

**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**

**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Filière : HYDRAULIQUE**

**Spécialité : RESSOURCES HYDRIQUES**

**Thème**

**Évaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation cas (la cuvette de Ouargla)**

**Présenté par :**

**❖ KRIMA Kaouther**

**BENLARBI Dalila**

**MCA**

**UKM Ouargla**

**Président**

**BOUAMRANE Ali**

**MCB**

**UKM Ouargla**

**Examineur**

**MANSOURI Zina**

**MAA**

**UKM Ouargla**

**Encadreur**

***Année Universitaire: 2018/ 2019***

# *Remerciements*

*Ce travail a été mené au sein de l'Université Kasdi Merbah Ouargla, sous l'égide de Mademoiselle MANSOURI Zina, à qui j'adresse ma profonde gratitude et mes sincères remerciements pour les conseils et les encouragements qu'elle n'a cessé de me prodiguer tout au long de mon travail.*

*J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur BOUAMRANE Ali, Docteur à l'université Kasdi Merbah Ouargla, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Mme BEN LARBI Dalila, Enseignante à l'Université Kasdi Merbah Ouargla, qui ma fait l'honneur de présider Le jury de ce mémoire de fin d'étude.*

*Enfin, merci à tous mes collègues et mes amis qui se reconnaîtront ici, je leur exprime également ma profonde sympathie et je leur souhaite beaucoup de réussite.*

# Sommaire

---

Introduction générale .....	01
<b>Partie I: cadre physique de la zone d'étude</b>	
<b>Chapitre I: Présentation de la zone d'étude</b>	
Introduction.....	02
I-1.situation géographique.....	02
I-2.Géomorphologique.....	03
I-2-1.La limite géo-morphologiquement.....	03
I-2-2.Le relief.....	03
I-2-3.Couverture végétale .....	04
I-3.Géologie.....	05
I-4.Hydrogéologie.....	07
Conclusion.....	09
<b>Chapitre II: Etude climatologique</b>	
Introduction.....	10
I - Les paramètres météorologiques de la région.....	10
I-1.Précipitations.....	10
I-2.Température .....	11
I-3.Evaporation .....	11
I- 4.Humidité relative de l'air .....	12
I-5.Vitesse de vent .....	13
I-6.L'insolation .....	14
II. classification climatique .....	15
II-1.La courbe pluvio-thermique .....	15
II-2.Indice d'aridité de DEMARTONNE.....	16
Conclusion .....	17
<b>Partie II: Etude hydrochimie</b>	
<b>Chapitre I:Origine et qualité des données</b>	
Introduction.....	18
I. Origine des données.....	18
II. Les données physico-chimiques.....	19
III. Qualité des données.....	21
IV. Les logiciels utilisés.....	23
IV-1.Le logiciel Surfer.....	23
IV-2. Le logiciel DIAGRAMME.....	24
a- Diagramme de Piper.....	25
b- Diagramme de Wilcox log .....	26

# Sommaire

---

## Partie II: Etude hydrochimie Chapitre II: Hydrochimie

Introduction .....	27
I. Les paramètres physico-chimiques .....	27
I-1..Les paramètres physiques .....	27
I-1-1..Résidu sec (RS) .....	27
I-1-2..La minéralisation .....	28
I-1-3..Conductivité électrique.....	30
I-1-4..Potentiel Hydrogène (PH) .....	29
I-2.Les paramètres chimiques .....	31
I-2-1. Les cations .....	31
A. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	31
B. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	34
C. Sodium ( $\text{Na}^+$ ) .....	35
I-2-2.Les anions .....	37
A. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	37
B. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) .....	38
C. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	39
II. Caractéristiques chimiques des eaux.....	41
II-1.Classification selon les formules chimiques des eaux de la nappe Mio-pliocène... 41	41
II-2. Représentation graphique des faciès chimiques par Diagramme de PIPE.....	42
Conclusion .....	45

## Parti II: Etude hydrochimie Chapitre III : Évaluation de la salinité des eaux

Introduction .....	45
I. Évaluation de la salinité des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla .....	45
I-1.Le degré hydrométrique total (DHT) .....	45
II. Les paramètres des eaux à usage agricole .....	46
II-1.La salinité des eaux .....	46
II-2.Sodium Adsorption Ratio (SAR).....	46
II-3.Pourcentage de sodium (%Na) .....	48
II-4.Représentation de Na par le Diagramme de Wilcox (%Na+) .....	49
II-5.L'indice de perméabilité des éléments chimiques (IP %).....	55
II-6.Le pourcentage d'échange de sodium (ESP%) .....	55
II-7.La pression osmotique ( $\Pi$ ) .....	55
III. Potabilité des eaux .....	58
III-1.Les normes Algériens des eaux d'irrigation .....	58
Conclusion.....	60
Conclusion générale .....	61

# Sommaire

---

## Sommaire

---

<b>Tableau</b>	<b>Numéro</b>	<b>page</b>
Représentation de surface agricole.	01	04
Classes retenues pour la description des faciès géologiques	02	06
Les valeurs moyennes mensuelles de la précipitation (2007-2017) à la région d'Ouargla	03	10
Les valeurs moyennes mensuelles de la température (2007-2017) à la région d'Ouargla	04	11
Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (2007-2017) à la région d'Ouargla	05	12
Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité de l'air (2007-2017) à la région d'Ouargla	06	13
Les valeurs moyennes mensuelles de vitesse de vent (2007-2017) à la région d'Ouargla	07	14
Les valeurs moyennes mensuelles d'insolation (2007-2017) à la région d'Ouargla	08	14
Les valeurs des précipitations et les températures moyennes mensuelles de la région de Ouargla (2007-2017)	09	16
Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE	10	17
Calcule l'indice d'aridité de DEMARTONNE	11	17
Les coordonnées des forages de prélèvements dans les quatre (04) communes	12	18
Les paramètres physiques des quatre (04) communes (Ouargla ; Rouissat ; Ain el baida ; Hassi benabdallh)	13	20
Les paramètres chimiques des quatre (04) communes (Ouargla ; Rouissat ; Ain el baida ; Hassi benabdallh)	14	21
Le contrôle de la qualité des données	15	23
Les valeurs du résidu sec (RS).	16	25
Les valeurs de la minéralisation.	17	27
Les valeurs de conductivité électrique (CE).	18	28
Les valeurs potentiel hydrogène (pH)	19	29
Les valeurs de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	20	31
Les valeurs de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).	21	32
Les valeurs de sodium ( $\text{Na}^+$ )	22	34
Les valeurs bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).	23	35
Les valeurs chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	24	36
Les valeurs sulfates ( $\text{So}_4^{2-}$ ).	25	38
Formule et faciès chimique des eaux de la nappe Mio-pliocène	26	39
Classification des eaux en fonction la dureté totale.	27	45
Les valeurs de degré hydrométrique total (DHT).	28	45
Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.	29	47

## Sommaire

---

Les valeurs de Sodium Adsorption Ratio (SAR)	30	47
Classification des eaux selon le pourcentage de sodium (%Na).	31	48
Les valeurs de pourcentage de sodium (%Na).	32	48
Les cinq classes des eaux d'après Wilcox	33	49
Classification les forages de la commune de Ouargla	34	50
Classification les forages de la commune de Ain el baida.	35	51
Classification les forages de la commune de Hassi ben abdallah	36	53
Classification les forages de la commune de Rouissat.	37	54
Les paramètres des eaux à usage agricole	38	56
Classification la potabilité des eaux d'après la norme algérienne.	39	59

## Sommaire

<b>Figure</b>	<b>Numéro</b>	<b>page</b>
Carte de la situation géographique de la willaya de Ouargla	01	02
Coupe schématique de la formation superficielle de la cuvette de Ouargla	02	04
Représentation graphique des surfaces agricoles (2017/2018).	03	04
Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'Ouargla	04	07
Source : E.R.E.S.S		
Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)	05	09
La variation moyenne mensuelle interannuelle de la précipitation (2007-2017)	06	10
Variation moyenne mensuelle interannuelle de la température (2007-2017)	07	11
Variation moyenne mensuelle interannuelle de l'évaporation (2007-2017)	08	12
Variation moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité de l'air (2007-2017)	09	13
Variation moyenne mensuelle interannuelle de vitesse de vent (2007-2017)	10	14
Variation moyenne mensuelle interannuelle d'insolation (2007-2017)	11	15
Courbe Ombro-thermique de Ouargla dans la période (2007-2017)	12	16
La carte de la répartition des points prélèvement dans les quatre (04) communes.	13	19
Le logiciel Surfer	14	24
Diagramme de PIPER	15	25
Diagramme de wilcox log	16	26
Carte iso- teneur de résidu sec des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla	17	27
Carte iso- teneur de minéralisation des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla	18	28
Carte iso-valeur de conductivité électrique des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla	19	29
Carte iso-valeur de potentiel Hydrogène des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla	20	31
Carte iso- teneur de Calcium ( $Ca^{2+}$ )	21	32
Carte iso- teneur de magnésium ( $Mg^{2+}$ )	22	34
Carte iso- teneur de Sodium ( $Na^{+}$ )	23	35
Carte iso- teneur de bicarbonate ( $HCO_3^{-}$ )	24	36
Carte iso- teneur de chlorure ( $Cl^{-}$ )	25	38
Carte iso- teneur de Sulfate ( $So_4^{2-}$ )	26	39
Représentation graphique des eaux souterrains de la commune de Ouargla par le diagramme de Piper.	27	41
Représentation graphique des eaux souterrains de la commune de	28	42



## Sommaire

---

Ain el baida par Le diagramme de Piper

Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Hassi benabdallah par le diagramme de Piper.	29	42
Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Rouissat par le diagramme de Piper.	30	43
Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Ouargla par le diagramme de Wilcox	31	50
Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Ain el baida par le diagramme de Wilcox	32	51
Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Hassi benabdallah par le diagramme de Wilcox	33	52
Représentation graphique des eaux souterraines de la commune Roussat par le diagramme de Wilcox	34	54
La variation des paramètres de salinité (Na%, ESP, P.osmos) des eaux de forages de commune de Ouargla	35	57
La variation des paramètres de salinité (Na%, ESP, P.osmos) des eaux de forages de commune de Ain el baida	36	57
La variation des paramètres de salinité (Na%, ESP, P.osmos) des eaux de forages de commune de Hassi benabdallah	37	58
La variation des paramètres de salinité (Na%, ESP, P.osmos) des eaux de forages de commune de Rouissat	38	58

*Introduction  
Général*

# Introduction

---

## Introduction

Les sols sont une ressource limitée, ce qui signifie que leur perte et leur dégradation ne sont pas récupérables au cours d'une vie humaine (FAO, 2015). Ils sont soumis à une dégradation, de type physique et chimique, naturel et anthropique, notamment le déficit et l'excès d'eau, la compaction, la diminution de la fertilité et la salinisation (DADDI BOUHOUN, 2010).

Les estimations mondiales actuelles révèlent une superficie de milliard ha affectée à divers degrés de salinisation du sol (SHABBIR et al. 2013). Dans les régions arides et semi-arides du monde, la salinisation des sols est l'un des problèmes environnementaux les plus importants à cause de ses effets néfastes sur la productivité agricole et le développement durable (GORJI et al. 2015).

La salinité des eaux souterraines constitue l'un des grands problèmes dans la cuvette de Ouargla, vu son effet sur la détérioration de la qualité des eaux et l'abaissement des rendements agricoles. Elle est souvent liée à la nature des formations géologiques, aux faibles précipitations météoriques et à l'effet de l'évaporation.

L'objectif de notre étude a pour but d'évaluer les paramètres de salinité tel que : (Les éléments chimiques, le sodium d'adsorption (SAR), minéralisation, résidu sec, conductivité électrique ...). Et faire une comparaison avec les normes Algérien.

Cette étude comporte deux parties :

Première partie : Cadre physique de la zone d'étude :

- Chapitre I : Présentation de la zone d'étude ;
- Chapitre II : Etude climatologique.

Deuxième partie : Etude hydrochimie :

- Chapitre I : Origine et qualité des données ;
- Chapitre II : Hydrochimie ;
- Chapitre III : Évaluation de la salinité des eaux.

*Partí I : Cadre physique de la zone  
d'étude*

*Chapítre I : Présentation de la zone  
d'étude*

## Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous nous proposons de présenter les principales données que nous avons recueillies et qui concernent le cadre physique de notre région d'étude.

### I-1.Situation géographique :

La wilaya d'Ouargla représente un large territoire de 163 230 km<sup>2</sup>. Elle se positionne idéalement au centre de la région, Elle est située dans la partie sud-est d'Alger à 850 km de la capitale Algérie. Elle est limitée :

- Au Nord, par Touggourt, El Hadjira ;
- Au Sud, par Tamanrasset ;
- A l'Est, par Hassi Messoud, El bourma ;
- A l'Ouest, par Ghardaïa.



**Figure 01:** Carte de la situation géographique de la wilaya de Ouargla.

## **I-2.Géomorphologique :**

### **I-2-1.La limite géo-morphologiquement :**

La ville d'Ouargla, Chef lieu de la wilaya d'Ouargla, est située au fond d'une cuvette très large de la vallée d'Oued M'ya. Ses coordonnées géographiques d'après (ROUVILLOIS – BRIGOL, 1975) sont :

- Altitude : 164 m ;
- Latitude : 29° 13' à 33° 42' N. ;
- Longitude : 3° 06' à 5° 20' E.

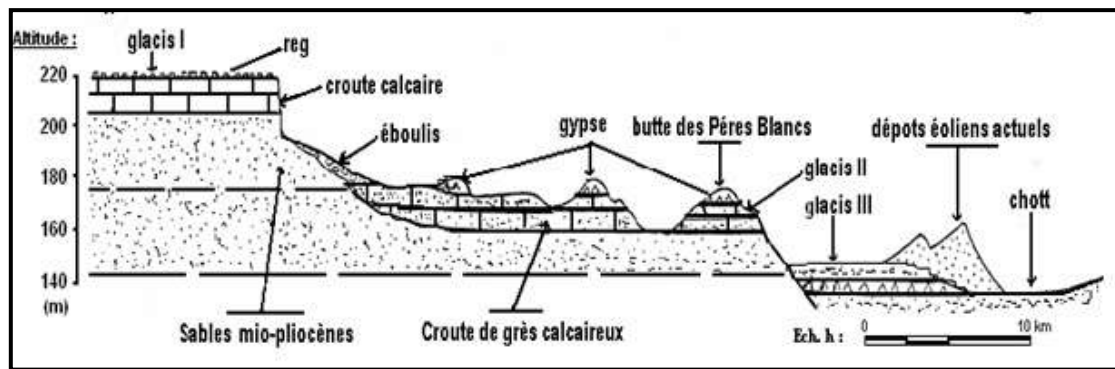
Elle est limitée géo-morphologiquement (ROUVILLOIS – BRIGOL, 1975) :

- Au sud par les ruines de Sedrata ;
- Au nord par Hassi El Khefif ;
- A l'ouest par le plateau du M'Zab;
- A l'est par les Ergs El Touil, Bou Khezana et Arifidji.

### **I-2-2.Le relief :**

Le relief d'Ouargla est caractérisé par une structure géomorphologique, tout en étant une forme correspondant à la basse vallée d'Oued M'ya qui se distingue par les structures suivantes :

- Plateau de la Hamada pliocène : à l'ouest d'Ouargla, s'abaisse légèrement d'ouest en est. Il est à 220 m au-dessus de la vallée. À l'est, il est fortement érodé, laissant dans le paysage une série de buttes témoins ou Goure.
- Les glacis : ces glacis se trouvent sur le versant Ouest de la cuvette, et sur une altitude comprise entre 140m et 200m. La visibilité de cette classe morphologique est située sur une altitude comprise entre 160m à 180m, avec apparition des affleurements composés de sables et de graviers. et à l'Est de la cuvette existe un vaste glacis alluvial de constitution sable grossier.
- Chott et la sebkha : constituent le niveau le plus bas. Le chott qui correspond à la bordure de la sebkha est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et de sols gypseux à croûte gypseuse de surface et de subsurface. Le bas-fond se caractérise par la présence d'une nappe phréatique permanente, qui affleure en surface au centre de la sebkha.
- Dunes : formations éoliennes récentes en petit cordons, d'environ 150 m d'altitude, occupent l'Est et le Nord-est de Ouargla et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'oued Mya.



