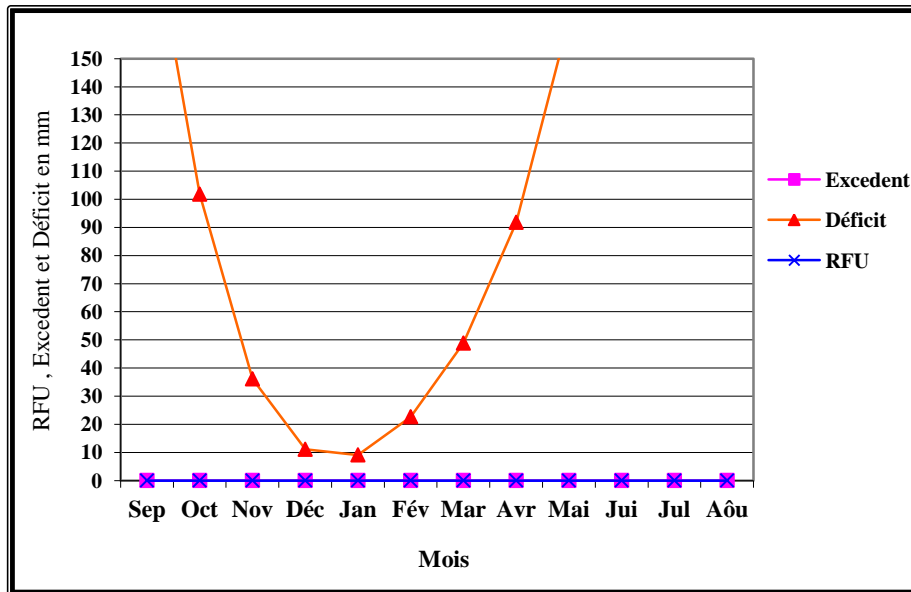


Fig.10 : la présentation les bilans hydrique de la région d'In Salah

Le tableau du bilan hydrologique (tableau 12) et son diagramme (fig10) montrent que le bilan hydrologique, se référant aux données de la station d'In Salah est déficitaire d'où un excédent nul qui ne donne aucune quantité d'eau participant à la réalimentation des nappes d'eau souterraines ni à l'écoulement des eaux en surface (ruissellement et infiltration nuls).

On remarque que :  $p < ETP$  dans ce cas puisera dans les réserve du sol jusqu'à ce que l'ETR sera à égale, une fois le stock est épuisé ; sera égal à la pluviométrie ( $ETR = P$ ). D'paré la figure 13 on observé que le déficit atteint les valeurs minimums en hiver janvier (9,1) Et prendre la valeur maximum en Juillet (316,8) On a aussi l'excédent égale RFU c'est-à-dire que la précipitation plus faible et température plus élève.

**T**: la température moyenne mensuelle (°C).

**K**: coefficient de correction.

$K = 1$  si  $hr\% > 50 \%$

$K = 1 + [(50 - hr) / 70]$

**I** : indice thermique.

**ETPnc** : évapotranspiration non corrigée.

**ETPc** : évapotranspiration corrigée.

**BH** : Bilan hydrique

**P** : précipitations (mm).

**ETR** : évapotranspiration réelle.

**RFU<sub>100</sub>** : réserve facilement utilisables.

**Def** : Déficit agricole.

**Exc**: Excédent

### II-3-Indice d'aridité de Demartonne :

En se basant sur le régime des précipitations et des températures, DEMARTONNE (1923) a défini un indice d'aridité (A).

Il est défini par la relation suivante:

$$A = \frac{P}{T+10}$$

Où:

**P**: précipitation moyenne annuelle (mm);

**T**: température moyenne annuelle (°C).

**Tableau -12: Classification de DEMARTONNE**

Valeur de l'indice	Type de climat
$A < 5$	Hyper-aride
$5 < A < 7.5$	Désertique
$7.5 < A < 10$	Steppique
$10 < A < 20$	Semi-aride
$20 < A < 30$	Tempéré

Pour la station d'In salah :

$P=14.8\text{mm}$  et  $T=26^{\circ}\text{C}$  , donc  $A= 0,41$

Ainsi, on obtient un indice d'aridité :  $A < 5$

Selon la classification de MARTONE, il s'agit d'un régime **hyper-aride**.

**II-4-Conclusion :**

Le climat de la région d'In Salah est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures très élevées d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région. Dans la région d'étude la Période sèches qui caractérisé mon climat.

L'exploitation des données disponibles a permis d'établir un bilan hydrologique global semble refléter convenablement le phénomène de la remontée des eaux. Ce sont les eaux d'irrigation mal drainées qui favorisent l'élévation du niveau d'eau dans la nappe phréatique.

***CHAPITRE III***  
***HYDOGEOLOGIE***



### III-Hydrogéologie :

#### III-1-Introduction :

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye.

Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

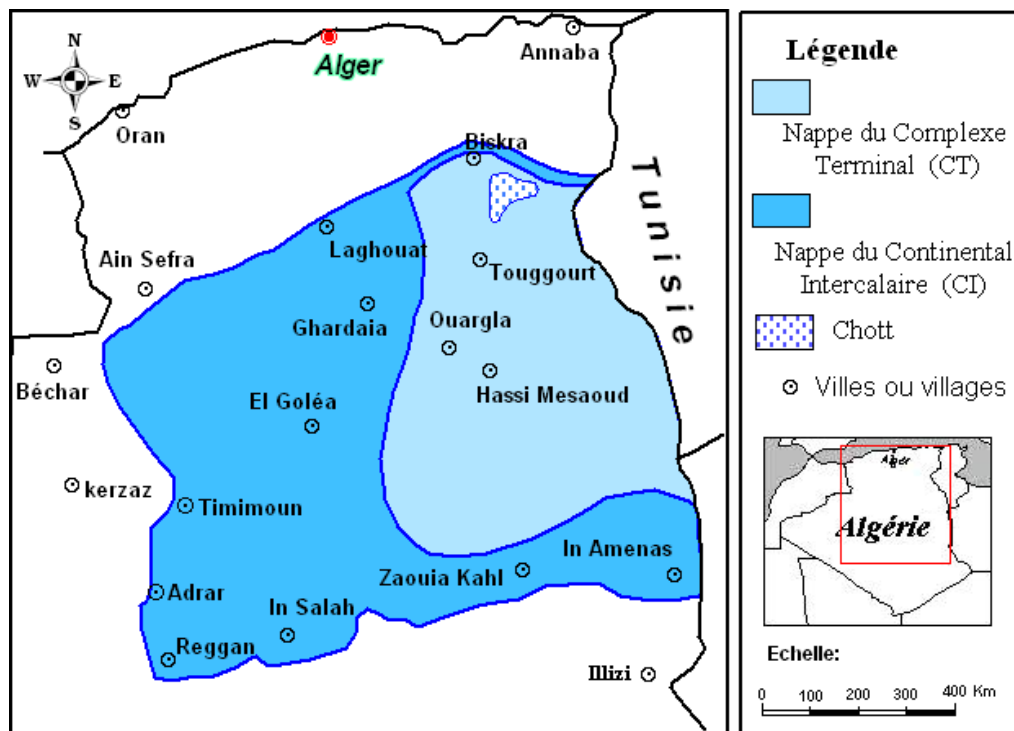


Fig.13: Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal)

#### III-2-Système aquifère locale :

L'ensemble géologique qui renferme la nappe d'eau dans la région d'In Salah est constitué par une alternance des formations détritiques continentales.

Au nord de la commune d'In Salah les formations aquifères débutent par des matériaux grossiers (alluvion) du quaternaire qui surmontent une épaisse couche (305 m) constituée de grès argile, gravier et sable du crétacé inférieur.

Où centre de la commune d'In Salah on remarque un changement du faciès lithologique, ainsi qu'une réduction de l'épaisseur. La formation dominante est le gré tendre et l'argile rouge sableuse. Vers le sud est le pourcentage des matériaux fins devient

plus important et l'argile rouge sableuse constitue la formation la plus dominante, l'épaisseur de la nappe d'eau dans cette zone ne dépasse guère 50 m.

La géométrie de l'aquifère :

Le toit du substratum du primaire montre dans l'ensemble un prolongement du mur du réservoir utile du sud vers nord, le pendage du toit du substratum primaire est atteindre son profondeur maximum qui est de l'ordre de 600m. La profondeur minimum se localise le long des affleurements de la formation carbonifère et ne dépasse guère le 50 m.

L'allure des courbes isobathes montre que l'ensemble géologique dans la région constitue un synclinale et son axe est orienté NNW – SSE.

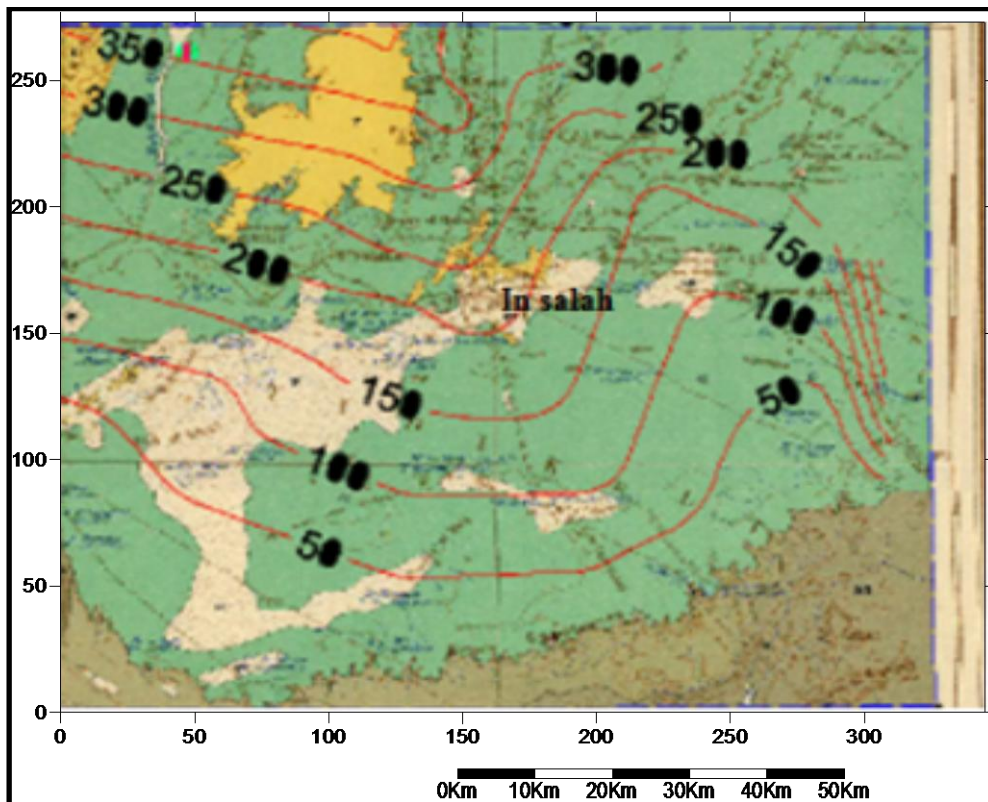


Fig-14: Carte isobathe in salah (ANRH Adrar)

### III-3-Puissance du réservoir du CI:(figure 15,16) :

La variation de l'épaisseur dans cette région : l'épaisseur maximum se localise au nord et oscille entre 305 à 400 m.

