



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## MASTER

**Domaine :** *Sciences et Technologies*

**Filière :** *genie des procédés*

**Spécialité :** *Genie chimie*

Par : MOHAMED ABDALLH BEKAH AHMED

## Thème

Contribution à l'analyse des eaux albiennes de la région de Ghardaïa et classification de ces eaux suivant les diagrammes de potabilité

Soutenu publiquement le : 02/07/2018

Devant le jury :

<b>Mr. LADJALE Boumedien</b>	.....M.A.A.....	Univ. Ghardaïa	<b>Président</b>
<b>M. MOULAY Karroumia</b>	.....M.A.A.....	Univ. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>M. BOUAMER Khaira</b>	.....M.A.A.....	Univ. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>M. BABAAMER Zohra</b>	M.C.A	Univ. Ghardaïa	<b>Encadreur</b>

Année universitaire 2017/2018

# DEDICACES

*Je dédie ce travail :*

*Mes parents, pour leurs amours, soutiens, Encouragements, et sacrifices, sans qui je n'aurais pas pu arriver à ce stade.*

*Mes très chères sœurs*

*Mon très cher et unique frère*

*Mes très chers grands parents*

*Mes oncles, à mes tantes et mes cousins.*

*Toute ma famille*

*Mon collègue pour ce travail*

*Tous mes professeurs du département ST.*

*Mes collègues donne la spécialité Génie de procédés*

*A toutes mes amies*

**Merci à vous tous**

**AHMED**

# Remerciements

*Nous tenons à remercier :*

*Avent tout*

Allah le tout puissant *de nous avoir donné le courage et la volonté  
d'accomplir ce travail*

*Tout particulier*

*Notre encadreur, DR. BABA AMER.Z, pour nous avoir encadré, dirigé  
et conseillé, et pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires à  
l'accomplissement de ce travail.*

*Également*

*Les membres du jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.*

*Monsieur Arif M chef département ST dans l'université de Ghardaïa.*

*Toutes les personnes de Algérien des eaux projet ADE, tous les bureaux  
d'études travaillant avec eux,*

*En plus*

*Mme Bouamer, ainsi qu'au Mme Moulay, au Mme Traboulsi et à  
Mr.M<sup>ed</sup> Salehagoun dont la disponibilité affable et permanente ont été d'un  
très grand intérêt*

*Enfin*

*Tous ceux qui nous ont aidés de près ou deloin, que ce soit par leur amitié,  
leurs conseils ou leurs soutien moral, trouveront dans ces quelque  
lignes l'expression de mes remerciements les plus vifs.*

## Liste Des Figures

- Figure 1 : situation de la wilaya de ghardaïa (internet modifié)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 2: température moyenne mensuelle (2010-2014)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 3: précipitations moyennes mensuelles(2010-2014)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 4: l'humidité relative moyenne mensuelle du l'air (2010-2014).....**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 5: l'évaporation mensuelle mesurée en mm (2010-2014)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- fig.6:diagramme ombrothermique à la station de ghardaïa (2010-2014) .....**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 7 : la carte géologique de la willaya de ghardaïa (anrh, 2010)... **Erreur ! Signet non défini.**
- 19 figure 8 :la coupe lithologique de forage cnas – moudjahidine commune de ghardaïa (anrh,2010)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 9 : la coupe lithologique de forage ahbas atteuf (anrh, 2009) .... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 10 : coupe ouest-est à travers la dorsale du m'zab (achour, 2014) .....**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 11 : synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (miourigh, 2011)**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 12 : spectromètre à flamme (jenway)      figure 13: spectrophotomètre uv 440µm **Erreur ! Signet non défini.**
- figure14 : représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 15 : l'évaluation de teneur en nitrates de l'ensemble des puits analysés**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 16: l'évaluation des teneurs en nitrite de l'ensemble des forages analysés ... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 10 : l'évaluation des teneurs en ammonium de l'ensemble des forages analysés .....**Erreur ! Signet non défini.**
- figure 17 : l'évaluation des teneurs en ortho-phosphates de l'ensemble des forages analysés ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure18: représentation su diagramme piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 19: représentation des analyses d'eaux de la région de berraiane selon le diagramme de piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- figure 20: représentation des analyses d'eaux de la région de ghardaïa selon le diagramme de piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 21: représentation des analyses d'eaux de la région de guerrara selon le diagramme de piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 22: représentation des analyses d'eaux de la région de menia selon le diagramme de piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 23: représentation des analyses d'eaux de la région de zelfana selon le diagramme de piper ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 24: faciès chimiques des eaux de la région d'ghardaia d'après le diagramme de schoeller ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 20 : faciès chimiques des eaux de la région d'berraiane d'après le diagramme de schoeller ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 21 : faciès chimiques des eaux de la région d'menia d'après le diagramme de schoeller ..... **Erreur ! Signet non défini.**

figure 22: faciès chimiques des eaux de la région d'zelfana d'après le diagramme de schoeller ..... **Erreur ! Signet non défini.**