**Figure 02:** Coupe schématique de la formation superficielle de la cuvette de Ouargla [8].

### I-2-3. Couverture végétale :

La végétation naturelle est plutôt due au fait de la nature des sols et leur structure ainsi que le climat. Elle est plus ou moins présente suivant les régions.

Selon le service des statistiques de (La Direction Des Services Agricoles) de Ouargla ; l'évolution des surfaces agronomiques est comme suite dans l'année (2017/2018):

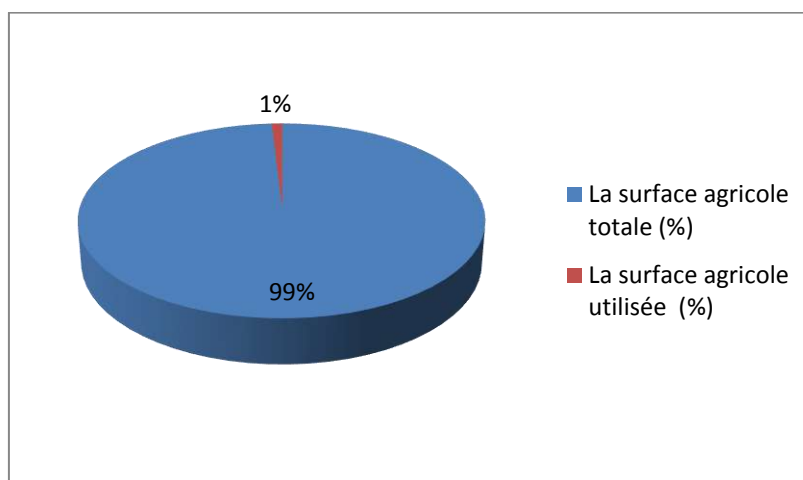
La surface agricole totale (SAT) est de l'ordre 5 691 992.00 ha, alors que :

La surface agricole utilisée est de 54 238.44 ha.

**Tableau 01:** Représentation de surface agricole.

Type de surface	Total 2017/2018
La surface agricole totale (Ha)	5691992
La surface agricole utilisée (Ha)	54238.44

Source : (DSA)



**Figure 03:** Représentation graphique des surfaces agricoles (2017/2018).

### **I-3.Géologie :**

#### **- Les coupes stratigraphiques du bas Sahara**

D'après l'étude stratigraphique de la région de Ouargla ; L'analyse des données des forages a permis de répertorier une vingtaine d'étages stratigraphiques traversés. Certains ont été regroupés pour permettre une corrélation plus aisée des formations géologiques dans le bassin.

C'est ainsi que les formations du Crétacé inférieur datées du Berriasien à l'Albien ont été regroupées sous le terme « Continental intercalaire ». Terme « Continental terminal » désigne les formations sénonien au Miocène.

Les séries datées ont été regroupées sous le nom de paléozoïque.

Les données brutes des coupes de forages ont été réorganisées selon cette échelle qui se présente de haut en bas comme suit : Quaternaire, Continental terminal, Turonien, Cénomaniens, Continental intercalaire, Jurassique, Trias, et paléozoïque.

#### **- Les classes lithologiques et les faciès :**

Les données lithologiques ont-elles aussi été soumises à un traitement qui a consisté à simplifier les descriptions des faciès géologiques [17].

Les descriptions détaillées de faciès sur les logs de forages ont été regroupées en huit classes répertoriées sur le tableau ci-dessous :



**Tableau 2:** Classes retenues pour la description des faciès géologiques.

Classes	Faciès géologiques	Classes	Faciès géologiques
1.Sables	Sables fins	5.Argiles sableuses	Argiles gréseuses
	Sables moyens		Argiles et sables
	Sables grossiers		Argiles, sables et calcaires
	Grés et conglomérats		Marnes gréseuses
	Sables et graviers	6.Alluvions	Limons, sables, galets
	Sables et conglomérats		Poudingues
	Sables et galets		Galets et argiles
2.Argiles	Schistes argilo-sableux	7.Calcaires	Dolomie
	Schistes		Croute calcaire
	Argiles marneuses		Calcaire compact
3.Marnes	Marne		Calcaire fissuré
	Marno-calcaire		Calcaire dolomitiques
	Marne argileuse		8.Anhydrites
4.Sables argileux	Sable et argile		
	Sable et limoneux	Argiles gypseuses	
	Sable marneux	Calcaires gypseux	
	Grés argileux	Argile anhydritique et gypseuse	
	Calcaires, sables et argiles	Marnes et gypses	

Source : E.R.E.S.S [17].

A ces huit classes, nous avons ajouté une neuvième catégorie : les « quartzites », dans la quelles nous avons rangé toutes les formations du Paléozoïque qui n'avaient pas fait l'objet d'une description.

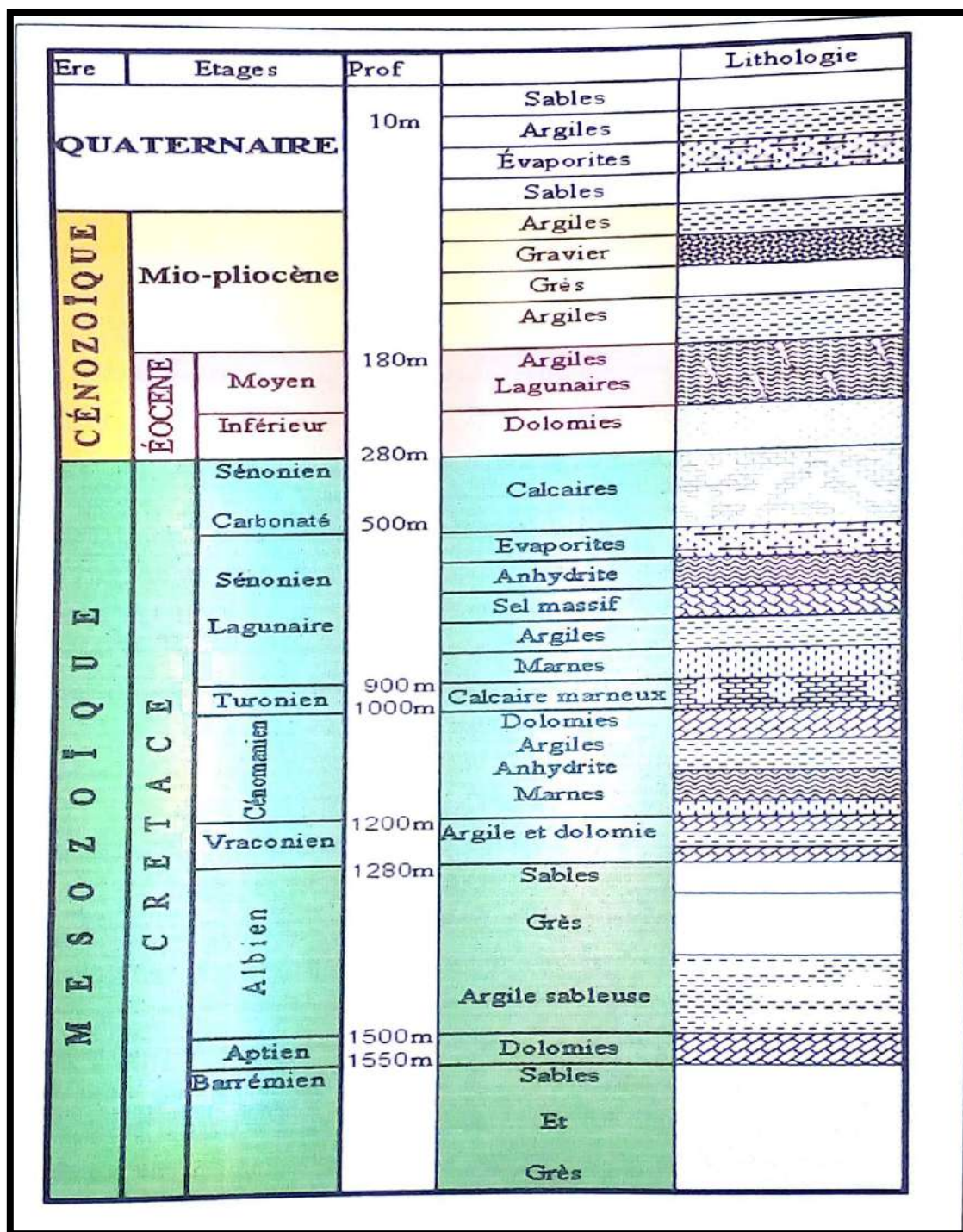


Figure 04: Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'Ouargla Source : E.R.E.S.S [17].

#### I-4.Hydrogéologie :

Au Sahara septentrional, le bassin sédimentaire constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 780 000 Km<sup>2</sup>, avec un maximum d'épaisseur de 4000 à 5000 m, où les potentialités du Sahara algérien en termes de ressource en eau, sont évaluées à 500.000 Km<sup>2</sup> (CASTANY, 1982) ; On distingue trois types de systèmes aquifères:

- Nappe du Continental Intercalaire (Albien) :

Le dernier niveau aquifère est celui des argiles sableuses et des grès du Continental Intercalaire. Le toit en est formé par les marnes et argiles gypsifères du Cénomaniens dont la base elle est située entre 1000 et 1500 m ; La wilaya de Ouargla recèle d'importantes potentialités en eau souterraines estimées à 2381,5 Hm<sup>3</sup>/an.

- Nappe du Complexe Terminal :

Le Complexe Terminal couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350000 Km<sup>2</sup>. Sa profondeur varie de 100 à 400 m ; il alimente l'essentiel des palmeraies du Bas- Sahara (Ziban, Oued Rhir, Souf et Ouargla) (Hamdi-Aïssa, 2001).

Elle est composée de deux nappes :

• Nappe du Mio-pliocène :

Elle s'écoule du Sud Sud-ouest vers le Nord Nord-est, en direction du chott Mèlghir. La salinité de cette nappe varie de 1,8 à 4,6 g/l.

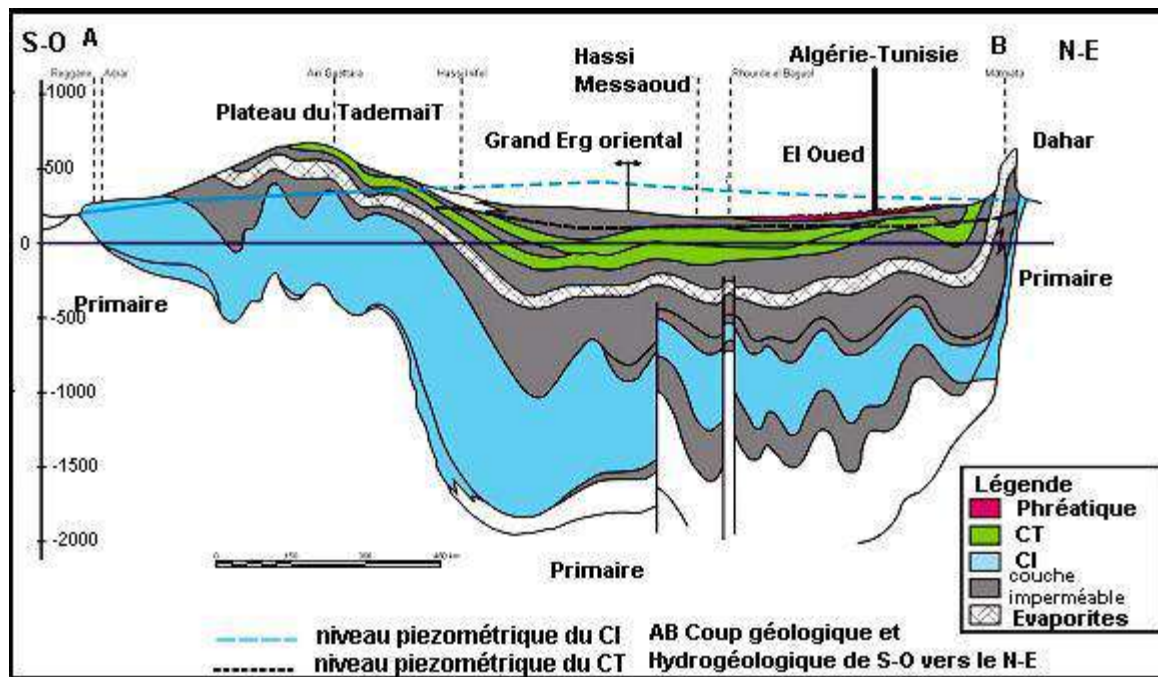
Dans la région d'Ouargla, les deux tiers des ressources hydrauliques disponibles sont fournis par la nappe artésienne du Mio-Pliocène entre 35 et 65 m de profondeur (Hamdi-Aïssa, 2001).

• Nappe du Sénonien :

Elle est peu exploitée vu son faible débit, sa profondeur d'exploitation varie entre 140 à 200 m (Rouvillois-brigol, 1975).

- Nappe phréatique :

A une profondeur variant de 1 à 8 m selon les lieux et la saison. Elle s'écoule du Sud vers le Nord suivant la pente de la vallée. Son alimentation est complexe et varie selon les points de la vallée. La plus important, vient des excédents d'irrigation et des eaux de lessivage des palmeraies de Ouargla et de Ngoussa.



**Figure 05:** Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).

### Conclusion :

Notre zone d'étude appartient au Sahara Nord –Est septentrional algérien, géologiquement, elle est formée de deux unités structurales ; le socle précambrien composé de roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire.

Le relief d'Ouargla est caractérisé par une structure géomorphologique : plateau de la hamada pliocène; les glacis; chott et la sebka ; dunes.

Dans cette partie du Sahara algérien, ce trouve trois formations hydrogéologiques de bas en haut (nappe du Continental Intercalaire; nappe du Complexe Terminal; nappe phréatique).

*Partí I : Cadre physique de la zone  
d'étude*

*Chapítre II : Etude climatologique*

## Introduction :

Le climat du Sud d'Algérie est de type désertique ; ce climat est caractérisé par de rareté précipitation avec une augmentation de température avec une forte évaporation.

Pour confirmer ce résultat on étudie les paramètres météorologique de notre région à l'aide de données recueillies de ONM de Ouargla sur une période de 10 ans (2007-2017).

## I - Les paramètres météorologiques de la région :

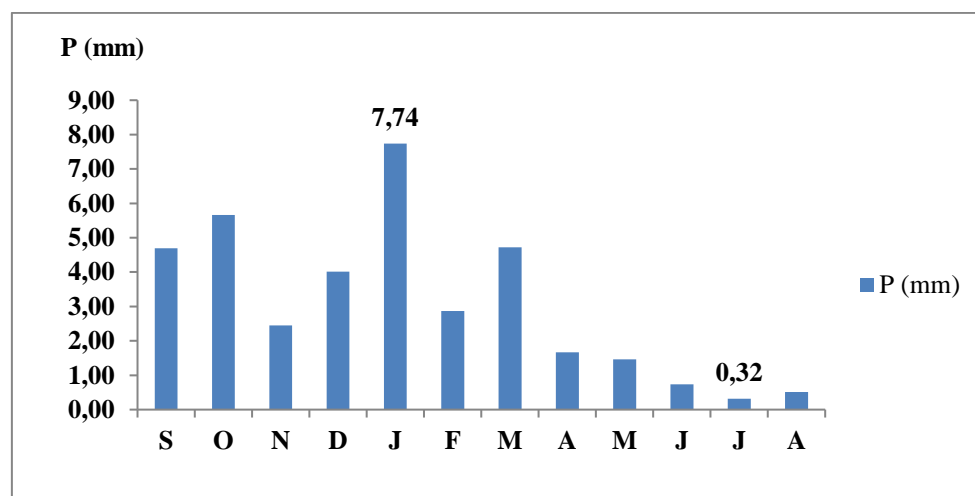
### I-1.Précipitations :

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la Terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) ou solide (neige, grésil, grêle) ; quelle que soit la forme de la précipitation, on généralement exprime la quantité d'eau mesurée tombée durant un certain temps en millimètres (mm).