Dans la partie sud de la zone est qui constitue la limite de la formation aquifère, l'épaisseur devient moins importante et ne dépasse pas 50 m.

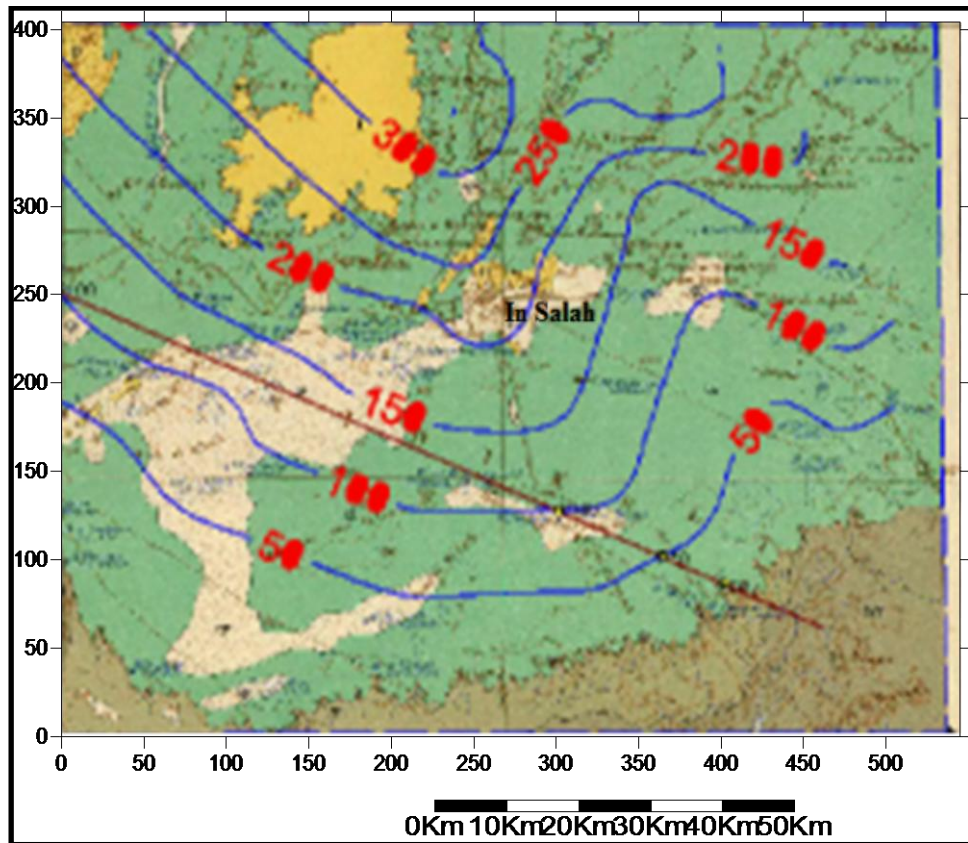


Fig-15: Carte isopaque continental intercalaire de la région d’In Salah (ANRH Adrar)

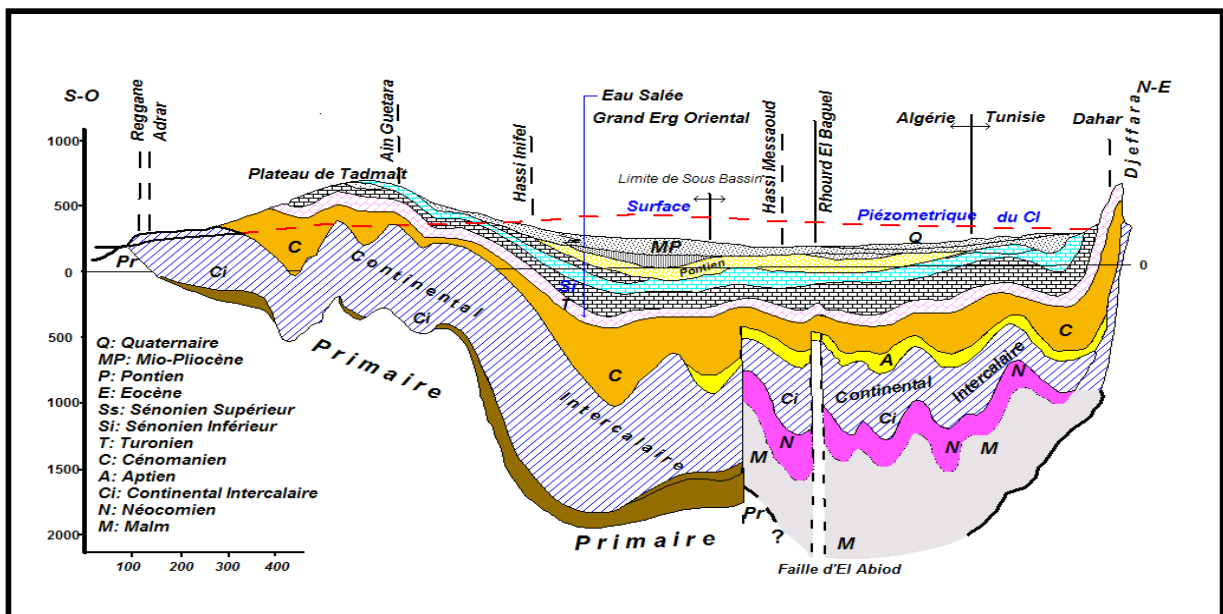


Fig-16 : Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrional (UNESCO 1972)

### III-4-Potentialité en eau :

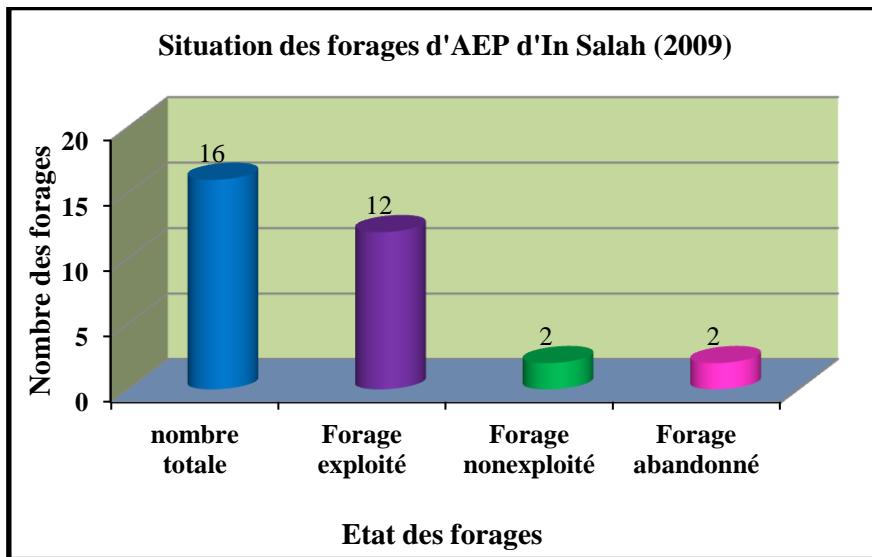
La région d'In Salah renferme 120 forages hydrauliques captent la nappe du CI.ces forages sont repartis comme suite:

#### III-4-1-Les forages d'AEP :

La situation actuelle des ces forages est résumée dans le tableau ci-dessous

**Tableau-13 : Les forages d'AEP d'In Salah**

Commune	Nombre totale	Forage exploité	Forage non exploité	Forage abandonné
In salah	16	12	2	2



**Fig-17:Situation des forages d'AEP d'In Salah**

#### III-4-2-Forage d'irrigation :

La situation des ces forages est illustrée dans le tableau suivant :

**Tableau-14 : Les forages d'irrigation d'In Salah**

Commune	Nombre totale	Forage exploité	Forage non exploité	Forage abandonné
In salah	104	47	49	8

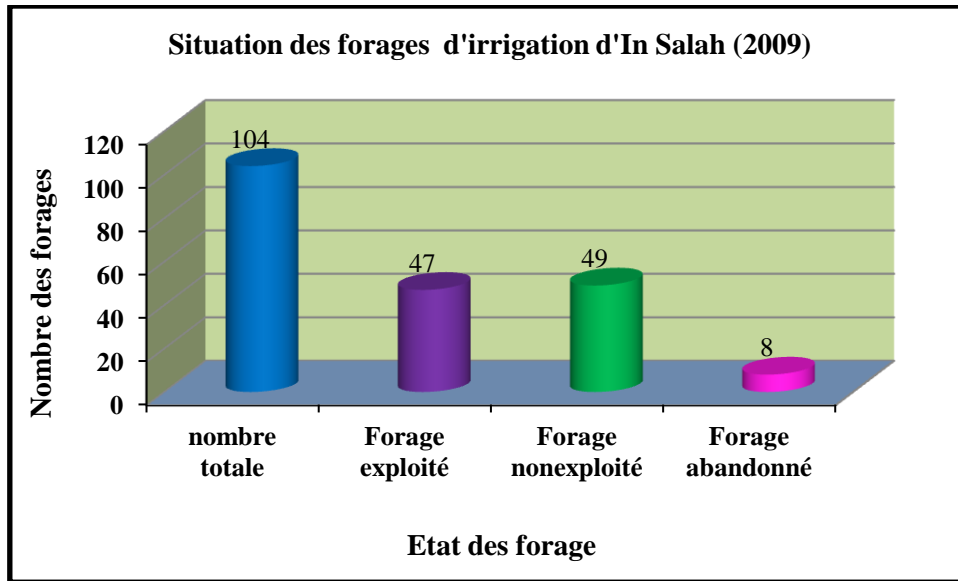


Fig-18 : Situation des forages d'irrigation d'In Salah

### III-5-Conclusion :

Sur le plan hydrogéologique on dispose de peu d'information sur les potentialités des formations susceptibles d'être aquifères. Tous les forages recensés captent les formations du Continental Intercalaire. La profondeur des forages varie entre (160 à 250).