**Tableau 03:** Les valeurs moyennes mensuelles de la précipitation (2007-2017) à la région d'Ouargla.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total (P)
P (mm)	4.69	5.66	2.45	4.01	<b>7.74</b>	2.86	4.72	1.67	1.46	0.74	<b>0.32</b>	0.51	36.82

Source : ONM



**Figure 06:** La variation moyenne mensuelle interannuelle de la précipitation (2007-2017).

Selon les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2007-2017), la précipitation totale de l'ordre de 36,82 mm, avec un maximum est 7.74 mm au mois de janvier, et un minimum 0,32 mm au mois de juillet.

### I-2.Température :

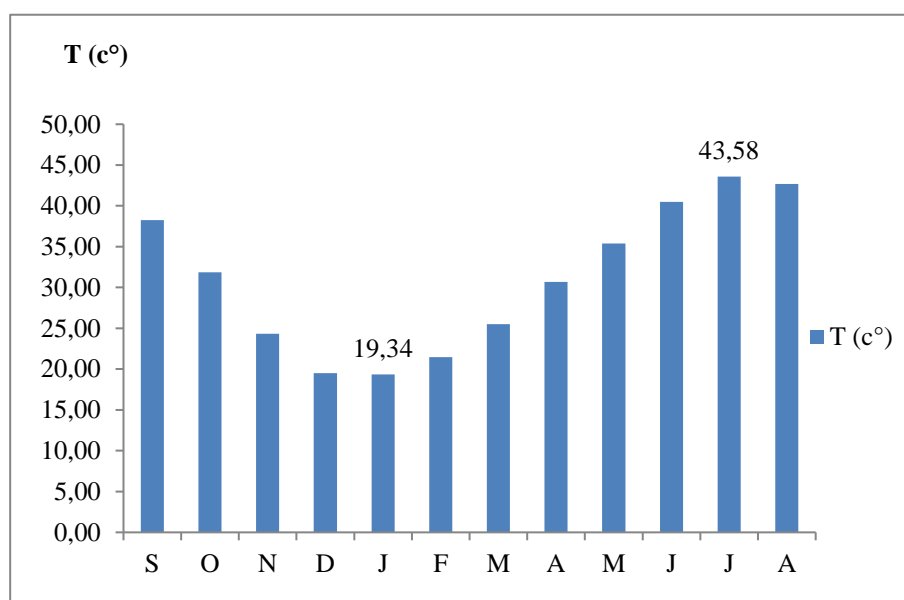
La température est considérée comme une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. La température est la manifestation, à l'échelle macroscopique,

du mouvement des atomes et molécules.

**Tableau 04:** Les valeurs moyennes mensuelles de la température (2007-2017) à la région d'Ouargla.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moyenne(T)
T (c°)	38.23	31.85	24.34	19.52	<b>19.34</b>	21.47	25.50	30.69	35.40	40.50	<b>43.58</b>	42.70	31.09

Source ONM



**Figure 07:** Variation moyenne mensuelle interannuelle de la température (2007-2017).

D'après les résultats obtenus en remarque que :

La température moyenne de l'ordre de 31.09°C, avec un maximum au mois de juillet (43.58 °C), et un minimum de 19.34°C au mois de janvier.

### I-3.Evaporation de l'air:

L'évaporation est un processus physique qui consiste en un passage lent et progressif d'un état liquide à un état gazeux.

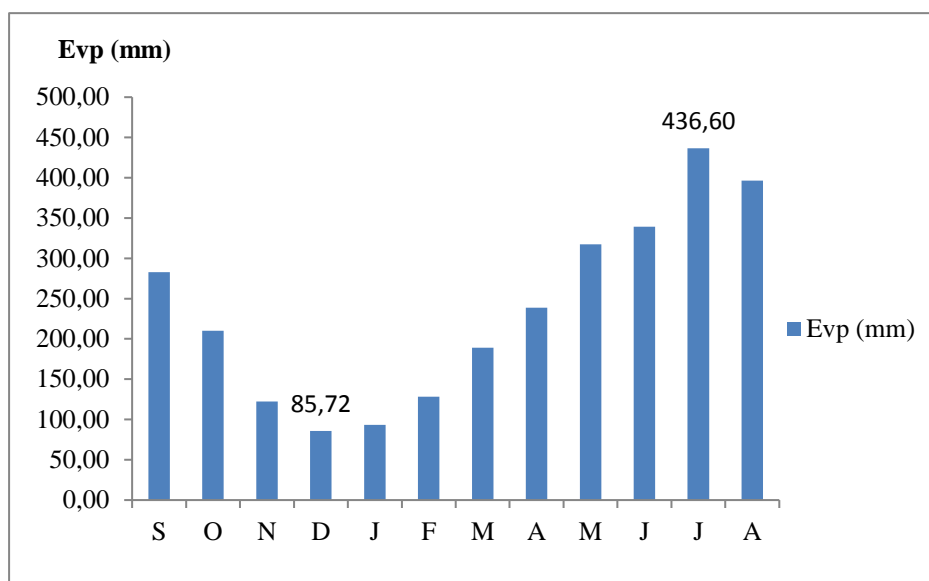
On généralement exprime la quantité d'eau évaporé mesurée tombée durant un certain de temps en millimètres (mm).

**Tableau 05:** Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (2007-2017) à la région d'Ouargla.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moyenne (Evp)
Evp (mm)	282.78	210.32	122.33	<b>85.72</b>	93.49	128.15	189.02	238.84	317.54	339.19	<b>436.60</b>	396.55	236.71

Source : ONM





**Figure 08:** Variation moyenne mensuelle interannuelle de l'évaporation (2007-2017).

Selon les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2007-2017), l'évaporation moyenne est de l'ordre de 236.71mm, avec un maximum de 436.60 mm au mois de juillet, et un minimum de 85.72 mm au mois de Décembre.

#### I- 4.Humidité relative de l'air :

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air.

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression.

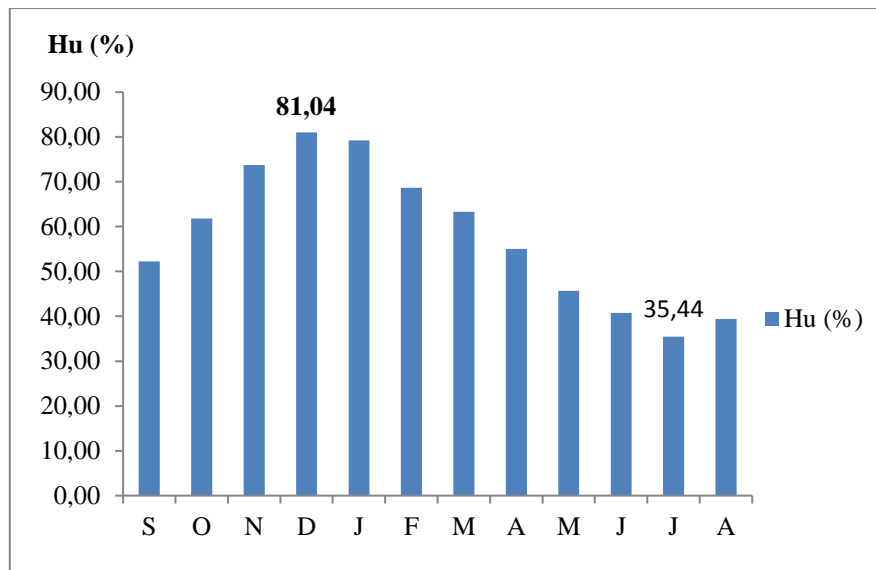
Elle joue un rôle important sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages, et il exprimée en (%).

**Tableau 06:** Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité de l'air (2007-2017) à la région d'Ouargla.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total (Hu)
Hu (%)	52.27	61.80	73.75	<b>81.04</b>	79.25	68.65	63.29	55.05	45.67	40.77	<b>35.44</b>	39.41	58.03

Source : ONM





**Figure 09:** Variation moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité de l'air (2007-2017).

D'après les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2007-2017), l'humidité relative moyenne de l'aire de l'ordre de 58.03 %, avec un maximum de 81.04% au mois de Décembre, et un minimum 35.44% au mois de Juillet.

#### I-5.Vitesse de vent :

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements de l'air, il naît de la différence de pression entre deux masses d'air.

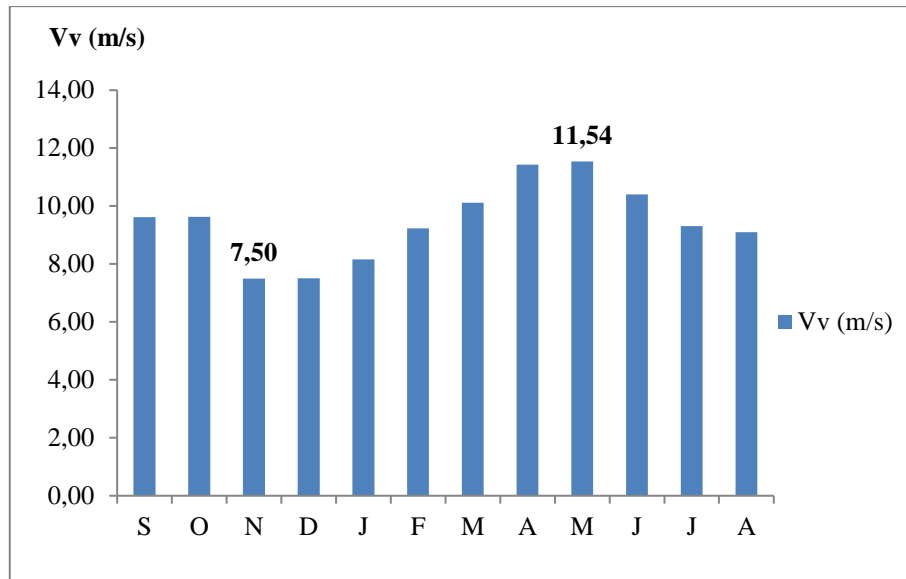
Il se déplace des hautes pressions vers les basses pressions (dépressions).

Vitesse du vent s'exprime soit en mètre par seconde (m/s), ou soit en kilomètre par heure (km/h).

**Tableau 7:** Les valeurs moyennes mensuelles de vitesse de vent (2007-2017) à la région d'Ouargla.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total(Vv)
Vv (m/s)	9.61	9.63	<b>7.50</b>	7.51	8.15	9.23	10.11	11.43	<b>11.54</b>	10.40	9.30	9.10	9.46

Source : ONM



**Figure 10:** Variation moyenne mensuelle interannuelle de vitesse de vent (2007-2017).

D'après les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2007-2017), la vitesse du vent moyenne de l'ordre de 9.46 m/s, avec un maximum 11.54 m/s au mois d'Avril, le minimum 7.50 m/s au mois de Décembre.

#### I-6.L'insolation :

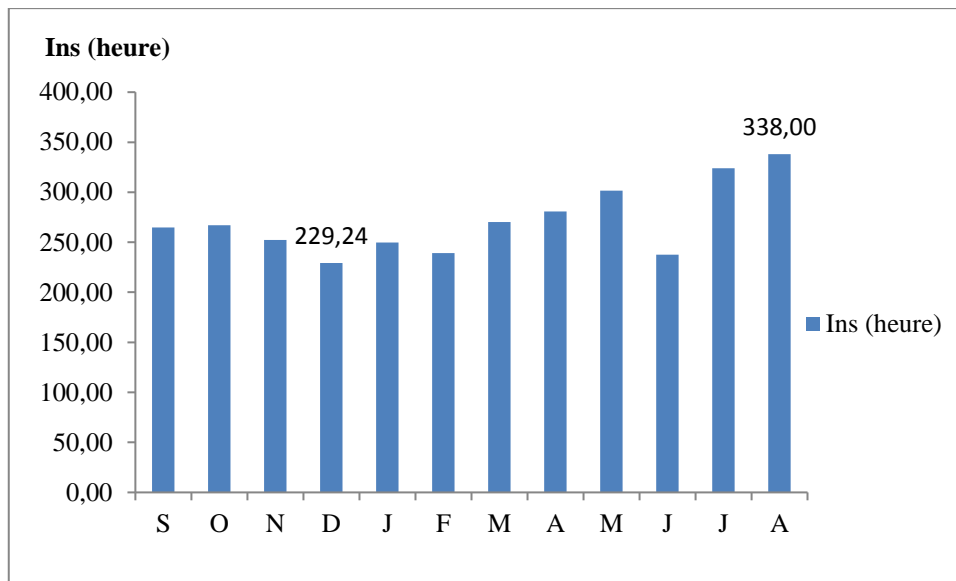
L'insolation est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée.

La durée d'ensoleillement est généralement exprimée en une moyenne d'heures par an ou alors en une moyenne d'heures par jour.

**Tableau 08:** Les valeurs moyennes mensuelles d'insolation (2007-2017) à la région d'Ouargla.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total (Ins)
Ins (heure)	264.63	267.01	252.15	<b>229.24</b>	249.60	239.26	270.14	280.92	301.59	237.60	324.02	<b>338.00</b>	271.18

Source : ONM



**Figure 11:** Variation moyenne mensuelle interannuelle d'insolation (2007-2017).

Selon les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2007-2017), l'insolation moyenne est de l'ordre de 271.18 heure, avec un maximum de 338 heure au mois d'Aout, et le minimum est 229.24 heure en le mois de Décembre.

## II. classification climatique :

### II-1.La courbe pluvio-thermique :

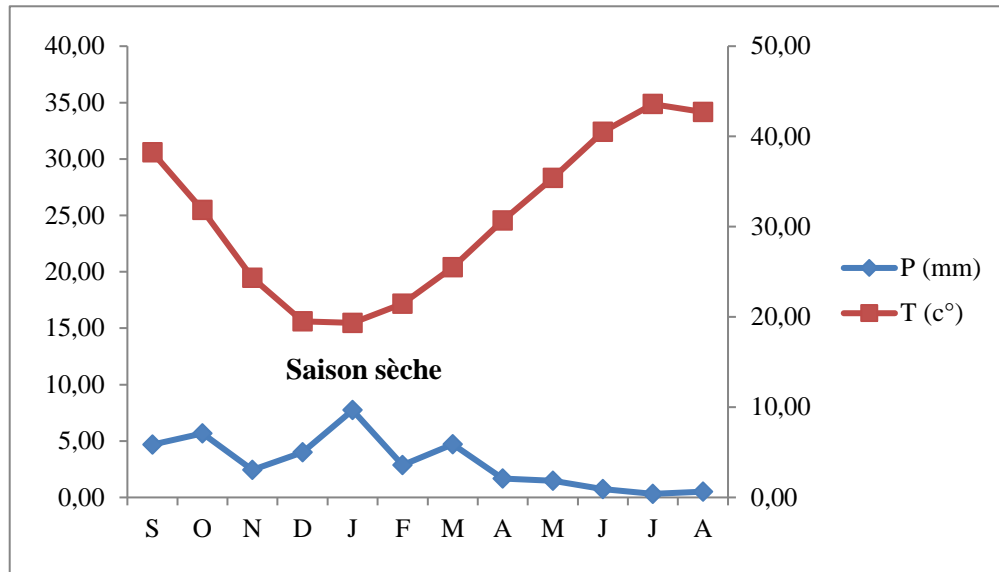
Ce diagramme est établi par Gaussen et Bagnoul dans le but de déterminer les périodes sèches et humides à partir de deux paramètres climatiques : la température et la précipitation.

Si les précipitations moyennes mensuelles d'un mois sont inférieures ou égales au double de températures mensuelles de même mois ( $P \leq 2T$ ), la période est dite sèche.

**Tableau 09:** les valeurs des précipitations et les températures moyennes mensuelles de la région de Ouargla (2007-2017).

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	(P)/(T)
P (mm)	4.69	5.66	2.45	4.01	7.74	2.86	4.72	1.67	1.46	0.74	0.32	0.51	36.82
T (c°)	38.23	31.85	24.34	19.52	19.34	21.47	25.50	30.69	35.40	40.50	43.58	42.70	31.09

Source : ONM



**Figure 12:** Courbe Ombro-thermique de Ouargla dans la période (2007-2017). A partir de (la figure : 12) en peut dire que le climat de la région étudiée est caractérisé par une seule saison sèche s'étalant sur toute l'année.

## II-2. Indice d'aridité de DEMARTONNE :

Pour confirmer le type de climat en doit être étudié La notion Indice d'aridité de DEMARTONNE

D'après DEMARTONNE l'indice est exprimé comme suit :

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

- P : la précipitation moyenne annuelle (mm) ;
- T : la température moyenne annuelle (C°) ;
- I : l'indice d'aridité.

**Tableau 10:** Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper- aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi- aride
$20 < I < 30$	Semi- humide
$30 < I < 55$	Humide

**Tableau 11:** Calcul l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

Précipitations (mm)	36.82
Température (C°)	31.09
Indice d'aridité de DEMARTONNE	0.90

D'après les résultats obtenus dans les tableaux ci-dessus et les résultats des calculs, on montre que  $I = 0.9$ , donc  $0 < I < 5$ .

- Le type de climat : Hyper-aride.

### **Conclusion :**

L'étude climatique sur une période de 10 ans montre que :

De rares précipitations au mois de janvier avec un maximum (7.74 mm), et un minimum (0,32 mm) au mois de juillet, alors dans notre région on remarque une augmentation de température qui varie avec un maximum au mois de juillet (43.58°C), et un minimum (19.34°C) dans le mois de janvier.

Cette étude est complétée par les facteurs climatiques tels que ; évaporation, Humidité relative de l'air, Vitesse de vent, L'insolation; et pour confirmer ce type de climat, on a étudié l'Indice d'aridité de DEMARTONNE qui donne une valeur de (0.9).

D'après ces données, notre région est marquée par un climat hyper-aride.

*Partie II : Etude Hydrochimie*  
*Chapitre I : Origine et qualité des*  
*données*

## Introduction :

L'eau l'élément vital le plus Précieux sur toutes les différentes nappes dans la région d'Ouargla et vue leur sur exploitation, il devient menacer sur le plan chimique (qualité) ci pour cela l'état à confié la gestion quantitative et qualitative à L'Agence National Des Ressources hydriques (ANRH).

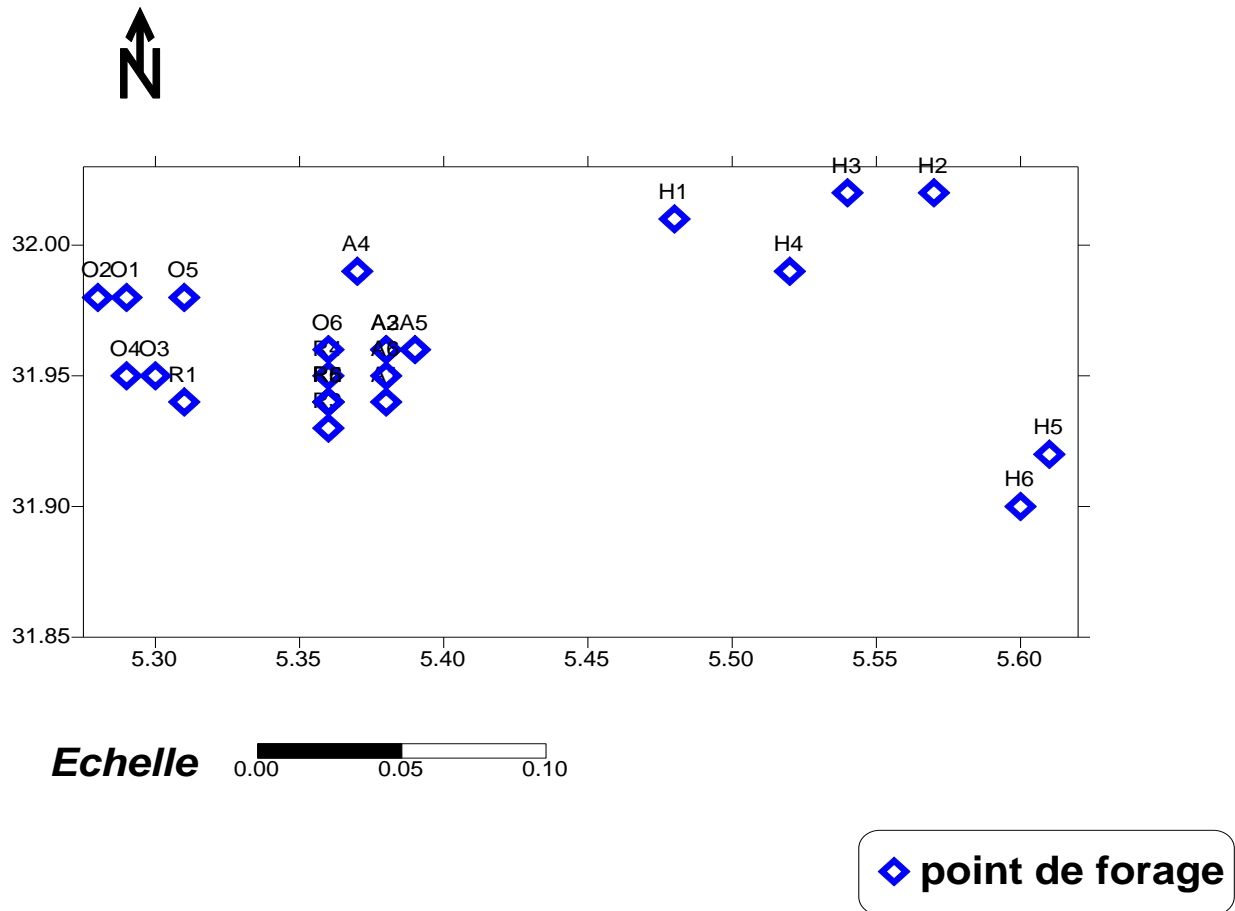
## I. Origine des données :

La source des données utilisées dans notre étude est L'Agence National Des Ressources Hydriques (ANRH) de Ouargla.

J'ai sélectionne les données de six (6) forages par commune qui sont : Ouargla, Rouissat, Ain el beida, Hassi benabdallah

**Tableau 12:** Les cordonnées des forages de prélèvements dans la commune de Ouargla.

commune	forage	Nappe	X	Y
ROUISSAT	R1	Miopliocene	05°17'28"	31°58'49"
	R2	Miopliocene	05°16'57"	31°58'30"
	R3	Miopliocene	05°18'17"	31°56'46"
	R4	Miopliocene	05°17'41''	31°56'54''
	R5	Miopliocene	05°18'48"	31°58'46"
	R6	Miopliocene	05°21'28"	31°57'37"
OUARGLA	O1	Miopliocene	05°22'51"	31°56'37"
	O2	Miopliocene	05°22'44''	31°57'52''
	O3	Miopliocene	05°22'54"	31°57'47"
	O4	Miopliocene	05°23'21"	31°57'25"
	O5	Miopliocene	05°23'19"	31°58'14"
	O6	Miopliocene	05°23'00"	31°57'04"
AIN EL BAIDA	A1	Miopliocene	05°28'37"	32°00'52"
	A2	Miopliocene	05°34'20"	32°01'29"
	A3	Miopliocene	05°32'13"	32°01'06"
	A4	Miopliocene	05°31'29"	31°59'29"
	A5	Miopliocene	05°36'18''	31°55'17''
	A6	Miopliocene	05°35'42"	31°54'00"
HASSI BENABDALLH	H1	Miopliocene	05°19'00"	31°56'33"
	H2	Miopliocene	05°21'40"	31°56'14"
	H3	Miopliocene	05°21'31"	31°55'42"
	H4	Miopliocene	05°21'13"	31°56'42"
	H5	Miopliocene	05°21'35"	31°56'12"
	H6	Miopliocene	05°21'19"	31°56'26"

**carte des point de forage prélèvement dans les quatre (04) communes**

**Figure 13:** La carte de la répartition des points prélèvement dans les quatre (04) communes.

## II. Les données physico-chimiques :

Afin de connaître la qualité des eaux, nous avons exploité les données relatives aux analyses physico-chimiques correspondant aux points d'eau sélectionnés. Les résultats qui nous intéressent ce sont les paramètres physiques : potentiel Hydrogène (PH), résidu sec (RS), la minéralisation, conductivité électrique, température, ainsi que les paramètres chimiques qui sont les concentrations du calcium, magnésium, sodium, chlorure, sulfate et les bicarbonates.

Les résultats des analyses physique de la commune de Ouargla sont exprimés dans le tableau qui suivre :



**Tableau 13:** les paramètres physiques des quatre (04) communes (Ouargla ; Rouissat ; Ain el baida ; Hassi benabdallh)

commune	forage	RS	M	CE	PH
Rouissat	R1	3382	3157	4160	8.39
	R2	3353	3377	4450	7.99
	R3	4982	4576	6300	7.51
	R4	3524	2634	3470	8.35
	R5	3946	4653	6130	8.06
	R6	4090	3560	4690	7.78
Ouargla	O1	1832	2038	2038	7.47
	O2	1874	2077	2740	7.58
	O3	2074	2042	2690	8.87
	O4	2848	2376	3130	7.68
	O5	2824	2770	3650	7.21
	O6	4162	3476	4580	7.45
Ain el baida	A1	6214	5009	6600	7.47
	A2	5090	4253	5580	7.8
	A3	6546	3795	5000	8.34
	A4	4654	3962	5220	8.16
	A5	5430	5700	7510	8.53
	A6	6172	4979	6560	7.53
Hassi benabdallh	H1	4208	3681	4850	8.3
	H2	3748	3378	4450	8.27
	H3	4176	3757	4950	8.38
	H4	4438	3871	5100	8.5
	H5	3756	3279	4320	7.97
	H6	3850	3362	4430	8

**Tableau14:** les paramètres chimiques de des quatre (04) communes (Ouargla ; Rouissat ; Ain el baida ; Hassi benabdallh)

commune	forage	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)
Rouissat	R1	74	265	315	1140	476	10
	R2	74	284	470	760	1434	49
	R3	91	326	620	1140	1434	122
	R4	154	227	600	1170	1025	107
	R5	143	361	613	1310	1250	134
	R6	140	321	565	875	1400	85
Ouargla	O1	165	106	280	435	640	101
	O2	186	88	315	445	760	100
	O3	105	167	213	450	736	128
	O4	128	294	355	770	865	95
	O5	61	257	260	590	996	15
	O6	153	333	825	1550	1300	67
Ain el baida	A1	195	372	1038	1825	1130	119
	A2	168	306	840	1790	1150	122
	A3	260	305	925	2500	675	146
	A4	190	150	963	2625	1250	73
	A5	180	297	840	1520	1250	82
	A6	182	364	1025	1900	1550	107
Hassi benabdallh	H1	155	262	680	1212	1040	101
	H2	150	276	550	875	1165	113
	H3	160	291	650	1425	1000	189
	H4	158	306	726	1625	1040	95
	H5	148	271	500	1250	565	92
	H6	155	316	540	1175	1265	88

### III. Qualité des données :

Avant d'évaluer la qualité des eaux recueillies depuis les quatre (04) communes, il faut analyser la fiabilité des résultats des ces analyses. La méthode utilisée est la Balance Ionique (BI). Il faut rappeler qu'en théorie, une eau naturelle est électriquement neutre. De ce fait, la somme (en équivalents chimiques) des cations devrait être égale à celle des anions (en équivalents chimiques).

En réalité, cette égalité est rarement obtenue. De façon générale, la différence est attribuée aux incertitudes, à la présence de certains ions non doses ou à d'éventuelles erreurs d'analyse.

$$BI = \frac{\sum(\text{cations}) - \sum(\text{anions})}{\sum(\text{cations}) + \sum(\text{anions})} \times 100$$

Le calcul de la balance ionique permet généralement de vérifier la fiabilité des résultats des analyses chimiques. Cependant, les incertitudes sur les résultats, variables selon les techniques d'analyse, peuvent expliquer les erreurs parfois élevées sur les balances ioniques, à cause de la présence éventuelle d'anions organiques non pris en compte dans les calculs. D'une manière générale, les analyses chimiques sont considérées :

- Bonne lorsque  $BI < 5\%$  ;
- Acceptable lorsque  $5\% < BI < 10\%$  ;
- Douteuse lorsque  $BI > 10\%$ .

Ainsi, le contrôle de la qualité des données par la méthode suscitée est appliqué à toutes les analyses. Les résultats de la région de Ouargla sont exprimés dans le tableau qui va suivre :

**Tableau 15:** Le contrôle de la qualité des données.

commune	forage	X	Y	BI
Rouissat	R1	05°17'28"	31°58'49"	25.01
	R2	05°16'57"	31°58'30"	2.99
	R3	05°18'17"	31°56'46"	7.45
	R4	05°17'41''	31°56'54''	9.08
	R5	05°18'48"	31°58'46"	10.58
	R6	05°21'28"	31°57'37"	12.76
Ouargla	O1	05°22'51"	31°56'37"	1.13
	O2	05°22'44''	31°57'52''	0.35
	O3	05°22'54"	31°57'47"	12.38
	O4	05°23'21"	31°57'25"	8
	O5	05°23'19"	31°58'14"	10.29
	O6	05°23'00"	31°57'04"	6
Ain el baida	A1	05°28'37"	32°00'52"	2.23
	A2	05°34'20"	32°01'29"	55.42
	A3	05°32'13"	32°01'06"	20.02
	A4	05°31'29"	31°59'29"	24.97
	A5	05°36'18''	31°55'17''	5.02
	A6	05°35'42"	31°54'00"	6.84
Hassi benabdallh	H1	05°19'00"	31°56'33"	4.46
	H2	05°21'40"	31°56'14"	0.03
	H3	05°21'31"	31°55'42"	13.56
	H4	05°21'13"	31°56'42"	13.11
	H5	05°21'35"	31°56'12"	14.32
	H6	05°21'19"	31°56'26"	11.72

Selon le control de fiabilité certains résultats sont de bonne qualité, d'autres acceptables et des analyses douteuses ou la balance ionique dépasse les 10%.

La plus part des résultats d'analyses des autres communes (Ain el baida, Hassi benabdallah et Rouissat) sont presque tous douteuses.

#### IV. Les logiciels utilisés :

##### IV-1. Le logiciel Surfer :

C'est avec ce logiciel qu'on a pu réaliser les cartes d'emplacements des échantillons et celles de l'évolution des paramètres étudiés. Après avoir introduit les données en un fichier Excel, on choisit la méthode d'interpolation convenable ; le Krigeage. Après la sélection de la méthode, on obtient des cartes de courbes de niveau (courbes d'isovaleurs) liant les points ayant les mêmes valeurs.

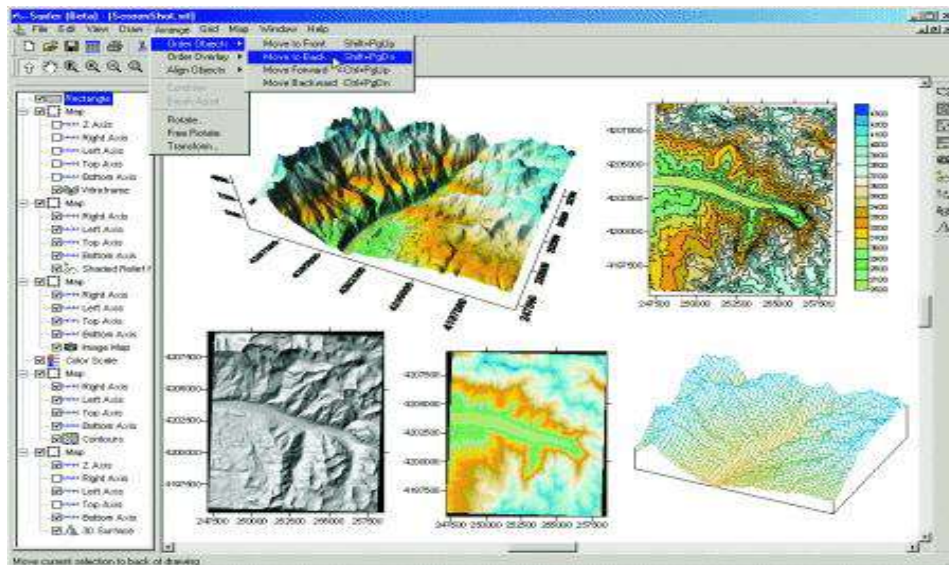


Figure 14: Le logiciel Surfer

#### IV-2. Le logiciel DIAGRAMME :

Pour faire la description de la composition des eaux naturelles on doit analyser les Faciès chimiques. La nécessité d'une comparaison aisée voire une classification des eaux Naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques.