En générale, les forages réalisés dans cette région ont mis en évidence des terrains constitués dans l'ensemble, de grès quartzeux, d'argile, d'argile sableuse, de grès parfois roses de sable, de marnes parfois rouges et de grès sableux.

***CHAPITRE IV***  
***STATIONS DES***  
***TRAITEMENTS DES***

## **IV-Stations des traitements des eaux**

### **IV-1-Historique de traitement des eaux :**

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évoluée, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies.

Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate.

### **IV-2-Équipement de traitement des eaux :**

#### **IV-2-1-La pré-filtration centrifuge (pré filtre) :**

Ce pré filtre se place entre la pompe et le filtre et enlève le gros de la saleté (il filtre jusqu'à 80% des sédiments en provenance de la piscine). Cela augmente donc la qualité de la filtration, prolonge la durée de vie du filtre, économise de l'eau et du temps passé à nettoyer le filtre. Dans ce pré filtre, il n'y a ni pièce mobile pouvant s'user, ni charge filtrante à nettoyer ou remplacer

#### **IV-2-2-Adoucisseur :**

Un adoucisseur d'eau : est un appareil qui a pour but de réduire significativement la dureté de l'eau circulant dans votre réseau de plomberie. Pour ce faire, il est généralement branché sur la canalisation principale d'arrivée d'eau, en amont de vos sanitaires et de vos équipements électroménagers. Les dépôts calcaires étant la conséquence naturelle de la présence de carbonates de calcium et de magnésium dans l'eau, l'adoucisseur d'eau va traiter le problème à la racine en opérant une transformation physicochimique par le procédé d'échange d'ions.

Pour présenter les choses simplement, l'adoucisseur d'eau fonctionne avec une résine qui va traquer et emprisonner momentanément les ions calcium et magnésium (entre deux régénérations) tandis qu'ils seront remplacés par des ions sodium. Or, ces ions sodium sont connus pour être l'un des composants du sel de table. Aussi, l'eau traitée et adoucie est-elle du même coup enrichie en sodium.

**IV-2-3-Les filtres :****IV-2-3-1- La filtration :**

La filtration est le passage d'un mélange liquide – solide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les solides et laisse passer les liquides.

Les filtres utilisés peuvent être de natures différentes :

- Une toile maintenue par un cadre ou de disque.
- Une couche poreuse (charbon, cellulose,...) déposée sur un support rigide perméable (grilles métalliques, céramique,...)
- Un lit granulaire (gravier, sable,... empilés dans un réservoir).

Si la matière en suspension est retenue à la surface du filtre, la filtration est dite en surface, on en suppose, si les matières sont retenues dans l'épaisseur du filtre, elle est dite en volume, en profondeur ou sur lit filtrant.

**IV-2-3-2-Les types des filtres :**

**a)-Filtre à 20  $\mu$  :** sous forme cylindrique qui permet d'éliminer les grosses molécules de sable supérieure à 20  $\mu$ .

**b)-Filtre à 10  $\mu$  :** sous forme cylindrique qui permet d'éliminer les sables supérieure à 10  $\mu$ .

**c)-Filtre à 5  $\mu$  :** sous forme cylindrique qui permet d'éliminer les particules de sable supérieure à 5  $\mu$ .

**d)-Filtre à 1  $\mu$  :** sous forme cylindrique qui permet d'éliminer les particules de charbon supérieure à 1  $\mu$ .

La filtration peut être considérée comme étant le résultat d'une pression exercée sur une solution au contact d'un média filtrant qui retiennent les solides et qui est traversé par un liquide.

Il existe 5 types de filtration :

1. La filtration classique.
2. La microfiltration.
3. L'ultrafiltration.
4. La mano filtration.
5. L'osmose inverse.



Le filtre peut être défini par plusieurs paramètres :

1. Capacité de rétention : quantité des particules susceptible d'être retenues par unité de surface.
2. Efficacité de rétention : pourcentage rétention de particules de tailles déterminées.
3. Seuil de rétention : si égale à 100%, on parle de seuil absolu, si inférieur à 100 % on parle de seuil nominal de (X % pour des articles de tailles données).

#### **IV-2-4-Système de purification :**

Il y a deux systèmes purification : électrodialyse : est un ancien système et osmose inverse est récent système.

##### **IV-2-4-1-L'électrodialyse:**

L'électrodialyse est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions (atomes chargés positivement ou négativement) d'une solution en les déplaçant. Par exemple, par électrodialyse, on peut extraire les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  de l'eau de mer. Ce procédé fonctionne avec un appareil nommé électro dialyseur dont nous allons vous expliquer le fonctionnement.

##### **IV-2-4-1-a-Fonctionnement**

Un électro dialyseur est constitué d'un grand nombre de compartiments alimentés électriquement en série, et hydrauliquement en série ou en parallèle.

Ces compartiments sont séparés par des membranes. L'extraction des ions se fait par migration de ces derniers à travers les membranes dites « sélectives » (qui sont soit anioniques, soit cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi, seuls les anions (chargés négativement) peuvent traverser les membranes anioniques et seuls les cations (chargés positivement) peuvent traverser les membranes cationiques. En plaçant alternativement une membrane cationique et une membrane anionique, puis en créant une charge positive à une extrémité de l'électro dialyseur et une charge négative de l'autre, on va attirer les anions vers la charge négative et les cations vers la charge positive, piégeant ainsi dans certains compartiments les ions qui sont alors retirés de la solution dans les autres compartiments.

Ainsi, le compartiment où il y a l'eau douce à la fin est appelé « compartiment de dilution » et le compartiment où l'on récupère la saumure (solution aqueuse très concentrée en sel) est appelé « compartiment de concentration ».

#### **IV-2-4-1-b-Pré-traitement :**

Souvent, il est nécessaire d'effectuer un pré-traitement avant l'électrodialyse car les solides en suspension avec un diamètre supérieur à 10 mm doivent être éliminés pour ne pas risquer de boucher les pores de la membrane. Seuls les ions sont éliminés dans l'électrodialyse ; les matières en suspension (MES) ne sont pas arrêtées par le procédé, et ne font qu'encrasser les membranes, d'où la nécessité d'un prétraitement de l'eau pour la débarrasser des MES qui sont capables de neutraliser la membrane comme par exemple les anions organiques de grande taille, les oxydes de fer et de manganèse. Ils perturbent l'effet sélectif de la membrane. En principe une filtration préalable, bien exploitée, est suffisante. Elle peut être précédée d'une floculation, ceci étant fonction des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter. Il est donc nécessaire, pour obtenir une électrodialyse fiable, de procéder à une étude approfondie de l'eau utilisée pour en connaître précisément la composition. De plus, et comme c'est le cas pour tous les traitements d'eaux, une analyse ponctuelle est insuffisante, et il est nécessaire de procéder à une campagne d'échantillonnage dont la durée et la fréquence des prélèvements sont à fixer au cas par cas.

Les traitements préalables de l'eau d'alimentation (cela est aussi valable pour les pré-traitements de l'osmose inverse) doivent permettre d'éviter les dégradations dues :

- Au colmatage des membranes.
- Aux fortes pressions aux produits oxydants.
- Aux micro-organismes.
- A la précipitation des sels minéraux.

Les substances non ionisées (qui n'ont pas de charge électrique) qui sont dissoutes dans la solution ont leur teneur qui reste la même durant l'électrodialyse, car le courant électrique n'a aucune influence.

L'électrodialyse ne doit être appliquée qu'aux composants ioniques entre les deux seuils de concentration minimum et maximum, pour éviter la cristallisation ou un trop grand résistance ohmique. Il ne faut pas essayer de dépasser la valeur des courants limites : des phénomènes

secondaires comme le colmatage (obstruction des pores) peuvent créer des évolutions irréversibles sur les membranes et sur la solution.

#### **IV-2-4-2-L'osmose inverse**

**IV-2-4-2-a-L'osmose inverse :** est un aussi système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

#### **IV-2-4-2-b-Le Principe de l'Osmose :**

L'osmose inverse est un procédé de purification de l'eau inspiré du phénomène chimique appelé l'osmose. Pour mettre en place le principe de l'osmose, on sépare 2 solutions aqueuses de concentrations différentes par une membrane semi-perméable qui ne laisse passer que l'eau pure. La solution dont la concentration est la plus basse va alors chercher à équilibrer les concentrations des 2 solutions en faisant passer de l'eau pure (H<sub>2</sub>O), dans le compartiment de la solution dont la concentration est la plus élevée.

#### **IV-2-4-2-c-Le procédé de l'Osmose Inverse**

Le procédé de l'osmose inverse a été inventé par la N.A.S.A. et était au départ destiné à la purification de l'eau consommée par les cosmonautes pendant les voyages dans l'espace. Il fonctionne presque comme de l'osmose, à la différence que pour l'osmose inverse, on exerce une pression supérieure à la pression osmotique de la solution concentrée sur celle-ci (en l'occurrence pour le dessalement il s'agit de l'eau salée). Le phénomène qui se produit est alors l'inverse de celui de l'osmose, c'est l'eau de la solution la plus concentrée qui change de compartiment. C'est pour cela que l'on appelle ce procédé de l'osmose inverse. Grâce à la membrane semi-perméable, le soluté (en l'occurrence le sel) est ainsi séparé de l'eau.

Ce procédé, peu gourmand en énergie, équipe aujourd'hui toutes les usines de dessalement des eaux saumâtres mais nécessite un pré-traitement poussé et coûteux afin d'éliminer le sable et les micro-organismes en suspension dans l'eau susceptibles de colmater la membrane. Ce pré-traitement consiste à filtrer de l'eau grâce à un filtre de charbon actif végétal compacté, qui élimine le chlore à plus de 90%.