De ce fait, plusieurs représentations sont utilisées parmi lesquelles on peut citer :

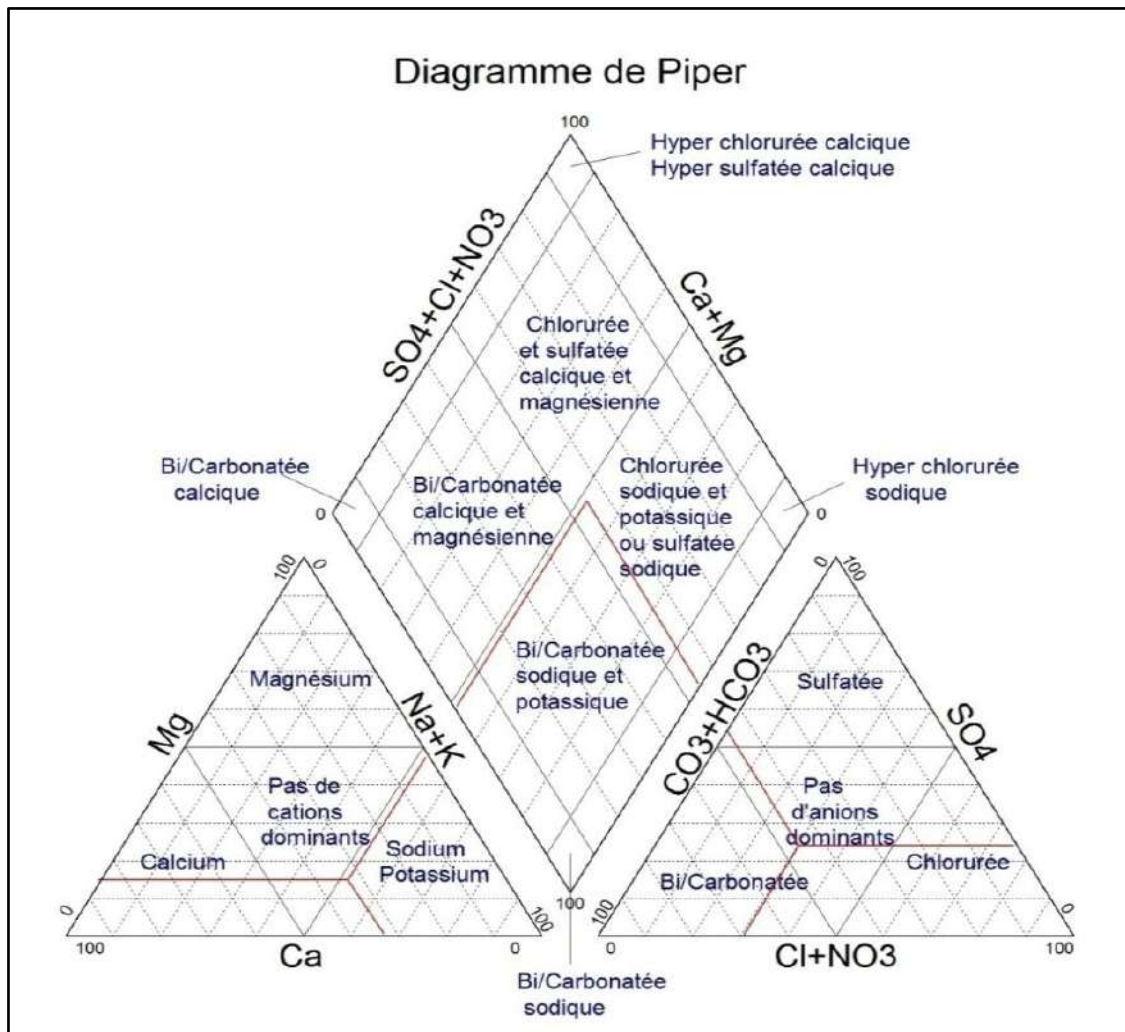
- le diagramme de Piper,
- le diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff,
- le diagramme de Stiff,
- le diagramme à coordonnées rayonnante,
- diagramme d Riverside,
- diagramme de wilcox,

Dans notre étude, on à utiliser 2 représentations graphiques. Il s'agit de: le diagramme de Piper et le diagramme de Wilcox.

##### a- Diagramme de Piper :

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Il permet une représentation des cations et anions sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport au total des ions. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces triangles permet de préciser en premier lieu la dominance cationique et anionique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point

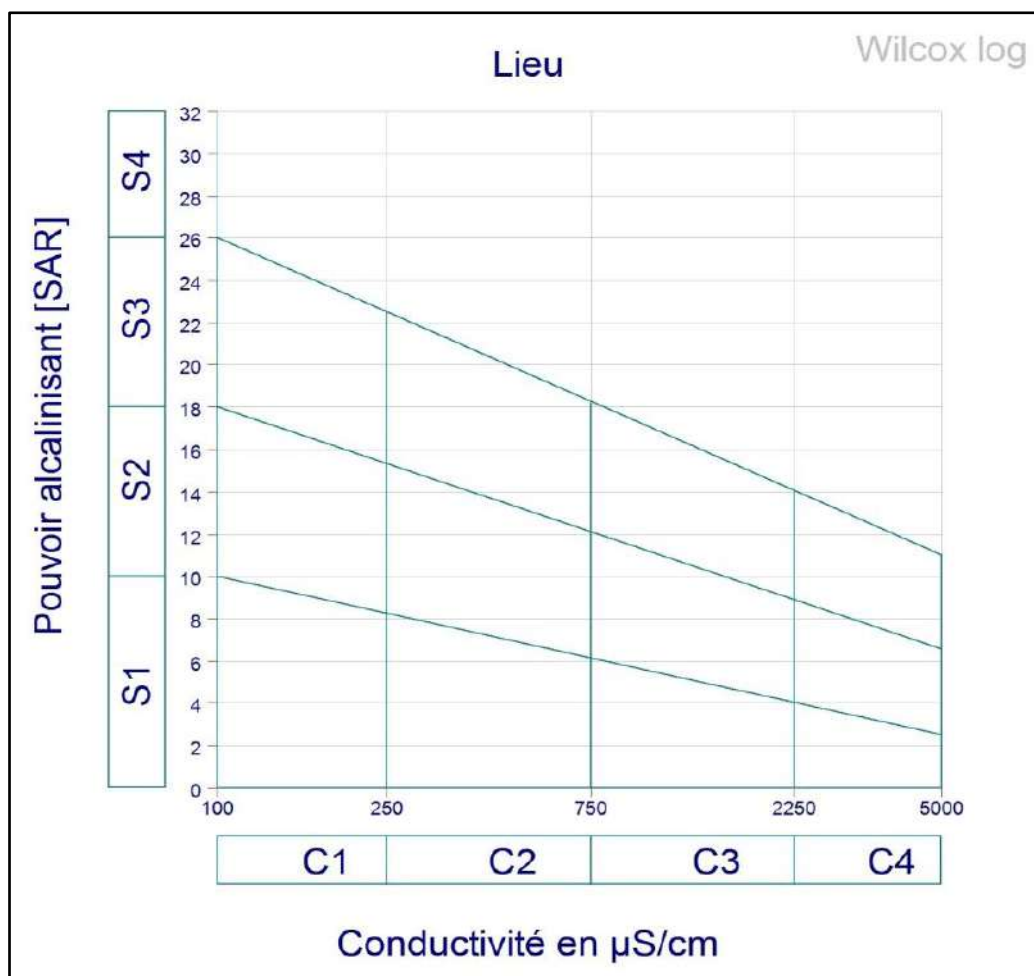
d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette position permet de préciser le faciès de l'eau naturelle concernée.



**Figure 15:** Diagramme de Piper

#### b- Diagramme de Wilcox log :

Ce diagramme est essentiellement utilisé pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau, et l'indice d'adsorption du sodium (SAR en anglais) aussi appelé (pouvoir alcalisant) qui est une mesure du risque de la sodisation du sol du fait de l'irrigation. Le diagramme est découpé en quatre classes de salinité (axe des abscisses) et quatre classes de risques de sodisation (axe des ordonnées)



**Figure 16:** diagramme de wilcox log

*Partie II : Etude Hydrochimie*  
*Chapitre II : Hydrochimie*



## Introduction :

L'analyse physico-chimique fait connaître les emplois auxquels convient une eau donnée, besoins ménagers (eau de cuisson ou de lavage...), besoins industriels (eau de réfrigération ou de fabrication...), elle décèle les eaux risquant d'exercer une action chimique sur les canalisations, elle facilite la mise au point des traitements qui supprimeront les inconvénients révélés.

## I. Les paramètres physico-chimiques :

### I-1. Les paramètres physiques :

Les données sont recueillies d'ANRH pour les six communes qui sont : potentiel Hydrogène (PH), résidu sec (RS), la minéralisation, conductivité électrique, température le tableau suivant représente les valeurs de ces paramètres.

#### I-1-1. Résidu sec (RS) :

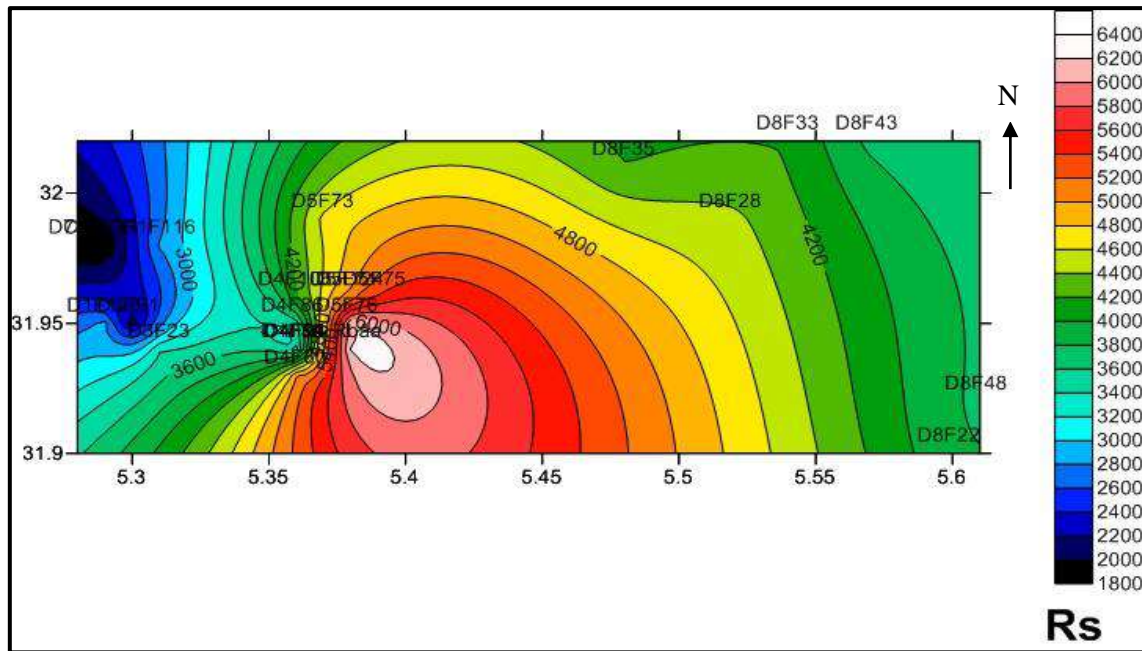
Le résidu sec représente la « minéralité » (plus le résidu est élevé et plus l'eau contient de minéraux). Il donne une indication du degré de minéralisation de l'eau.

On remarque que la valeur maximale 6546 mg/l localisée dans la commune d'Ain el baida observée au forage (A3) ; et la valeur minimale 1832 mg/l est observé dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O1). (Voir l'annexe n°1).....

**Tableau 16:** Les valeurs du résidu sec (RS).

Commune/ RS (mg/l)	Forage					
	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Ouargla						
RS (mg/l)	1832	1874	2074	2848	2824	4162
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
RS (mg/l)	6214	5090	6546	4654	5430	6172
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
RS (mg/l)	4208	3748	4176	4438	3756	3850
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
RS (mg/l)	3382	3353	4982	3524	3946	4090

Source ANRH



**Figure 17:** Carte iso- teneur de résidu sec des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla

D'après la carte de résidu sec les fortes valeurs varient entre (5000- 6546 mg/l) se trouvent dans la commune de Ain el baida au niveau des forages (A1, A2, A3, A4, A5, A6) et les faibles valeurs varient entre (1800-3600 mg/l) se trouvent à l' Ouest dans la commune de Ouargla (O1,O2,O3,O4,O5), et la commune de Rouissat (R1,R2,R4) .

les valeurs moyennes varient entre (3800-4800 mg/l) dans la commune de Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H4,H5,H6) ;la commune de Rouissat (R5,R6) et le forage O6 (commune de Ouargla).

### **I-1-2.La minéralisation :**

Représenter une transformation de la matière organique en matière minérale inorganique (comme le dioxyde de carbone et l'eau) par des micro-organismes. La vitesse du phénomène dépend des conditions du milieu: température, humidité, aération, pH, conditions culturelles, etc.

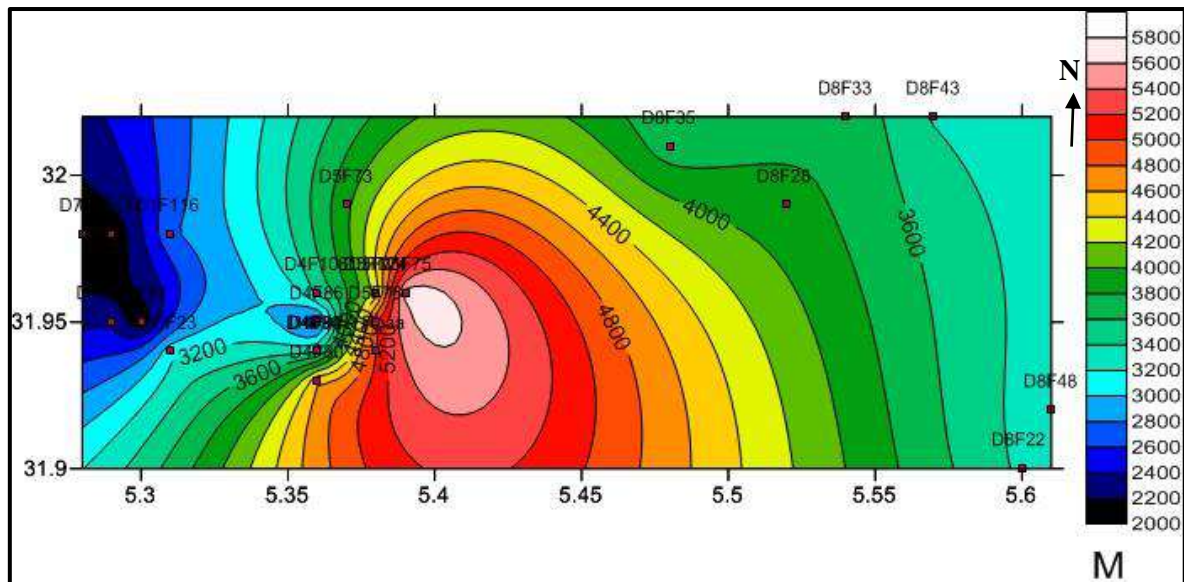
D'après les résultats des analyses on remarque que :

La valeur minimale 2038mg/l se trouve dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O1), et la valeur maximale 5874 mg/l observée au forage (A5) (la commune de Ain el baida). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 17:** Les valeurs de la minéralisation.

Commune / M (mg/l)	Forage					
	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Ouargla						
M (mg/l)	<b>2038</b>	2077	2042	2376	2770	3476
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
M (mg/l)	5009	4253	3795	3962	<b>5700</b>	4979
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
M (mg/l)	3681	3378	3757	3871	3279	3362
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
M (mg/l)	3157	3377	4576	2634	4653	3560

Source ANRH

**Figure 18:** Carte iso- teneur de minéralisation des eaux d'irrigation de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla

Selon cette carte les faibles valeurs présentes à l'ouest sont comprises entre (2000-3400 mg/l) dans la commune de Ouargla dans les forages (O1,O2 ,O3,O4,O5,O6), dans la commune de Rouissat (R1,R2,R4,R6) et aussi la commune de Hassi benabdallah (H2,H4) ; alors que les moyennes valeurs varient entre (3600-4600mg/l) marquées dans les communes de Rouissat (R3,R5), Hassi benabdallah (H1,H3,H5,H6),et Ain elbaida (A2,A3,A4) .

Par contre les forage (A1,A5,A6) (commune de Ain elbaida) ayant une forte minéralisation.

### I-1-3. Conductivité électrique :

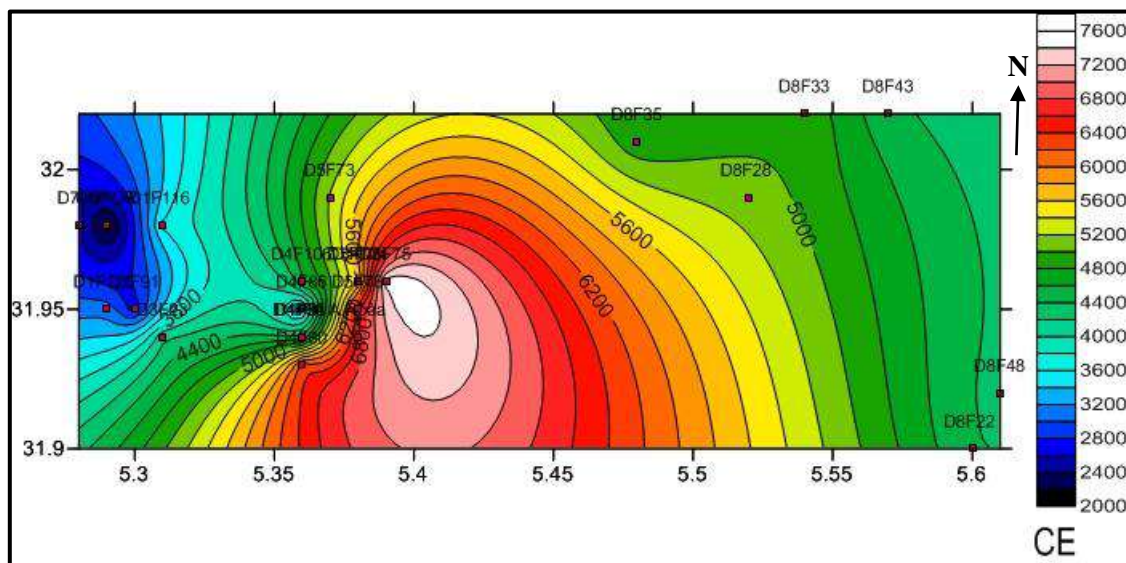
La conductivité électrique d'une eau caractérise sa capacité de laisser passer le courant électrique. Elle augmente avec la concentration des ions en solution et la température, elle exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , on sait qu'une eau salée est très conductrice par rapport une eau pure est très résistante.

Selon les résultats des analyses, la valeur maximale 7510 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) localisée dans la commune d'Ain el baida observée au forage (A5) ; et la valeur minimale de l'ordre de 2038 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) est observé dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O1). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 18:** Les valeurs de conductivité électrique (CE).

Commune/ CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Forage					
Ouargla	O1	O2	O3	O4	O5	O6
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	<b>2038</b>	2740	2690	3130	3650	4580
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	6600	5580	5000	5220	<b>7510</b>	6560
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	4850	4450	4950	5100	5320	4430
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	4160	4450	6300	3470	6130	4690

Source ANRH



**Figure 19:** Carte iso-valeur de conductivité électrique des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla

D'après la carte de conductivité électrique les fortes valeurs sont situées au milieu de la cuvette varient entre (6000-7510  $\mu\text{s/cm}$ ) dans les communes suivantes : Ain el baida (A1, A5, A6), Rouissat (R5, R3), et les faibles valeur varient entre (2000-3600 $\mu\text{s/cm}$ ) au Ouest dans la commune de Ouargla (O1,O2,O3,O4,O5,O6) ; et les moyennes valeur varient entre (4000-5600  $\mu\text{s/cm}$ ) dans les communes suivantes : Rouissat (R1,R2,R6), Ouargla (O6), Ain el baida (A2,A3,A4), Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H5,H6).

#### I-1-4.Potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution ( $\text{H}^+$ ). Il est représenté par une expression logarithmique :  $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$

L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique si :

- $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$  pH>7 : l'eau est basique ;
- $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  pH<7 : l'eau est acide ;
- $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  pH=7 : l'eau est neutre.

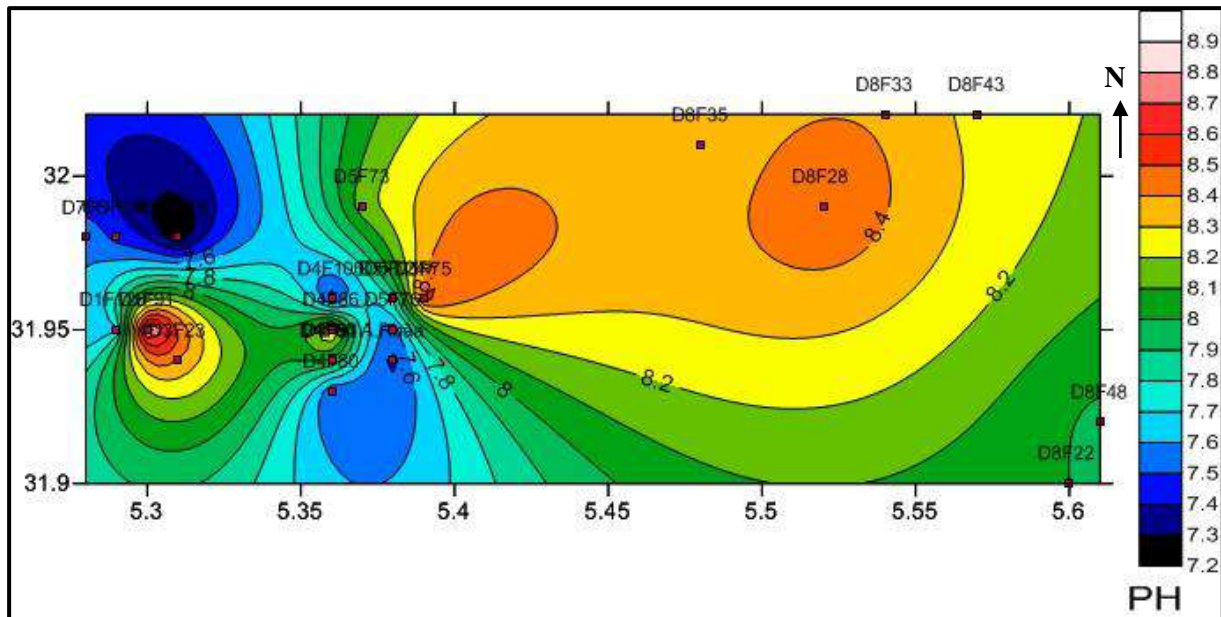
En remarque que la valeur maximale de pH 8.87 localisée dans la commune de Ouargla observée au forage (O3) ; et la valeur minimale 7.21 est observé dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O5). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 19:** Les valeurs potentiel hydrogène (pH).

Commune/ Ph	Forage					
Ouargla	O1	O2	O3	O4	O5	O6
pH	<b>7.47</b>	7.58	<b>8.87</b>	7.68	7.21	7.45
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
pH	7.47	7.8	8.34	8.16	8.53	7.53
Hassi benabdallah	H1	H2	H3	H4	H5	H6
pH	8.3	8.27	8.38	8.5	7.97	8
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
pH	8.39	7.99	7.51	8.35	8.06	7.78

Source ANRH





**Figure 20:** Carte iso-valeur de potentiel Hydrogène des eaux de la nappe Mio-pliocène de la cuvette de Ouargla

D'après la figure de pH on constate que les fortes valeurs varient entre (8.4-8.87) enregistrées dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O3), et dans la commune de Ain el baida (A5), et les moyennes valeurs varient entre (7.8- 8.3) dans les communes suivantes : Rouissat (R1,R2,R4,R5,R6), Ain el baida (A2,A5), Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H4,H5,H6) ; les faibles valeurs varient entre (7.21-7.7) se trouvent dans les communes de Ouargla (O1,O2,O4,O5,O6).

Donc on remarque que : les eaux d'irrigation de notre zone d'étude de potentiel hydrogène (pH) de type basique.

### I-2. Les paramètres chimiques :

Les données sont recueillies d'ANRH pour les six communes qui sont : les cations (calcium, magnésium, sodium), les anions (chlorure, sulfate et les bicarbonates).

#### I-2-1. Les cations :

##### A. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

Le calcium est un élément essentiel qui joue un rôle principal d'où la dureté de l'eau potable, Le calcium provient de deux origines naturelles :

- La dissolution des roches gypseuses ;
- La dissolution des roches carbonatées.

Selon les résultats des analyses, la concentration de calcium à une valeur minimale de 61 mg/l dans la commune de Ouargla au forage (O5), et une valeur maximale de 260 mg/l



**B. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :**

Les principales sources du Magnésium c'est :

- Dans de nombreux minéraux des roches volcaniques ;
- Le magnésium existe dans résulte de l'infiltration des eaux de surfaces à travers les formations dolomitiques (dissolution des formations carbonatées).

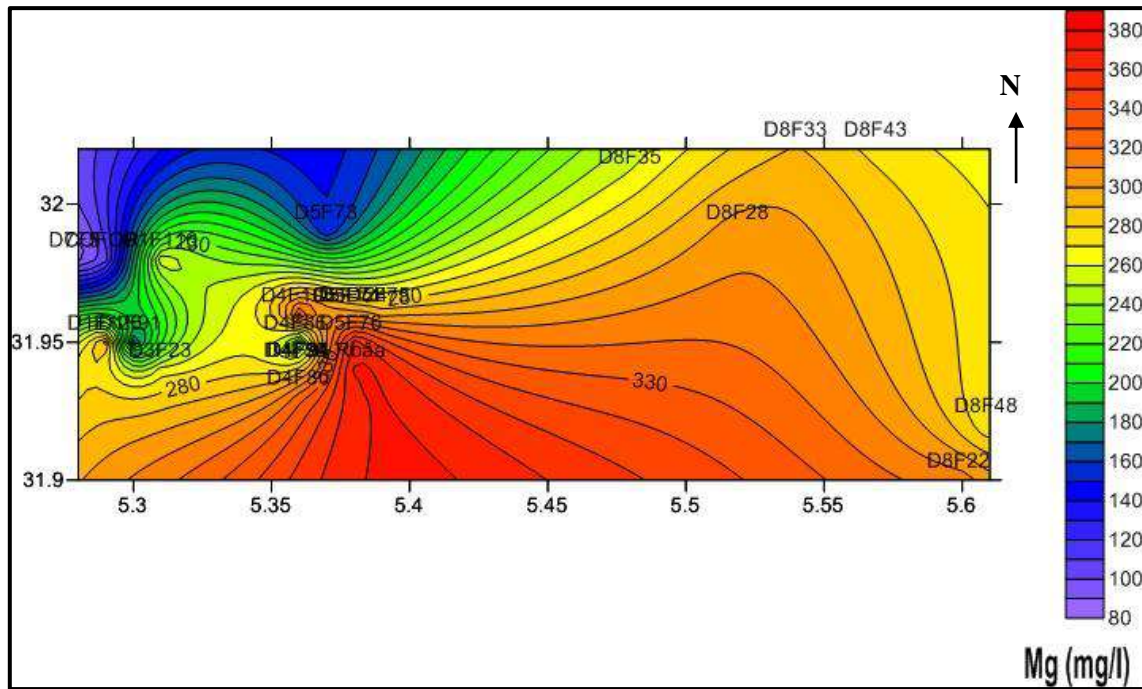
D'après les résultats des analyses, la valeur maximale enregistré dans la commune de Ain el baida à valeur 364 mg/l au niveau de forage (A6), et la valeur minimale se trouvent dans la commune de Ouargla à valeur de 88 mg/l au niveau de forage (O2).

**Tableau 21:** Les valeurs de magnésium ( $Mg^{2+}$ ).

Commune/ $Mg^{+2}$ (mg/l))	Forage					
Ouargla	O1	O2	O3	O4	O5	O6
$Mg^{+2}$ (mg/l)	106	<b>88</b>	167	294	257	333
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$Mg^{+2}$ (mg/l))	372	306	305	150	297	<b>364</b>
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
$Mg^{+2}$ (mg/l)	262	276	291	306	271	316
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
$Mg^{+2}$ (mg/l)	265	284	326	227	361	321

Source ANRH





**Figure 22:** Carte iso-teneur de magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

L'examen de la carte de magnésium montre que les plus grandes concentrations varient entre (320-380 mg/l) se trouvent au Sud de cuvette dans la commune de Ain el baida (A1,A2,A3,A6), et dans la commune de Ouargla (O4,O6), les concentrations minimales sont comprises entre (80-180 mg/l) au Nord-ouest dans la commune de Ouargla (O1,O2,O3) ; et les moyenne concentrations sont de l'ordre de (200-300 mg/l) se trouvent dans la commune de Rouissat (R1R2R4), et la commune de Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H4,H5,H6). (Voir l'annexe n°1)

### C. Sodium (Na<sup>+</sup>) :

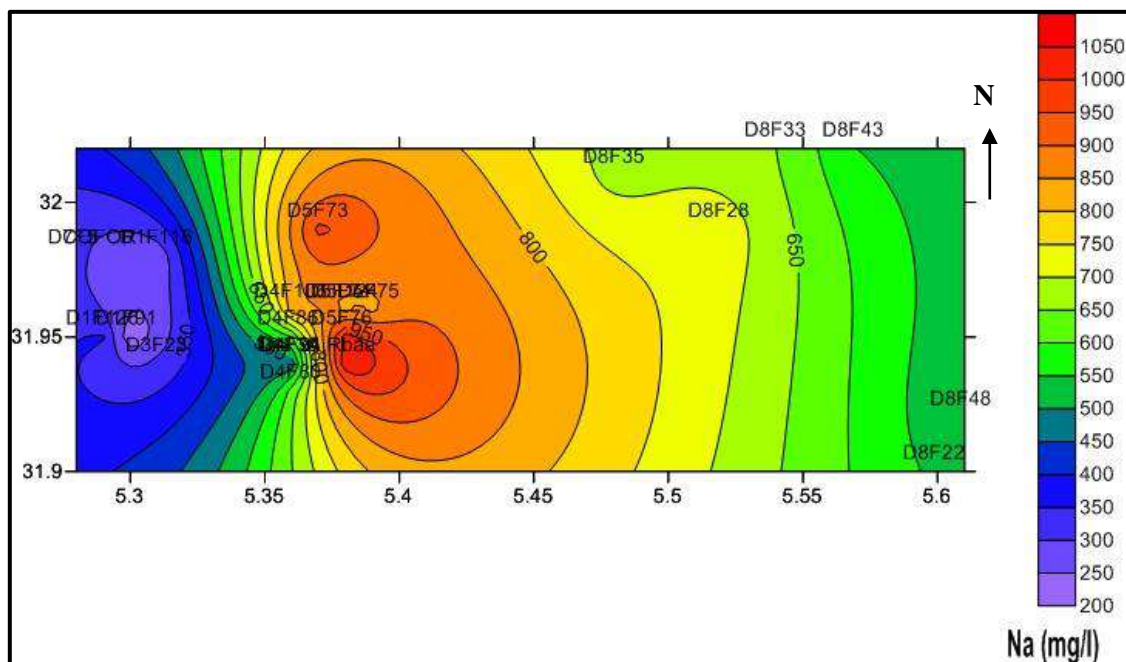
La présence de cet ion de (Na<sup>+</sup>) dans l'eau est due au lessivage des formations riches en Na et cl (Argile-Marne) et des eaux à usage agricole ou domestique.