#### **IV-2-4-2-d-Les Avantages**

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 :

1. pH légèrement acide de 6.6 (idéal pour la digestion, l'assimilation des aliments et rééquilibre de pH du sang généralement trop toxique).
2. Résistivité élevée 20000 à 30000 ohms, ce qui permet une parfaite élimination des toxines par les reins.
3. L'eau osmosée est antioxydant, alors que l'eau en bouteille est plus oxydée du fait du délai souvent trop long entre la mise en bouteille et la consommation ;
4. L'énergie de l'eau osmosée (7200 unités Bovis) est nettement supérieure à celle de l'eau en bouteille (5000) qui est en outre chargée de tous les rayonnements nocifs qu'elle subit pendant son transport et dans les lieux de stockage.

#### **IV-2-4-2-e- Les inconvénients**

1. La faible durée de vie des membranes, qui est de l'ordre de 3 ans.
2. L'énergie consommée est énorme.
3. Les pertes en eau : le rendement n'est que de 75% et ainsi 25% de saumure (solution aqueuse très concentrée en sel) restent à la fin et sont inutilisables.
4. La pureté de l'eau est toujours inférieure à 100%.

#### **IV-2-5-Les Membranes**

La technologie requise pour ce procédé réside essentiellement dans l'emploi de membranes. Les membranes sont constituées de résines échangeuses d'ions. Voici les deux membranes qui nous intéressent :

**IV-2-5-1-Les membranes anioniques** : elles contiennent des résines à groupes cationiques fixes. Ces groupes sont neutralisés par des anions situés dans les interstices de la résine. Quand cette membrane est mise dans une solution d'électrolyte, les anions en solution peuvent pénétrer dans la membrane et remplacer les anions présents initialement, alors que les cations sont repoussés par les cations fixés sur la résine.

**IV-2-5-2-Les membranes cationiques** : le principe est identique; elles contiennent des groupes anioniques fixes qui permettent la pénétration des cations et repoussent les anions.

Ces membranes doivent être résistantes mécaniquement, imperméables à l'eau, chimiquement inattaquables, ne présenter qu'une faible résistance ohmique et posséder une haute sélectivité (rôle de clapet ionique). Les membranes sont généralement constituées de fibres de polyamides et d'acétate de cellulose.

L'essor des matériaux de synthèse a permis de réaliser des parois semi-perméables beaucoup plus pratiques et on peut les classer suivant le critère adopté en plusieurs catégories. La structure des matériaux permet de distinguer trois types de membranes :

**a) Les membranes isotropes** qui ont des propriétés structurelles constantes sur toute leur épaisseur.

**b) Les membranes anisotropes**, leur structure composite varie entre la surface des et les intérieurs.

**c) Les membranes liquides.**

### **IV-3-Constitution les stations d'In Salah:**

#### **IV-3-1-Généralité:**

##### **IV-3-1-a-Historique:**

Le projet de traitement des eaux : est un projet social faite à société britannique de BP, en partenariat avec Sonatrach, après avoir demandé la souffrance du peuple à la région de l'eau impropre à boire, car elle contient une très forte proportion de sel et c'est ce qui a causé De nombreuses maladies.

Le nombre ces stations est 4 stations réparties sur de vastes quartiers, le début de ce projet était en Juillet 2000, a établi la première station située dans le centre-ville, en 2001 a été d'exécuter la deuxième station en ksar Al-Arab, en la même année a été de lancer la troisième station dans le quartier du 05 Juillet et la quatrième station dans ksar El-morabidine.

La capacité de production de ces stations 05 km<sup>3</sup>/h et exploite 10 travailleurs permanents.

#### **IV-3-2-Description du processus de traitement d'eau:**

Les installations de traitement pour la ville d'In salah produisent 5 km<sup>3</sup>/h d'eau potable sur d'eau brute provenant des forages.

En principe les installations de traitement d'eau se composent d'une filtration brute sur poche (VG-053001), d'une seule étape d'ultra filtration (VG-053002), en simple passage d'un système d'osmose inverse (XX-053002).

#### **IV-3-2-a-Introduction aux techniques membranaires:**

Les membranes sont des polymères avec la propriété de laisser l'eau passer et de rejeter les autres composées de la solution. Les technologies principales de membrane sont existantes sont les suivantes :

- Micro filtration (MF) où des particules de solides sont rejetées par la membrane avec les diamètres de particules supérieure de 0,1-0,2 microns. Les molécules organiques dissoutes et les sels dissous peuvent librement passer la membrane de MF.
- Ultra filtration (UF) où non seulement des particules sont rejetées par la membrane mais les molécules organiques également dissoutes. Les sels dissous peuvent librement passer la membrane d'UF.
- Osmose inverse (RO) où non seulement des particules et les molécules organiques dissoutes sont rejetées mais les ions également dissous de sel. Ultra filtration peut donc être installée comme traitement préparatoire aux systèmes d'osmose d'inverse.

L'osmose est le phénomène qui peut aisément être démontré dans le laboratoire avec un système simple de solution d'eau et de sel séparé par une membrane de polymétrie. Sur le côté de solution de sel le niveau montre jusqu'à ce que la pression hydrostatique équilibre la pression osmotique de la solution de sel. L'osmose inverse fonctionne de manière inverse. En appliquant une pression sur la solution de sel. Plus haut que l'eau de pression osmotique passera la membrane du côté de solution de solution de sel au côté de l'eau. Puisque la membrane ne tient pas compte pour que les sels passent l'eau douce de membrane peut être produite eau salée.

Par conséquent l'osmose d'inverse est un excellent procédé pour le dessalement de saumâtre et de l'eau de mer. Il combine des coûts relativement bas avec l'opération de système simple. Dans le processus de membrane l'eau d'alimentation après que le pré-traitement est pressurisé et l'eau est obligatoirement rejetée par la membrane. L'eau d'alimentation traverse les éléments de membrane et est séparé dans deux directions :

- ❖ Débit per méat, qui traverse la membrane.
- ❖ Rétention ou débit concentré, qui n'a pas passé la membrane et contient plus élevé de produits organiques et/ou de sels.

Le concentré est déchargé, lorsque le per méat est conduit dans le réservoir de stockage.

### IV-3-3-Descriptif de la chaine de traitement:

#### IV-3-3-1-Pré- filtration:



**Photo-01 : Pré-filtration**

**Filtre 90 microns :** la pré-filtration est réalisée par un filtre à 90  $\mu$  à décolmatage semi-automatique.

**Le but de la pré-filtration** est d'assurer le filtre en retenant les grosses particules en suspension : sable, boue.

**IV-3-3-2-Pompes doseuses:** Afin de satisfaire aux exigences du fonctionnement de l'ensemble de la chaîne et/au bon état d'hygiène de l'installation, quatre pompes doseuses avec 6régulation électronique, permettent d'injecter du produit désinfectant en quatre points différents de l'installation.

❖ La première pompe doseuse PPD1 sert à l'injection de l'acide sulfurique .Ce traitement évite le colmatage des modules d'Ultrafiltration (UF) par la formation de tartre.

❖ La deuxième pompe doseuse PPD2 sert à l'injection d'une solution d'eau de javel pendant les rétro lavages chlorés de l'Ultra-filtration. Ce traitement sert à la salinisation des modules d'Ultra-filtration.

❖ La troisième pompe doseuse PPD3 permet l'injection de l'anti-scalant avant l'osmoseur (photo : 2). Ce traitement inverse qui est le cœur du système.

❖ La quatrième pompe doseuse PPD4 permet l'injection d'une solution d'eau de javel après osmoseur dans l'eau potable. Ce traitement sert à maintenir la potabilisation de l'eau dans le temps vis-à-vis des micro-organismes.



**Photo-02 : Pompe doseuse anti-scalant**

#### **IV-3-3-3-Cuves tampon:**

L'installation comporte quatre cuves en polyéthylène qualité alimentaire de 4400 litres.

1) Cuve 1 (photo : 03): cuve tampon eau brute

Le remplissage de cette cuve se fait par un robinet à flotteur.

Dans la cuve se trouve un niveau à poire sécurité des pompes de distribution.



**Photo-03 : Cuve d'eau brute 4400L**

2) Cuve2 (photo : 04) cuve tampon eau ultra-filtrée



5 capteurs de niveaux installés sur le niveau transparent renseignent l'automate sur le niveau d'eau dans la cuve. Certains niveaux sont utilisés comme commandes et d'autres ont une fonction d'alarme :

Dénomination	Fonction
NTH	Niveau de sécurité max
NH	Niveau arrêt remplissage cuve (arrêt production UF)
NR	Niveau remplissage cuve UF (début production UF)
NB	Niveau alarme cuve UF
NTB	Niveau sécurité pompe osmoseur



**Photo-04: cuve tampon eau ultra-filtrée**

3) Cuve 3 et 4 : cuve de stockage eau potable (photo-05) :

Chacune des 2 cuves possède 3 capteurs de niveau à flotteur :

- Niveau marche arrêt osmoseur
- Niveau alarme
- Niveau sécurité



**Photo-05 : cuves de stockage eau potable**

#### **IV-3-3-4-Pompe de distribution:**

Deux pompes de distribution (photo : 06) installées après la cuve 1 fonctionnement en alternance (par défaut : 6 heures de service pour chaque pompe). L'alterne et renseigne sur l'état du fonctionnement de chaque d'entre elles.



**Pho-06 pompes de distribution**

**IV-3-3-5-Filtre à charbon actif :( photo: 07)****Photo-07 : filtre à charbon actif**

La filtration à charbon actif est composée d'un filtre automatique ayant 100 litre de charbon actif granulé en vrac qui dégrade le chlore libre et retient le chlore totale.

Les deux filtre sont montés en parallèle, avec possibilité de by passer l, un ou l'autre.

Le nettoyage périodique des filtres est commandé suivant la programmation du temps (1 à 12jours) des vannes automatiques.

La programmation initiale est de 1 nettoyage tous les quatre jours.

**IV-3-3-6-Ultra-filtration (photo: 08):****IV-3-3-6-a-conception de l'appareil et fonctionnement:**

Cet appareil été conçu pour constituer une filtration absolue vis-à-vis des particules colloïdales et des micro-organismes.

L'eau passe dans trois modules d'UF. Chaque module est constitué d'un faisceau de fibres creuses.

L'eau traverse les fibres creuses de l'intérieure vers l'extérieur, les colloïdes et des micro-organismes étant retenus à l'intérieur des fibres creuses.

Le fonctionnement du système d'UF est géré par l'automate programmable de la chaîne de traitement.