Selon les résultats des analyses, la concentration minimale 213 mg/l localisé dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O3), et la concentration maximale 1038 mg/l enregistré dans la commune de Ain el baida au niveau de forage (A1). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 22:** Les valeurs de sodium ( $\text{Na}^+$ )

Commune/ $\text{Na}^+$ (mg/l)	Forage					
	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Ouargla						
$\text{Na}^+$ (mg/l)	280	315	<b>213</b>	355	260	825
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$\text{Na}^+$ (mg/l)	<b>1038</b>	840	925	963	840	1025
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
$\text{Na}^+$ (mg/l)	680	550	650	726	500	540
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
$\text{Na}^+$ (mg/l)	315	470	620	600	613	565

Source ANRH

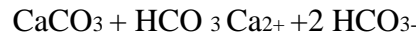
**Figure 23:** Carte iso-teneur de Sodium ( $\text{Na}^+$ )

D'après la carte, les faibles concentrations obtenues oscillent entre (200-500 mg/l) marquées dans la commune de Ouargla (O1,O2,O3,O4,O5),et les moyenne valeurs varient entre (550-800 mg/l) enregistrées dans la commune de Rouissat (R3,R4,R5,R6), et dans la commune de Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H4,H5,H6), les fortes concentrations oscillent entre (850-1050 mg/l) dans la commune de Ain el baida (A1,A2,A3,A4,A5,A6).

### I-2-2. Les anions :

#### A. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

Se forment à partir de changement des roches carbonatées et en présence d'acide carbonique, la calcite peut se dissoudre pour donner du bicarbonate de calcium :

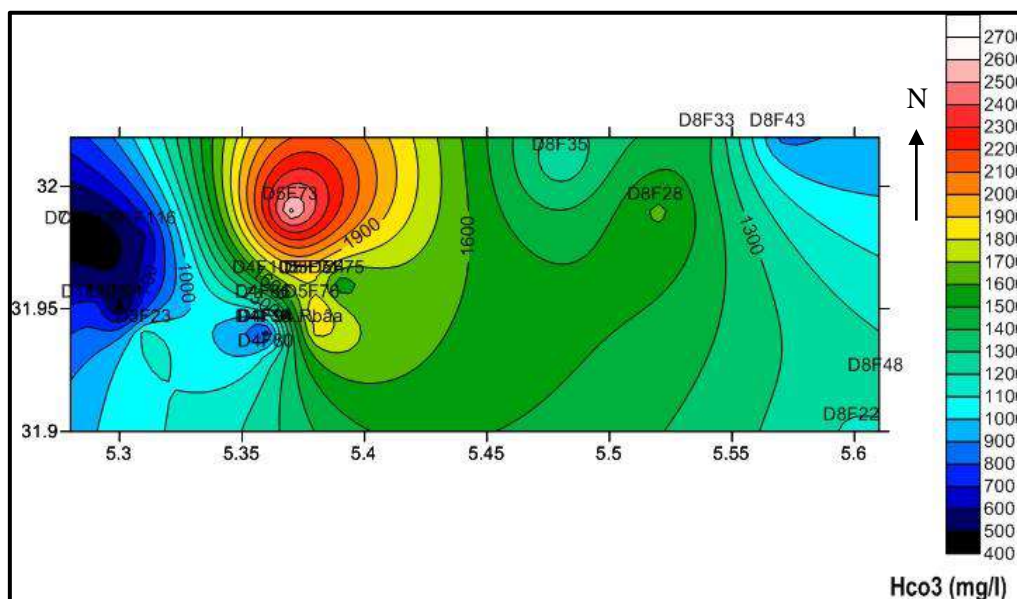


En remarque que la valeur maximale 2625 mg/l localisée dans la commune d'Ain el baida observée au forage (A4) ; et la valeur minimale 435 mg/l est observé dans la commune de Ouargla au niveau de forage (O1). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 23:** Les valeurs bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Commune/ $\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	Forage					
Ouargla	O1	O2	O3	O4	O5	O6
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	<b>435</b>	445	450	770	590	1550
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	1825	1790	2500	<b>2625</b>	1520	1900
Hassi benabdallh	H1	H2	H3	H4	H5	H6
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	1212	875	1425	1625	1250	1175
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	1140	760	1140	1170	1310	875

Source ANRH



**Figure 24:** Carte iso-teneur de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

La distribution spatiale des concentrations du bicarbonate montre que les plus grandes valeurs

varient entre (2100-2625 mg/l) observées au Nord de la cuvette dans la commune de Ain el baida (A3,A4), les faibles valeurs oscillent entre (400-1300 mg/l) localisés dans les communes suivantes : Rouissat (R1,R2,R3,R4,R5,R6), Ouargla (O1,O2,O3,O4,O5), Hassi benabdallah (H1,H2,H3,H4,H5,H6) ;et les moyennes valeurs varient entre (1400-2000 mg/l) dans la commune de Ain el baida (A1,A2,A5,A6).

### B. Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :

Les origines des chlorures dans les eaux :

- Les interactions eau/roche, de nombreuses roches ignées et volcaniques des minéraux riches en chlore ;
- Une origine marine, (le biseau salé) ;
- Une origine anthropique, (les engrais et les pesticides).

D'après les résultats des analyses, la valeur minimale 2038mg/l se trouve dans la commune d'Ain el baida à valeur 1550 mg/l au forage (A6), et la valeur maximale marque dans la commune de Rouissat à valeur 476 mg/l au forage (R1). (Voir l'annexe n°1)

**Tableau 24:** Les valeurs chlorure (Cl<sup>-</sup>).

Commune/ Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Forage					
Ouargla	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	640	760	736	865	996	1300
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	1130	1150	675	1250	1250	<b>1550</b>
Hassi benabdallah	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	1040	1165	1000	1040	565	1265
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	<b>476</b>	1434	1434	1025	1250	1400

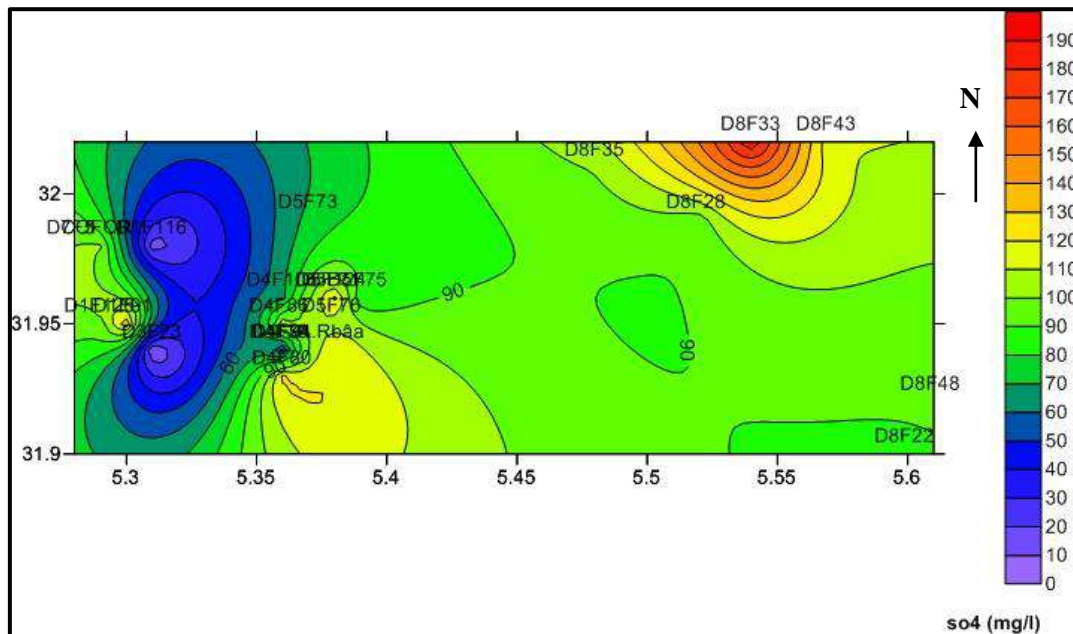
Source ANRH



**Tableau 25:** Les valeurs sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Commune/ $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	Forage					
	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Ouargla						
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	101	100	128	95	15	67
Ain el baida	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	119	122	146	73	82	107
Hassi benabdallah	H1	H2	H3	H4	H5	H6
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	101	113	<b>189</b>	95	92	88
Rouissat	R1	R2	R3	R4	R5	R6
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	<b>10</b>	49	122	107	134	85

Source ANRH

**Figure 26:** Carte iso-teneur de Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

D'après la carte de répartition du sulfate, les valeurs élevées varient entre (150-180mg/l) se situées au Nord-est présentes dans un seul forage dans la commune de Hassi benabdallah (H3), et les valeurs les plus faibles varient entre (10-60 mg/l) sont localisées à l'Ouest dans la commune de Rouissat (R1,R2), et dans la commune de Ouargla (O5,O6), les valeurs moyennes varient entre (70-140 mg/l) enregistrées dans les communes suivantes : Rouissat (R3,R4,R5,R6), Ouargla (O1,O2,O3,O4), Ain el baida (A1,A2,A3,A4,A5,A6), Hassi benabdallah (H1,H2,H4,H5,H6).



## II. Caractéristiques chimiques des eaux :

### II-1. Classification selon les formules chimiques des eaux de la nappe Mio-pliocène :

La détermination des faciès chimique sera faite par la conformation des méthodes suivantes :

La formule ionique, les faciès chimiques le diagramme de Piper et le diagramme de Schoeller-Berkaloff.

- La formule ionique et les faciès chimiques :

La formule à pour but de classes ordre décroissant les quantités en réaction en (méq/l) des groupes des anions et des cations cette formule permet de donner les faciès chimiques de chaque analyse.

- La balance ionique

Est l'expression d'une différence entre les charges positives (cations) et les charges négatives (anions). La théorie physique suppose la neutralité des charges au sein des échantillons d'eau, c'est-à-dire une égalité entre la somme des charges positives (cations) et la somme des charges négatives (anions).

**Tableau 26:** Formule et faciès chimique des eaux de la nappe Mio-pliocène

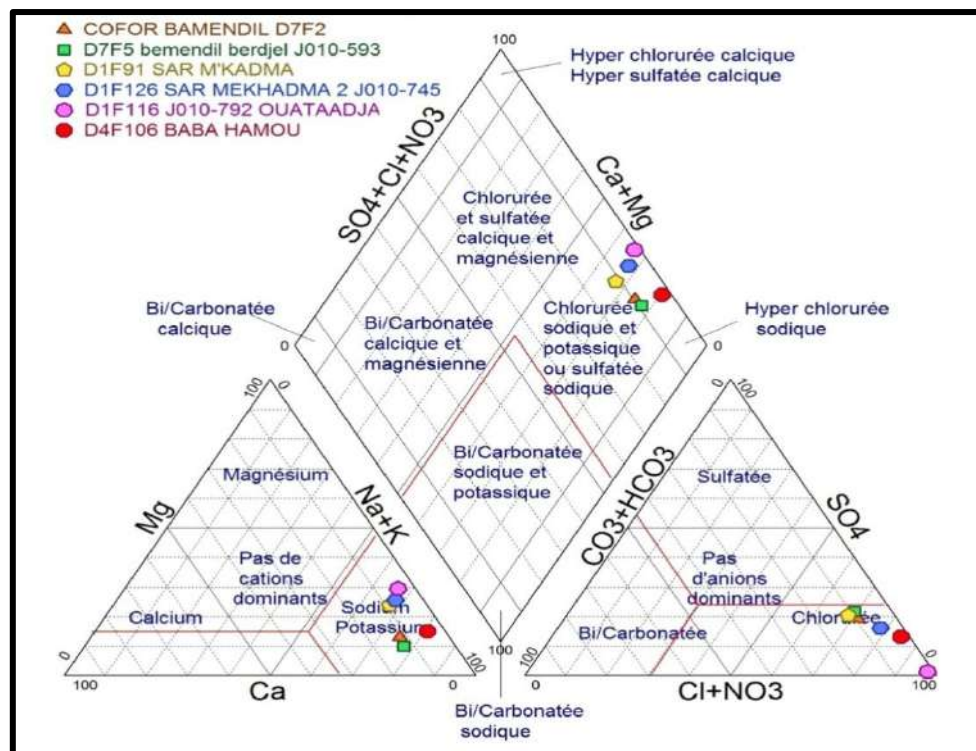
Commune	Forage	Formule	Faciès
<b>Ouargla</b>	R1	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	R2	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	R3	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	R4	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	R5	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	R6	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
<b>Rouissat</b>	O1	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	O2	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	O3	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	O4	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	O5	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	O6	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
<b>Ain el baida</b>	A1	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	A2	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	A3	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	A4	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	A5	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	A6	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
<b>Hassi benabdalah</b>	H1	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	H2	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	H3	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	H4	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	H5	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique
	H6	$\text{Cl}^- > \text{So}_4^{-2} > \text{Hco}_3^- \quad \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	Chloruré sodique

### II-2. Représentation graphique des faciès chimiques par Diagramme de PIPER :

A partir du diagramme de Piper obtenu on remarque que : les eaux souterraines se trouvant dans notre zone d'étude (Ouargla, Ain el baida, Hassi benabdallh, Rouissat) sont caractérisées par les concentrations des éléments suivantes :

- Le sodium est le cation domine dans les vingt quatre (24) forages.
- Le chlorure est l'anion domine dans les vingt quatre (24) forages.

D'après les calculs faits on conclut que les eaux souterraines d'irrigations de notre zone se caractérisent par un faciès chimique dit : «chlorurée sodique ».



**Figure 27:** Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Ouargla par le diagramme de Piper.



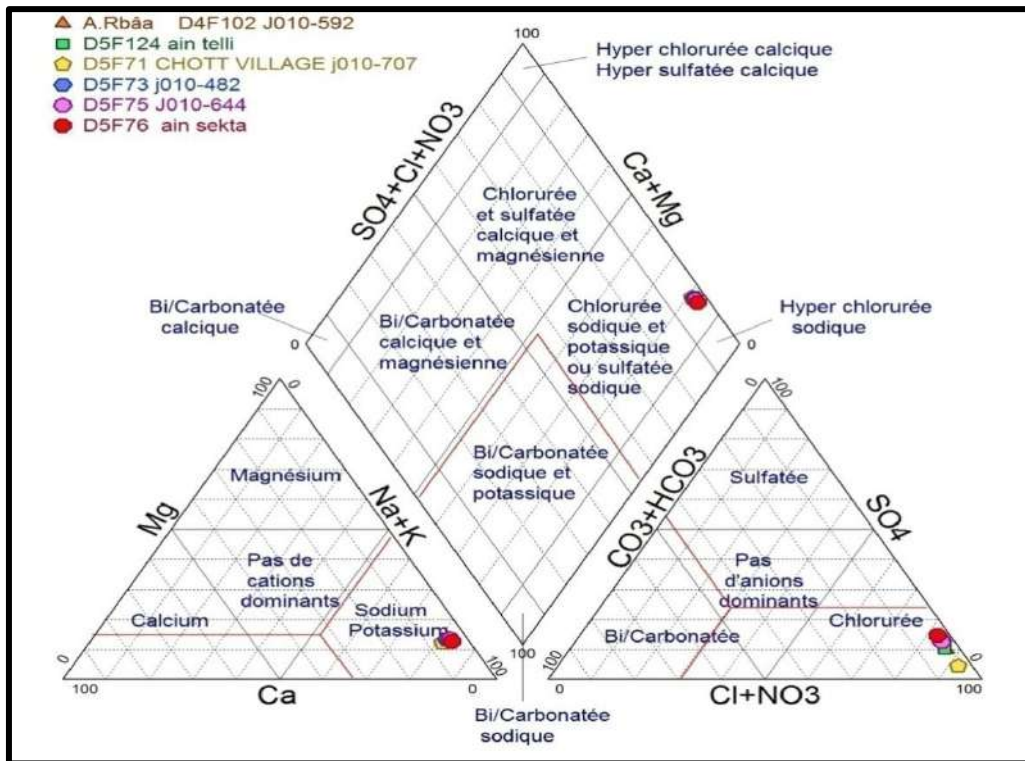


Figure 28: Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Ain el baida par Le diagramme de Piper

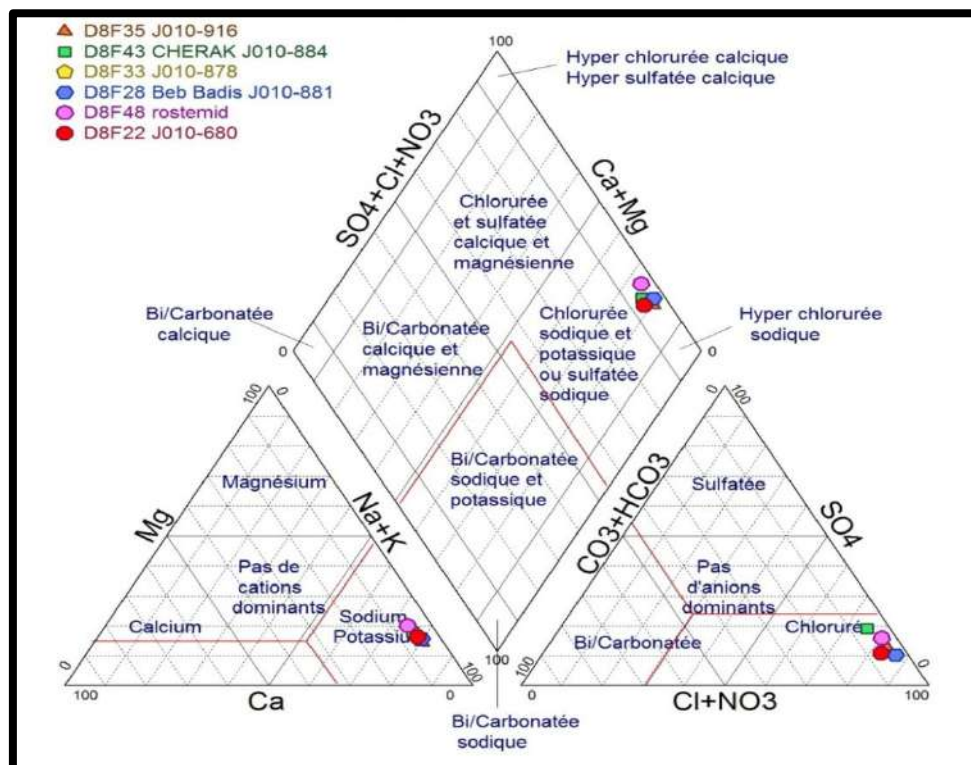
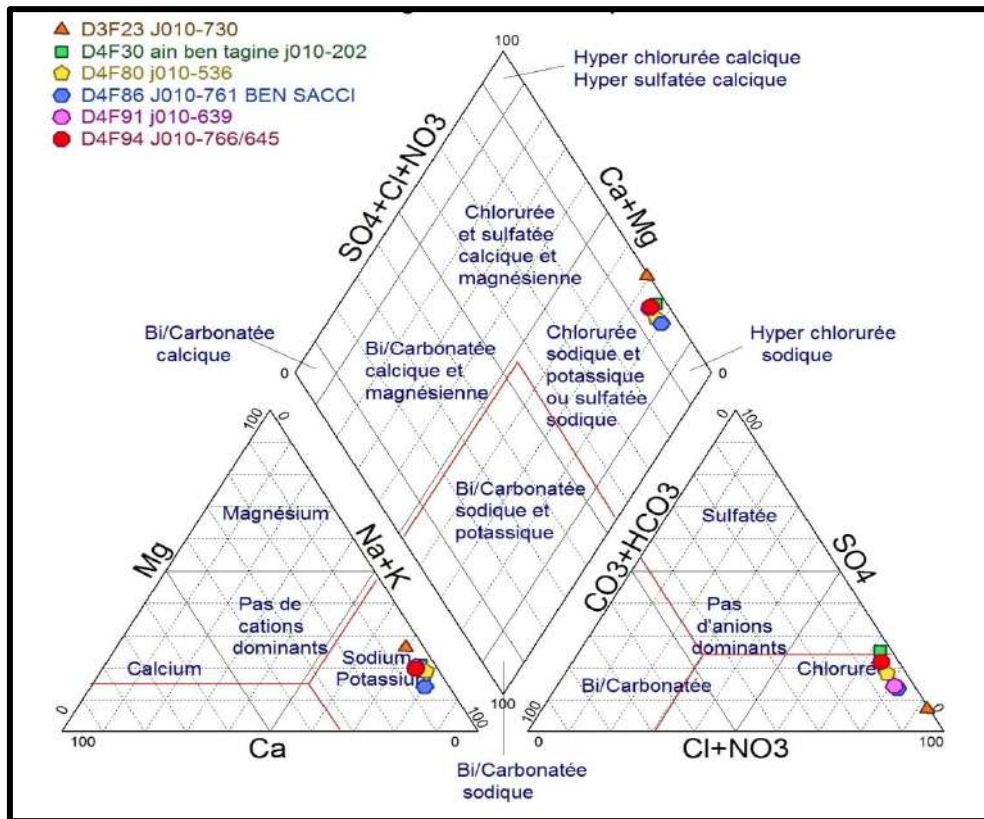


Figure 29: Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Hassi benabdallah par le diagramme de Piper



**Figure 30:** Représentation graphique des eaux souterraines de la commune de Rouissat par le diagramme de Piper.

### Conclusion :

L'étude hydrochimique des eaux de la nappe moi-pliocène des quatre (04) communes, montre que :

- Une conductivité élève allant (2038 et 7510  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) a cause de l'augmentation de concentration du sodium ;
- Le résidu sec est élève et oscillent entre (1832-6546 mg/l) a cause de la grand quantité de la minéralisation ;
- La minéralisation est comprise entre (2038-5700 mg/l) ;
- Le potentiel hydrogène pH varient entre 7.21 et 8.87 dans l'intervalle  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$   $\text{pH} > 7$ , donc les eaux sont de type basiques.

L'utilisation de diagrammes de PIPER a permis d'identifier un type de faciès chimique à savoir chlorurée sodique.

# *Conclusión Général*

## Conclusion général

---

### Conclusion

Notre zone d'étude appartient au Sahara Nord –Est septentrional algérien, Le relief d'Ouargla est caractérisé par une structure géomorphologique : plateau de la hamada pliocène; les glacis; chott et la sebkha ; dunes.

Dans cette partie du Sahara algérien se trouve trois formations hydrogéologiques de bas en haut (nappe du Continental Intercalaire; nappe du Complexe Terminal; nappe phréatique).

L'étude climatique sur une période de dix ans (10 ans) montre que :

Une rareté de précipitation avec un maximum (7.74 mm) observé au mois de janvier, et un minimum (0,32 mm) au mois de juillet, alors notre région a marqué une augmentation de température varié entre maximum au mois de juillet (43.58 °C), et le minimum (19.34°C) dans le mois de janvier.

Cette étude est complétée par les facteurs climatique telle que ; évaporation, Humidité relative de l'air, Vitesse de vent, L'insolation; et pour confirmer ce type de climat, l'étudier d'Indice d'aridité de DEMARTONNE donne une valeur de (0.9) ; qui appartient d'intervalle  $0 < I < 5$  ce dernier explique que notre région marque par un climat hyper-aride.

A partir d'évaluation des analyses hydrochimique montre que la majorité des eaux dans les quatre (04) communes sont caractérisées par :

- Une forte minéralisation et conductivité électrique;
- Le potentiel hydrogène pH varie entre (7.21) et (8.87), donc les eaux sont basiques ;
- Le faciès chimique est de type chloruré sodique.

L'étude des paramètres de salinité des eaux à usage agricole Explique que la plupart des eaux de notre zone d'étude sont caractérisées par :

- La dureté totale (DHT) variée entre (32-52); donc le type de l'eau est dure ;
- Sodium Adsorption Ratio (SAR) (> 9) ; donc il y a un dommage sévère ;
- Le pourcentage de sodium (%Na) varier entre deux (02) classes :
  - L'intervalle (60-80) de type médiocre enregistré dans les communes suivantes: Ouargla (O2,O3,O4,O5,O6); Roussat (R1,R2,R3R4,R5,R6);et Hassi benabdallah (H2,H3,H4,H5,H6).
  - L'intervalle (> 80) de type mauvais est localisé dans la commune de Ain el baida ( A1,A2,A3,A4,A5,A6).
- La valeur maximale de la salinité potentielle (SP) est (72.18) localisé dans le forage (A3) ; et la valeur minimale (25.14) dans le forage (R2).

## Conclusion général

---

- La valeur minimale de Sodium Adsorption Ratio (SAR) est de (6.01) au niveau du forage (O3), et maximale de (20.93) au niveau du forage (A6).
- Le plus fort pourcentage de sodium (%Na) il se trouve au niveau du forage (A6) avec une valeur de (82.92), et la plus faible concentration se trouve au forage de (R1) avec une valeur de (68.23).
- L'indice de perméabilité varie entre une concentration maximale de (85.25) dans le forage (A6), et la valeur minimale (70.24) au niveau de forage (R1).
- Le plus fort pourcentage d'échange de sodium (ESP %) est de (29.91) localisée au forage (A6), et le faible pourcentage enregistré dans le forage (R1) avec une valeur de (10.15).
- La valeur maximale de la pression osmotique (Π) est (2.38) localisé dans le forage (A1), et la valeur minimale (0.73) dans le forage (O1).

### **Recommandations :**

A la lumière de ce travail ; on proposées les solutions suivants :

- ✓ Quel que soit la destination prévue des eaux de la nappe du mio-pliocène, ces eaux demandent à être traitée avant usage (l'irrigation) ;
- ✓ Pour utiliser ce type d'eau il doit être choisir les plantes résistantes au sel tel que la luzerne, le blé, l'orge et les palmiers.

## Référence bibliographie

---

### A

[1]-**ALIEV M.** (1972). Structures géologiques et perspectives en pétrole et en gaz au Sahara algérien. (Tome 1) SONATRACH -Alger, 275p.

[2]-**ALLAG N., LEMMOUCHI A.,** (2017). «Evaluation de la qualité des eaux souterraines dans la région d'Eloued », mémoire master, Université KASDI MERBAH. Ouargla, P : 15-16-17.

[3]-**ALLOUL B.** (1981). Etude géologique et géotechnique des tufs calcaires et gypseux de l'Algérie en vue de leur valorisation routière.

[4]-**A.N.R.H. :**(2018). Les analyses chimiques de la wilaya de Ouargla.

[5]-**AWAD SADEK.** (2015). « hydrochimie et faciès géochimiques des eaux souterraines, plaine de BEKAA (LEBAN), Hydrological sciences journal, 56 :2, p : 334-348.

### B

[6]-**BAGNOUL F. et GAUSSEN H., 1953** – Saison sèche et indice xéothermique, *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 88 : 193 – 239.

[7]-**BARBAUGER A.** (2001). L'Oasis et le pays d'Ouargla Ann. Géo 1900p, 141 -158 pp.

[8]-**BENRIANA, BOUGOFFA. (2014).** « Mémoire de Gestion de ressource de l'eau de la cuvette d'Ouargla ». Université KASDI MERBAH. Ouargla.

### C

[9]-**CALVET R., 2003** - Le sol : Propriétés et fonctions. Édition France Agricole. 511p.

[10]-**CASTANY G., 1982** - Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ed : DUNOD, Paris.233pages. in CHEHMA A.M., 2011- Le Sahara en Algérie, situation et défis. Revue. CMEP Tassili. Université KASDI MERBAH. Ouargla, 14-21p.

[11]-**CHATRI H., DJEGOUBBI F.,** (2014). « Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe phréatique de la région d'Ouargla ».mémoire master, Université KASDI MERBAH. Ouargla, P : 08-09-10.

### D

[12]-**DAHALI SETTOU.** (2013). «Etude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe du continentale intercalaire de la région TOUAT (wilaya D'ADRAR). mémoire master, Université KASDI MERBAH. Ouargla, P : 47-50.

### H

[13]-**HAISSOUN A., IDHSSAINE A.,** (2013). « CARACTERISATION DE LA QUALITE

## Référence bibliographie

---

DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES DU BASSIN DE N'FIS » Université Cadi Ayyad, Marrakech. P : 25-26.

[14]-**HAMDI AISSA B., 2001** – Le Fonctionnement actuel et passé de sols du Nord du Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique et minéralogique et variabilité spatiale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 310p.

[15]-**HAMDI-AISSA B., GIRARD M.C., 2000** - Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse. Volume 11, Numéro 3, 179-88.

[16]-**HAMDI-AISSA B., VALLES V., AVENTURIER A, RIBOLZI O., 2004** - Géochimie et minéralogie des sols et des saumures des sebkhas dans l'écosystème désertique. Exemple de la cuvette de Ouargla, Sahara algérien. Colloque International « TERRE et EAU » Annaba, 21, 22 & 23.

### *K*

[17]-**KADDOURI O., LAIB H., (2016)**. «Etat actuel de l'environnement dans la région de Ouargla : les principales pollutions et leurs impacts » mémoire master, Université KASDI MERBAH. Ouargla, P : 13-14-15.

[18]-**KHARROUBI M., (2017)**. « Étude hydrogéologique de la nappe du complexe terminal de la vallée de Ouargla ».mémoire master, Université KASDI MERBAH. Ouargla, P : 56-57-58.

### *N*

[19]-**NEZLI IMED EDDINE. (2004)**. « Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla) ». Mémoire magister, Université BADJI MOKHTAR .Annaba, P : 07-08.

### *O*

[20]-**ONM., 2017** - Données climatiques de la période (2007-2017) région d'Ouargla.

### *R*

[21]-**ROUVILOIS- BRIGOL M., 1975** - Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Université de SORBONNE. Paris. 389p

### *U*

[22]-**UNESCO, 1972** - Nappe de continental intercalaire. Modèle mathématique. Paris. 122p.



## Annexe

Annexe n°1 : les coordonnées des forages.

commune	forage	forage	X	Y
OUARGLA	COFOR BAMENDIL D7F2	O1	05°17'28"	31°58'49"
	D7F5 bemendil berdjel J010-593	O2	05°16'57"	31°58'30"
	D1F91 SAR M'KADMA	O3	05°18'17"	31°56'46"
	D1F126 SAR MEKHADMA 2 J010-745	O4	05°17'41"	31°56'54"
	D1F116 J010-792 OUATAADJA	O5	05°18'48"	31°58'46"
	D4F106 BABA HAMOU	O6	05°21'28"	31°57'37"
AIN EL BAIDA	A.Rbâa D4F102 J010-592	A1	05°22'51"	31°56'37"
	D5F124 ain telli	A2	05°22'44"	31°57'52"
	D5F71 CHOTT VILLAGE j010-707	A3	05°22'54"	31°57'47"
	D5F73 j010-482	A4	05°23'21"	31°57'25"
	D5F75 J010-644	A5	05°23'19"	31°58'14"
	D5F76 ain sekta	A6	05°23'00"	31°57'04"
HASSI BENABDALLH	D8F35 J010-916	H1	05°28'37"	32°00'52"
	D8F43 CHERAK J010-884	H2	05°34'20"	32°01'29"
	D8F33 J010-878	H3	05°32'13"	32°01'06"
	D8F28 Beb Badis J010-881	H4	05°31'29"	31°59'29"
	D8F48 rostemid	H5	05°36'18"	31°55'17"
	D8F22 J010-680	H6	05°35'42"	31°54'00"
ROUISSAT	D3F23 J010-730	R1	05°19'00"	31°56'33"
	D4F30 ain ben tagine j010-202	R2	05°21'40"	31°56'14"
	D4F80 j010-536	R3	05°21'31"	31°55'42"
	D4F86 J010-761 BEN SACCI	R4	05°21'13"	31°56'42"
	D4F91 j010-639	R5	05°21'35"	31°56'12"
	D4F94 J010-766/645	R6	05°21'19"	31°56'26"

Annexe n°2 : Tableau les normes Algériennes des eaux d'irrigation.

Paramètres	Unités	Concentration maximale admissible
PH		6.5-8.5
Conductivité	µs/cm	2500
Résidu sec	Mg/l	2000
Calcium	Mg/l	200
Magnésium	Mg/l	150
Sodium	Mg/l	250
Chlorure	Mg/l	500
Sulfates	Mg/l	400
Nitrate	Mg/l	50
Nitrite	Mg/l	0.1