**Photo- 08 :Ultra-filtration**

**IV-3-3-6-b-Mode production :**

Le per méat de l'UF est collecté dans une bêche de 5000 litres et constitue l'appoint en eau d'osmoseur.

Le débit est de l'ordre de 5000 L/h par module pour une pression tran-membranaire de 1 bar, soit un débit nominal de 12 m<sup>3</sup>/h.

Lors de la production, le système UF ne procède à aucun rejet.

Quand l'osmoseur est en demande d'eau, le niveau d'eau de la cuve 2 descend et les différents contacteurs de niveau de la cuve commandent le fonctionnement de l'UF via l'automate.

L'électrovanne d'entrée EV1 est alors ouverte ainsi que la vanne motorisée située en sortie des modules VM1.

**IV-3-3-7-Osmoseurs:****IV-3-3-7-Conception de l'appareil et fonctionnement:****Pho-09 : Osmose inverse**

Le fonctionnement de l'osmoseur est géré par le contacteur d'un des 2 capteurs de niveau installés dans les cuve3 ou 4 d'eau potable.

Le remplissage de la cuve s'effectue à l'aide du niveau à poire «Haut» (M/A). Le contact doit être ouvert lorsque la cuve est vite.

L'arrêt du remplissage s'effectue quand la position du niveau (contact à poire) se trouve en position haute (contact fermé).

**a)-1-Fonctionnement automatique :**

Pour éviter le débordement accidentel de l'eau de la cuve 3 ou 4 la mise en service de l'osmoseur est déclenchée dès que les deux niveaux (M/A) de la cuve 3 et 4 sont en position « Bas ».

Pendant cette phase de production d'eau potable, l'automatisme contrôle :

- La conductivité électrique de l'eau produite (per méat).
- La sécurité manque d'eau.
- Le débit de l'osmoseur.
- Les niveaux des cuves.

**b)-2-fonctionnement manuel :**

En cas de défaillance du coffret de commande automatique, un interrupteur, placé en face avant de l'armoire électrique principale, permet de mettre de passer du mode automatique en mode «marche forcée» de l'osmoseur.

**IV-3-3-8-Filtre à cartouche:**

Le filtre à cartouche est composé d'un support et d'une ou plusieurs cartouches. Il se présente sous la forme d'un cylindre, disposant d'une entrée et d'une sortie généralement opposées. Un couvercle amovible permet d'accéder à la cartouche.



**Photo-10 : porte filtre à cartouche**

**IV-3-3-9-Le mélangeur:**

**Photo-11 : mélangeur**

L'eau de mélangeur c'est une eau d'Ultra-filtration ajouté à l'eau d'osmoseur on a élevé la conductivité à 300-400  $\mu\text{s/cm}$

**IV-3-3-10-Les robinets :****Photo-12 : Les robinets**

Les robinets qui alimentent la population.

**IV-4-Test eau brut et eau traitée dans les deux stations avec le conductivimètre:****Photo-13 : conductivimètre****Tableau – 15: la conductivité d'eau brute, eau traité et eau avec mélangeur :**

Station	La date	Eau brute	Eau traité	Eau traité avec mélangeur
<b>02</b>	30-05-2013	1760 $\mu\text{s}/\text{cm}$	145 $\mu\text{s}/\text{cm}$	373 $\mu\text{s}/\text{cm}$
<b>03</b>	30-05-2013	1933 $\mu\text{s}/\text{cm}$	146 $\mu\text{s}/\text{cm}$	342 $\mu\text{s}/\text{cm}$

# **CHAPITRE V**

# **HYDROCHIMIE**



## V-1-Introduction :

L'analyse de la chimie des eaux constitue un complément indispensable à l'étude de station de traitement des eaux salées.

Choix les échantillons des deux stations différents, prend les eaux entrées et les eaux sorties.

Les paramètres physico-chimiques caractéristiques ont été mesurés pour tous les prélèvements et les analyses ont été faites au Laboratoire de chimie des Eaux de l'ANRH d'Adrar (16-22/05/2013).

Les résultats des analyses chimiques de l'eau sont portés dans les tableaux et représentés sur les histogrammes et les diagrammes de piper dans le but de :

1. Déterminer les potabilités des eaux.
2. Déterminer la capacité des stations à traitements.
3. Apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution du chimisme des eaux.

## V-2-Caractéristiques des eaux potables

### V-2-1- Caractéristiques organoleptiques

**V-2-1-1-Potentille hydrogène pH :** Il dépend de l'équilibre calcocarbonique dans la plupart des eaux naturelles. Le pH de la plupart des eaux brutes se situe entre 6.5 et 8.5. Au dessous de ce seuil, l'eau est dite agressive. Elle a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb. Le pH influe sur les différents procédés de traitement physicochimique.

$$PH = 10 - \log [H_3O^+]$$

**V-2-1-2-Température :** L'eau est plus agréable à boire fraîche que tiède. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9 à 12°C. Les eaux souterraines notre cas gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres. La température agit également sur les traitements physicochimiques des eaux.

**V-2-1-3-Conductivité :** Toute eau est plus ou moins conductible. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous et aussi avec la température. La conductivité donne une idée précise sur la minéralisation de l'eau.

**V-2-1-4-Dureté (TH) :** La dureté de l'eau ou l'hydrométrie est une mesure globale de la concentration en sels (de calcium et de magnésium) dissous dans l'eau. Dans les zones où l'eau est très dure, les canalisations peuvent être obstruées par des dépôts de tartre. Une dureté de 100mg (CaCO<sub>3</sub>)/l représente un bon compromis entre la corrosion et l'entartrage bien que, pour des considérations organoleptique, la valeur indicative recommandée soit fixée à 500 mg/l de (CaCO<sub>3</sub>) ou soit entre 32 et 54 F°

**Tableau 15 : Qualité d'eau en fonction de sa dureté**

Dureté (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	dure	Très dure

**V-2-1-5-Titre alcalimétrique (TA) :**

Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$TA = [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

**V-2-1-6-Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$TAC = [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

**V-2-1-7-Sels minéraux nécessaires :**

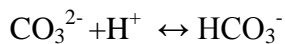
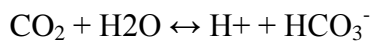
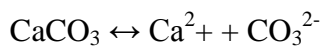
La nature et la composition de l'eau sont en relation avec sa structure naturelle. Au contact prolongé du sol, les eaux se chargent de plusieurs substances que l'on trouve communément dans l'eau, il s'agit essentiellement de sels minéraux comme le calcium (Ca<sup>+2</sup>), le magnésium (Mg<sup>+2</sup>), le potassium (K<sup>+</sup>), le sodium (Na<sup>+</sup>), le chlore (Cl<sup>-</sup>), les sulfate (So<sub>4</sub><sup>-2</sup>), bicarbonate (HCO<sup>3-</sup>), les carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>).

**1-Calcium Ca<sup>2+</sup> :** Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/j. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à

300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la corrosion (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques qui les protèges contre la corrosion.

**2-Magnésium  $Mg^{2+}$**  : Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes résultats des insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

**3-Bicarbonates  $HCO_3^-$**  : Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de  $CO_2$  comme le montre les équilibres chimiques suivants :



Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température du milieu aqueux.

**4-Chlorures  $Cl^-$**  : Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium ( $CaCl_2$ ). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l). A des concentrations élevées, ils peuvent provoquer des maladies rénales ou cardiovasculaires ou nuire le goût de l'eau en lui donnant une saveur salée.

**5-Sodium  $Na^+$**  : Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

Les eaux souterraines en contiennent parfois beaucoup, ce qui dans certains cas peut accroître leur salinité.

**6-Sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$**  : La teneur en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau est de l'ordre de 400mg/l

**7-Potassium  $\text{K}^+$**  : La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10à15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

**8-Oxygène dissous** : L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui met en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés. Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation.

#### **V-2-1-8- Eléments Indésirables**

**1-Nitrates  $\text{NO}_3^-$**  : Un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50mg/l de nitrates.

**2- Nitrites  $\text{NO}_2^-$**  : Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons. Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1mg/l en azote nitreux.

#### **V-3-Potabilité chimique des eaux :**

Nous examinerons dans cette partie la qualité chimique des eaux, en le comparant aux Normes Algériennes de potabilité.

Tableau-16 : Norme eau potable algérienne:

PARAMETRE	VALEUR	UNITE
<b>Paramètre physico-chimiques</b>		
<b>T</b>	25	°C
<b>PH</b>	6,5 - 8,5	-
<b>Conductivité</b>	2800	µS/cm
<b>Résidu sec (110 °C)</b>	2000	mg/l
<b>Calcium</b>	75 - 200	mg/l
<b>Magnésium</b>	150	mg/l
<b>Sodium</b>	200	mg/l
<b>Potassium</b>	20	mg/l
<b>Chlorure</b>	200 - 500	mg/l
<b>Sulfates</b>	200 - 400	mg/l
<b>Substance indésirable</b>		
<b>Nitrates</b>	50	mg/l
<b>Nitrites</b>	0.1	mg/l
<b>Ammonium</b>	0.05 - 0.5	mg/l
<b>Phosphates</b>	0.5	mg/l

Des échantillons d'eau du CI ont été prélevés d'un collecteur d'eau avant et après traitement au niveau de la station n 2 afin de déterminer l'efficacité de cette opération.

Les deux tableaux ci-dessous montrent le résultat des ces analyses.

Tableau -17 :Analyse des eaux avant traitement au niveau du station n 2 :

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE	RESULTATS	NORME
<b>Paramètres physico-chimiques</b>		
PH	7,50	6,5 -8,5
Conductivité $\mu\text{s/cm}$	3340	2800
Résidu sec à 110°C mg/l	1996,00	2000
Température °C	–	25°C
<b>Parametre de pollution</b>		
Ammonium $\text{NH}_4^+$	0,00	<b>0.05 - 0.5</b>
Nitrite $\text{NO}_2^-$	0,00	0,1
Nitrate $\text{NO}_3^-$	25,00	50
O.phosphate $\text{PO}_4^-$	0,00	0.5
<b>Miniralisation globale</b>		
Calcium $\text{Ca}^{+2}$ mg/l	118	75 - 200
Magnes. $\text{Mg}^{+2}$ mg/l	47	150
Sodium $\text{Na}^+$ mg/l	427	200
Potassium $\text{K}^+$ mg/l	33	20
Clorure $\text{Cl}^-$ mg/l	600	200 -500
Sulfate $\text{So}_4^{-2}$	525	200 - 400
Bicarbonate $\text{HCO}_3^-$ mg/l	137	–
Carbonate $\text{CO}_3^{+2}$ mg/l	0	–
Silice $\text{Sio}_2$ mg/l	7,50	–
TH °F	48	–
TAC °F	11	–
TA °F	0	–
Minéralisation mg/l	2073	–
Somme des ions mg/l	1912	–

Apartir de ce tableau nous remarquons que :

Les éléments qui dépassent les normes sont : la conductivité, magnésium, sodium, chlorure et sulfate.

Les eaux brute de station n : 2 : sont des eaux mauvaise qualité chimique .

Tableau -18 : Analyse après traitement station n :2 :

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE	RESULTATS	NORME
<b>Paramètres physico-chimiques</b>		
PH	6,68	6,5 -8,5
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	770	2800
Résidu sec à 110°C mg/l	508,00	2000
Température °C	–	25°C
<b>Parametre de polution</b>		
Ammonium $\text{NH}_4^+$	0,00	0.05 - 0.5
Nitrite $\text{NO}_2^-$	0,00	0,1
Nitrate $\text{NO}_3^-$	2,00	50
O.phosphate $\text{PO}_4^-$	0,00	0.5
<b>Miniralisation globale</b>		
Calcium $\text{Ca}^{+2}$ mg/l	42	75 - 200
Magnes. $\text{Mg}^{+2}$ mg/l	32	150
Sodium $\text{Na}^+$ mg/l	105	200
Potassium $\text{K}^+$ mg/l	5	20
Clorure $\text{Cl}^-$ mg/l	210	200 -500
Sulfate $\text{So}_4^{-2}$	120	200 - 400
Bicarbonate $\text{HCO}_3^-$ mg/l	24	–
Carbonate $\text{CO}_3^{+2}$ mg/l	0	–
Silice $\text{Sio}_2$ mg/l	1,25	–
TH °F	23	–
TAC °F	2	–
TA °F	0	–
Minéralisation mg/l	480	–
Somme des ions mg/l	540	–

Apartir de ce tableau nous remarquons que :

Aucun élément dépasse la norme c'est-à-dire les eaux de station n : 2 après traitement sont des eaux de bonne qualité du point de vue phisico-chimique.

Pour avoir une idée sur l'efficacité de traitement des eaux au niveau de la station n 3, une comparaison d'analyse avant et après traitement a été faite.

Les résultats d'analyse sont mentionnées dans les deux tableau suivants

Tableau -19 : Analyse avant traitement station n 3 :

Parametres physico-chimique	Resultats	Norme
<b>Paramètres physico-chimiques</b>		
<b>PH</b>	7,61	6,5 -8,5
<b>Conductivité <math>\mu\text{s/cm}</math></b>	3290	2800
<b>Résidu sec à 110°C mg/l</b>	2136,00	2000
<b>Température °C</b>	–	25
<b>Parametre de pollution</b>		
<b>Ammonium <math>\text{NH}_4^+</math></b>	0,00	0.05 - 0.5
<b>Nitrite <math>\text{NO}_2^-</math></b>	0,00	0,1
<b>Nitrate <math>\text{NO}_3^-</math></b>	28,00	50
<b>O.phosphate <math>\text{PO}_4^-</math></b>	0,00	0.5
<b>Miniralisation globale</b>		
<b>Calcium <math>\text{Ca}^{+2}</math> mg/l</b>	168	75 - 200
<b>Magnes. <math>\text{Mg}^{+2}</math> mg/l</b>	113	150
<b>Sodium <math>\text{Na}^+</math> mg/l</b>	412	200
<b>Potassium <math>\text{K}^+</math> mg/l</b>	33	20
<b>Clorure <math>\text{Cl}^-</math> mg/l</b>	620	200 -500
<b>Sulfate <math>\text{So}_4^{-2}</math></b>	675	200 - 400
<b>Bicarbonate <math>\text{HCO}_3^-</math> mg/l</b>	137	–
<b>Carbonate <math>\text{CO}_3^{+2}</math> mg/l</b>	0	–
<b>Silice <math>\text{Sio}_2</math> mg/l</b>	9,00	–
<b>TH °F</b>	87	–
<b>TAC °F</b>	11	–
<b>TA °F</b>	0	–
<b>Minéralisation mg/l</b>	2041	–
<b>Somme des ions mg/l</b>	2187	–

Apartir de ce tableau nous remarquons que :

Les éléments qui dépassent les normes sont : la conductivité, magnésium, sodium,clorure et sulfate.

Les eaux brute de station n : 3 :sont des eaux de mauvaise qualité.



Tableau -20 : Analyse après traitement du station n : 3 :

Parametres physico-chimique	Resultats	Norme
<b>Paramètres physico-chimiques</b>		
<b>PH</b>	7,18	6,5 -8,5
<b>Conductivité <math>\mu\text{s}/\text{cm}</math></b>	1030	2800
<b>Résidu sec à 110°C mg/l</b>	680,00	2000
<b>Température °C</b>	–	25°C
<b>Parametre de pollution</b>		
<b>Ammonium <math>\text{NH}_4^+</math></b>	0,00	0.05 - 0.5
<b>Nitrite <math>\text{NO}_2^-</math></b>	0,00	0,1
<b>Nitrate <math>\text{NO}_3^-</math></b>	12,00	50
<b>O.phosphate <math>\text{PO}_4^-</math></b>	0,00	0.5
<b>Miniralisation globale</b>		
<b>Calcium <math>\text{Ca}^{+2}</math> mg/l</b>	55	75 - 200
<b>Magnes. <math>\text{Mg}^{+2}</math> mg/l</b>	34	150
<b>Sodium <math>\text{Na}^+</math> mg/l</b>	140	200
<b>Potassium <math>\text{K}^+</math> mg/l</b>	8	20
<b>Clorure <math>\text{Cl}^-</math> mg/l</b>	300	200 -500
<b>Sulfate <math>\text{So}_4^{-2}</math></b>	150	200 - 400
<b>Bicarbonate <math>\text{HCO}_3^-</math> mg/l</b>	34	
<b>Carbonate <math>\text{CO}_3^{+2}</math> mg/l</b>	0	
<b>Silice <math>\text{Sio}_2</math> mg/l</b>	2,00	
<b>TH °F</b>	27	
<b>TAC °F</b>	3	
<b>TA °F</b>	0	
<b>Minéralisation mg/l</b>	637	
<b>Somme des ions mg/l</b>	733	

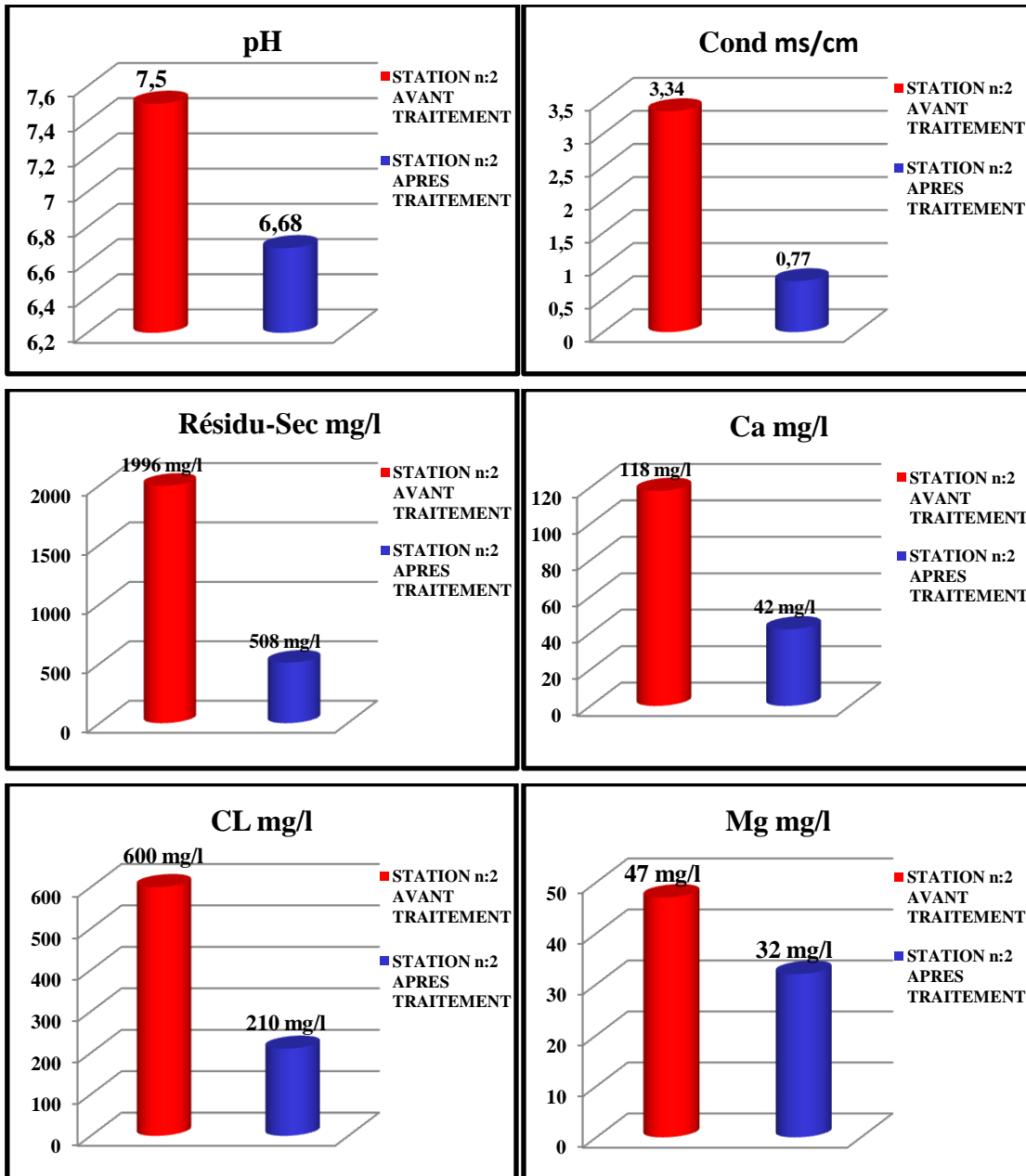
Apartir de ce tableau nous remarquons que :

Aucun élément dépasse la norme c'est-à-dire les eaux de station n : 3 après traitement sont des eaux de bonne qualité.

**V-4-Comparison les résultats avant traitement et après traitement :**

**V-4-1- Station n :2:**

Les histogrammes ci-dessous montre une comparaison entre les résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques avant et après traitement.



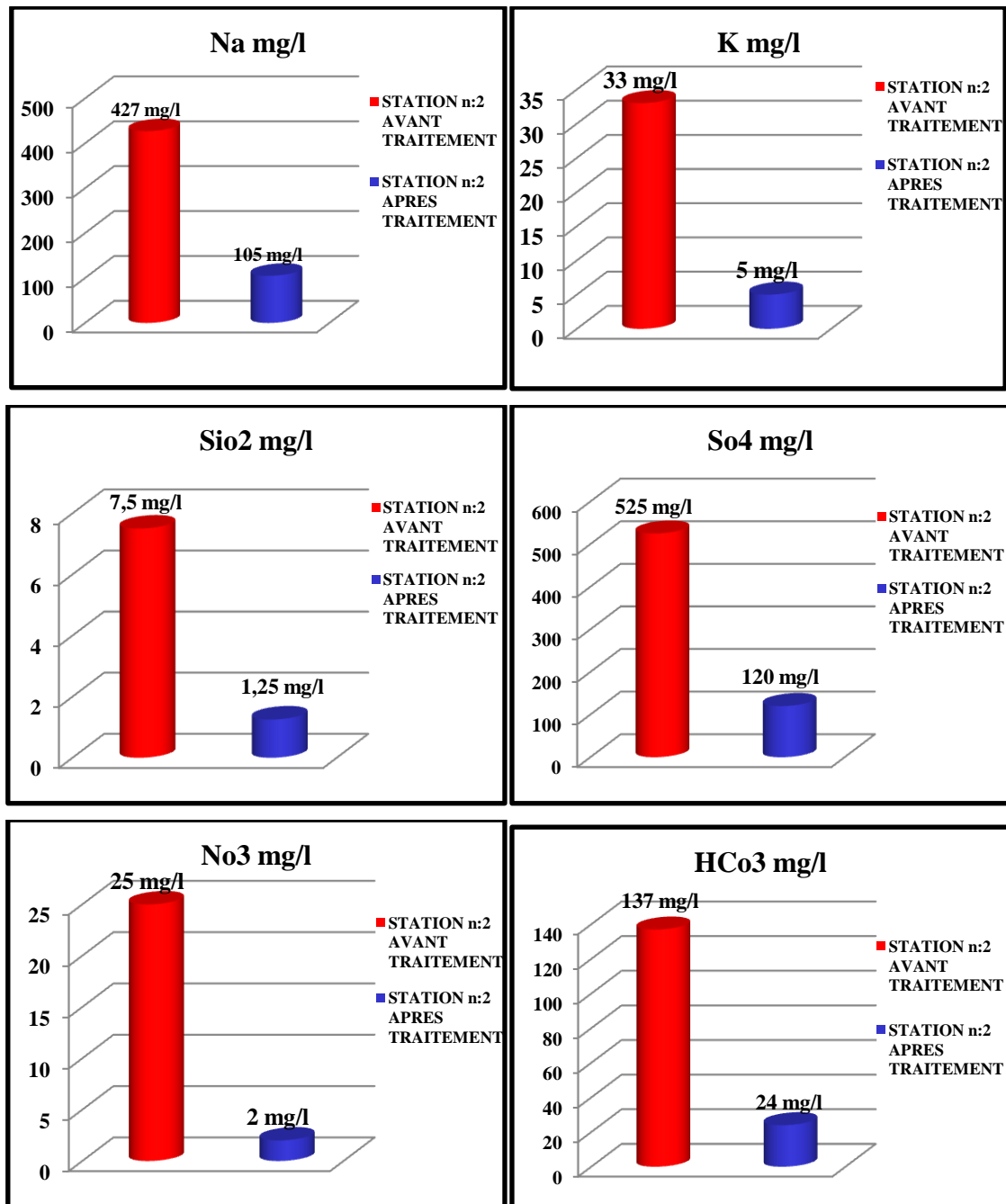


Fig.19 :comparaison les differant paramètres physico-chimiques entre avant et après traitement (Station n :2)

**pH** : on enregistre la valeur avant traitement égale 7,5 ,après traitement égale 6,68 ,en comparaison avec la norme algérienne (6,5-8,5), on remarque que l'eau est potable avec ce paramètre.

**Conductivité** : On enregistre la valeur avant traitement égale 4,34ms/cm ,après traitement égale 0,77 ms/cm ,en comparaison avec la norme algérienne (2,8 ms/cm) en remarque l'eau avant traitement non potable ,et l'eau traité est potable avec cet paramètre.

**Residu sec** : On enregistre la valeur avant traitement égale 1996ms/cm ,après traitement égale 506 ms/cm ,en comparaison avec la norme algérienne (2000 mg/l) on remarque que l'eau avant traitement et l'eau traitée sont potables avec ce paramètre.

**Ca** : la valeur avant traitement égale 118mg/l,après traitement égale 42mg/l , la comparaison avec la norme d'Alger (200 mg/l) montre que l'eau avant traitement ,et l'eau traitée sont potables avec cet paramètre.

**Na**: la valeur avant traitement égale 427 mg/L,après traitement égale 105 mg/l, la comparaison avec la norme algérienne (200 mg/l) montre que l'eau avant traitement non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Mg**: la valeur avant traitement égale 47 mg/L,après traitement égale 32 mg/l,la comparaison avec la norme algérienne (150 mg/l) montre que l'eau avant traitement, et l'eau traitée sont des eaux potables avec ce paramètre.

**K**: la valeur avant traitement égale 33 mg/l ,après traitement égale 5 mg/l, la comparaison avec la norme algérienne (20 mg/l) montre que l'eau avant traitement non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Cl**: la valeur avant traitement égale 600 mg/l,après traitement égale 210 mg/l, la comparaison avec la norme algérienne (200-500 mg/l) montre que l'eau avant traitement non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

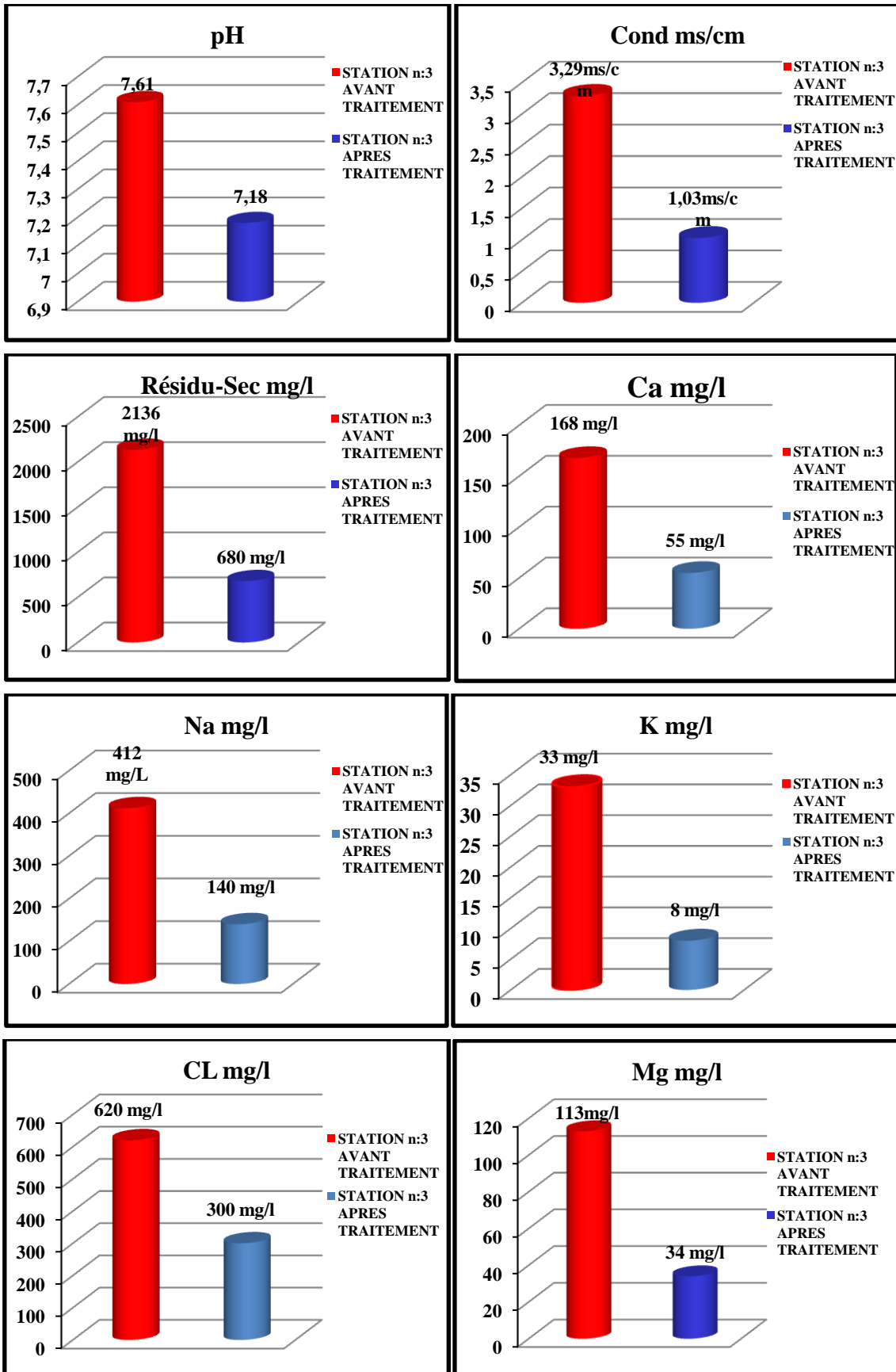
**So4**: la valeur avant traitement égale 525 mg/l,après traitement égale 120 mg/l,la comparaison avec la norme algérienne (200-400 mg/l) montre que l'eau avant traitement non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**No3** : la valeur avant traitement égale 25 mg/l,après traitement égale 2 mg/l, la comparaison avec la norme algérienne (50 mg/l) montre que l'eau avant traitement et l'eau traitée sont des eaux potables avec ce paramètre.

**HCo3**: la valeur avant traitement égale 137 mg/l ,après traitement égale 24 mg/l,et la comparaison avec la norme algérienne (183 mg/l) montre que l'eau avant traitement non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Sio2**: la valeur avant traitement égale 7,5mg/l: ,après traitement égale 1,25 mg/l,en remarque l'eau avant traitement non potable ,et l'eau traité est potable avec cet paramètre.

V-4-2- Station n :3



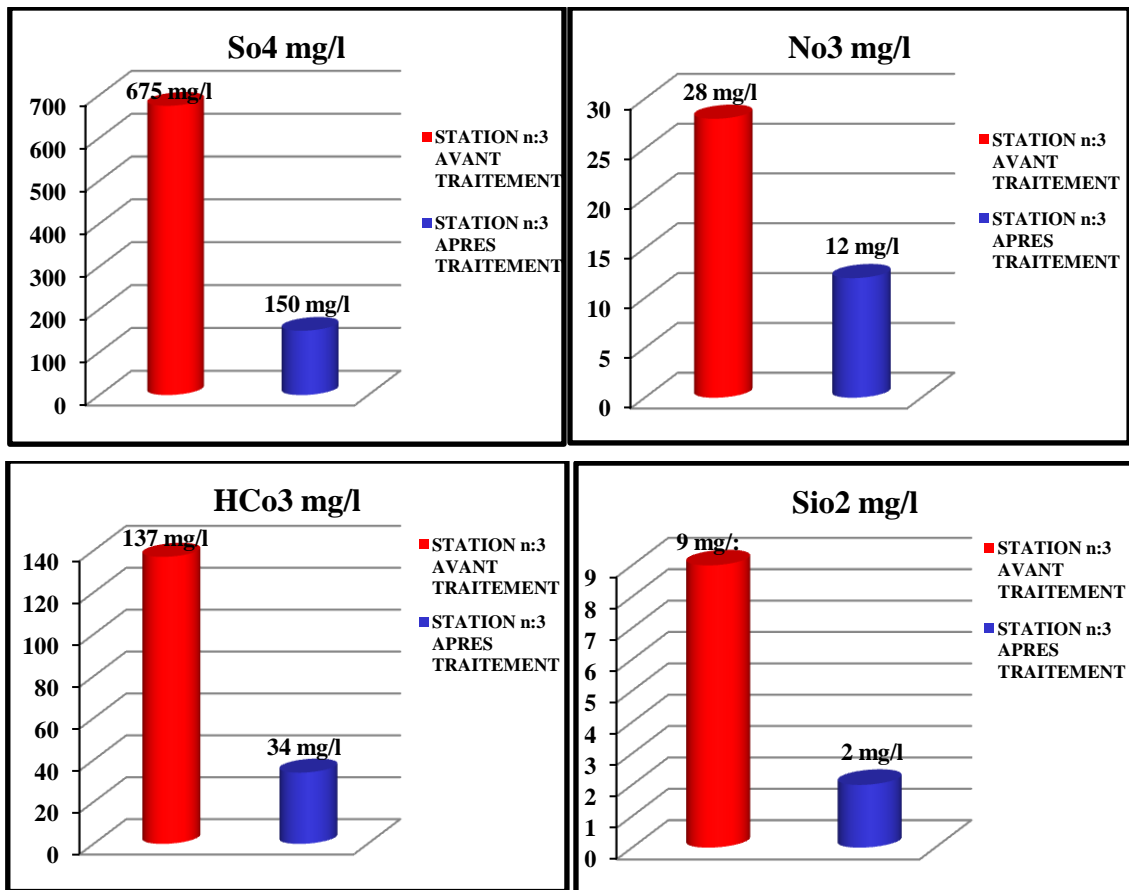


Fig.20 :comparaison entre les differant paramétres physico-chimiques avant et après traitement (Station n :3)

**pH** : la valeur avant traitement égale 7,61 ,après traitement égale 7,18 ,donc l'eau est potable avec ce paramètre.

**Conductivité** la valeur avant traitement égale 3,29ms/cm ,après traitement égale 1,03 ms/cm , en comparaison avec la norme algérienne (2,8 ms/cm) , l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Residu sec** : la valeur avant traitement égale 2136ms/cm ,après traitement égale 680 ms/cm, donc l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Ca** : la valeur avant traitement égale 168mg/l ,après traitement égale 55mg/l ,la comparaison avec la norme algérienne , l'eau avant traitement est non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Na**: la valeur avant traitement égale 412 mg/l,après traitement égale 140 mg/l, la comparaison avec la norme algérienne montre que l'eau avant traitement est non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Mg**: la valeur avant traitement égale 113 mg/l,après traitement égale 34 mg/l, donc l'eau avant traitement est non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**K:** la valeur avant traitement égale 33 mg/l ,après traitement égale 8 mg/l,en comparaison avec la norme algérienne montre que l'eau avant traitement est non potable,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Cl:** la valeur avant traitement égale 620 mg/l,après traitement égale 300 mg/l,la comparaison avec la norme montre que l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**So4:** la valeur avant traitement égale 675 mg/l,après traitement égale 150 mg/l, la comparaison avec la norme montre que l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**No3 :** la valeur avant traitement égale 28 mg/l,après traitement égale 12 mg/l ,cela montre que l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**HCo3:** la valeur avant traitement égale 137 mg/l ,après traitement égale 34 mg/l , la comparaison avec la norme algérienne indique que l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

**Sio2:** la valeur avant traitement égale 9 mg/ : ,après traitement égale 2 mg/l, cela dit que l'eau avant traitement est non potable ,et l'eau traitée est potable avec ce paramètre.

### **V-7-Conclusion :**

Les eaux qui alimentent la population dans la région sont des eaux de mauvaise qualité, et caractérisées par un pH neutre et une conductivité plus élevée et l'augmentation de la concentration de quelques éléments chimiques tels que : (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub>) magnésium, sodium, chlorure et sulfate.

TH=48, TH=87, TH >58 c'est-à-dire les eaux sont, dures et très dures.

Mais après le traitement : les sont de bonnes qualités chimiques et sont assez douces (22 > TH > 32).

***CONCLUSION  
GENERALE***



## **Conclusion générale :**

Au cours de la dernière décennie, les habitants de la cuvette d'In Salah souffrent des problèmes de très salinité des eaux.

L'intérêt de cette contribution est de déterminer l'efficacité de traitement des eaux dans les stations installées à In Salah.

Au cours de cette étude nous avons mis en évidence les points suivants :

Un climat aride avec deux saisons distinctes, l'une froide en Hiver l'autre chaude et sèche en Été avec des précipitations moyennes mensuelles de l'ordre de **14,8 mm**, la température moyenne mensuelle est de 26 °C, L'évapotranspiration potentielle (ETP) est très élevée, elle est de l'ordre de 1588,8 mm/(THORNTHAITE). L'humidité relative est très faible et ne dépasse guère le seuil 50 %. et  $p < ETP$  dans ce cas puisera dans les réserves du sol jusqu'à ce que l'ETR sera à égale, une fois le stock est épuisé ; sera égal à la pluviométrie ( $ETR = P$ ).

Tous les forages de la région d'In Salah est alimenté à la nappe continentale intercalaire.

les forages réalisés dans cette région ont mis en évidence des terrains constitués dans l'ensemble, de grès quartzeux, d'argile, d'argile sableuse, de grès parfois roses de sable, de marnes parfois rouges et de grès sableux.

Selon les prescriptions de l'O.M.S et les normes algériennes, les eaux de la nappe du continental intercalaire sont d'une potabilité faible.

Enfin en a l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux des deux stations ainsi que la comparaison entre les eaux avant et après les différents histogrammes.

## Références bibliographiques

- 1-Bellaoueur Abd El Aziz Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives (Sahara Nord-Est Septentrional - Algérie) mémoire magistère (Univ. Batna).
- 2-G.S (26-05-2003) Manuel d'opération, installation, d'utilisation d'entretien pour station UF+RO (TEG) de traitement d'eau (SFEC Algeria version Française)
- 3- Hadj Fateh Lakhdar Rouas Djemoui (2010-2011) Etude hydrogéologique et hydro chimique de la nappe du Continental Intercalaire de la région de Touat (wilaya d'Adrar).
- 4-Ing.Bahous Nasri, Marzougui Brahim, ANRH DRSO ,2004 rapport de mission d'inventaire In Salah 2004
- 5- Société des études diverses et assistance technique (**SEDAT**) 2008 étude de station déminéralisation d'In Salah -Mission I : Etude préliminaires. Phase 01: collecte des données.
- 6- Société des études diverses et assistance technique (**SEDAT**) 2008 étude de station déminéralisation d'In Salah -Mission I : Etude préliminaires.  
Phase 02: Qualité des eaux brutes.
- 7- Société des études diverses et assistance technique (**SEDAT**) 2008 étude de station déminéralisation d'In Salah -Mission I : Etude préliminaires Mission 03 : étude d'avant projet détaillé de la déminéralisation retenue, LEVEE DE RESERVES.
- 8-Zehri Ilyes Slimani Samir (2011-2012) Optimisation des paramètres de forage dans les Réservoirs cambro- ordoviciens (périmètre Tidikelt la région d'In-Salah).mémoire master professionnelle.

## ***Résumé :***

Le présent travail vient d'étudier l'efficacité de traitement des eaux du continentale intercalaire dans les stations de traitement installées à In Salah.

Pour déterminer l'évaluation de potabilité des eaux de la région, quatre prélèvements d'échantillons d'eau brute et traitée ont fait l'objet d'analyses chimiques avec détermination des teneurs en paramètres physico-chimiques et comparaison de chaque paramètre avec les normes algériennes. Le résultat montre que les eaux traitées sont des eaux bonnes qualités physico-chimiques par contre les eaux brutes sont mauvaises qualités.

Donc les eaux d'In Salah sont pas bonnes à boires il faut les traiter.

**Mots clés :** eaux, traitement, potabilité, paramètres physico-chimiques.

## **Summary:**

The present work is to study the effectiveness of water treatment continental infill treatment plants installed at In Salah.

To determine the assessment of potability of water in the region, four samples of raw and treated water samples were subjected to chemical analysis to determine the levels of physico-chemical parameters and comparison of each parameter with the standards Algerian. The result shows that the treated water is good water quality by physicochemical against raw water is bad qualities.

So the waters of In Salah are not good at feedings should be treated.

**Keywords:** water treatment, potability, physico-chemical parameters.