## Liste Des Tableaux

Tableau n°1:temperature moyenne mensuelle (o.n.m de ghardaïa 2001-2014)**Erreur ! Signet non défini.**

tableau n°2:precipitations moyennes mensuelles (o.n.m de ghardaïa 2010-2014).. **Erreur ! Signet non défini.**

tableau n°3: evaporation moyenne mensuelle dans la region de ghardaïa (o.n.m de ghardaïa 2010-2014). ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau n°4: moyenne des precipitations et des temperatures (o.n.m de ghardaïa 2010-2014) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 6 : variations du ph ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 7: variations des conductivites electriques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 8 : variations des concentrations du calcium..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 9 : variations des concentrations du magnesium..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 10: variations des concentrations du sodium..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 11 : variations des concentrations du potassium ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 12: variations des concentrations des bicarbonates ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 13: variations des concentrations des chlorures ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau 14: variations des concentrations des sulfates ..... **Erreur ! Signet non défini.**

## Sommaire

1-Introduction.....	3
2-Définition de l'eau .....	3
3-Importance de l'eau.....	3
4 Eau minéraux :.....	3
4.1 Classification des eaux minéraux: .....	4
B. Température :.....	4
4.1.2Usages thérapeutiques de l'eau minérale :.....	4
5 les eaux usées: .....	4
5.1 Origine des eaux usées: .....	5
5.2 Systèmes d'assainissement:.....	5
6-Adéquation entre ressources et besoins en eau .....	5
7-Sources d'eau .....	6

7.1-Eaux souterraines .....	6
7.1.1-les nappes .....	7
7.2-Eau de surface .....	7
7.3-Eau saline .....	8
7.3.1-Eau de mer .....	8
7.3.2-Eaux saumâtres .....	8
7.3.3-Origine de la salinité .....	8
1.Situation géographique : .....	9
2. Limites .....	9
3. Milieu physique .....	10
3.1. Géomorphologie .....	10
3.1.3. Région des Regs .....	11
4. Description de l'Oued M'Zab .....	11
5 . Paramètres climatiques de la région : .....	12
5.1 La température:.....	12
5.2- La pluviométrie : .....	14
5.3- Humidité : .....	14
5.4- L'évaporation mesurée : .....	15
6-Characterisation du climat : .....	16
6.1- Diagramme Ombrothermique : .....	16
1. Outils d'analyse des données .....	18
1.-. Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon (L.H.A.).....	18
3.4-Les paramètres chimiques .....	23
3.4.1-Le Calcium .....	23



3.4.2 Le magnesium .....	24
3.4.3- Le Sodium .....	25
3.4.4- Le Potassium .....	25
3.4.5- Les Bicarbonates .....	26
4.4.6- Les Chlorures .....	27
4.4.7- Les Sulfates .....	27
5- Classification des eaux souterraines selon PIPER .....	29
6- Classification des eaux souterraines selon Schoeller-Berkaloff .....	33
CONCLUSSION GENERALE.....	42

# **Introduction générale**

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## **Introduction générale :**

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours (usage domestique, loisirs). L'origine des eaux servant à l'alimentation humaine provient des eaux souterraines, les eaux douces de surface c'est-à-dire celle des ruisseaux, des rivières, des fleuves, des barrages, ou dans certains cas, par dessalements des eaux de mer... (Christiane, 1999).

Dans les pays en voie de développement à climat aride, le rôle des eaux souterraines est d'autant plus important qu'elles constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau potable et sont donc vitales pour le développement de ces pays (TRAVI, 1993).

Pour le Sahara Algérien qui s'étend sur les 2/3 de la superficie du pays avec plus de 2 millions de Km<sup>2</sup>, recèle d'importantes ressources en eau souterraines emmagasinées dans les deux grands systèmes aquifères du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Ces dernières, constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau (ANRH, 1986).

Le terme du Continental intercalaire désigne d'après son auteur (C.Kilian, 1932) une épisode continentale localisée entre deux cycles sédimentaires marins : celui du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne à la base, et le cycle du Crétacé supérieur au sommet.

Le Complexe terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire et principalement du Miocène.

Malheureusement les ressources utilisées par les deux systèmes aquifères sont en grande partie, non renouvelables, ce qui a conduit à la baisse de l'artésianisme, à la dégradation de leur qualité (salinisation) et au risque d'épuisement.

Diverses études ont également porté sur la qualité physicochimique, et parfois bactériologique, des eaux de ce système aquifère. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement. C'est ainsi que des propositions de traitements, adaptés aux paramètres de

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

qualité à corriger, ont été effectuées (Achour et Youcef, 2001 ; Megdoud, 2003 ; Bouchahm et Achour, 2008).

L'objectif du présent ce travail est de donner un aperçu sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines cas de région de Ghardaïa , avec une comparaison des eaux de la région de zelfana ,menia,guerrara et berraiane, afin d'évaluer la potabilité de ces eaux et en vue de leurs utilisation dans l'irrigation.

# **Chapitre I**

## **GENERALITES SUR**

## **L'EAU**

## **1-Introduction**

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (1).

En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleu » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau. L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie(2).

## **2-Définition de l'eau**

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants(3) .

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces microorganismes sont grands. Ses caractéristiques de potabilité répondent à des normes établis soit au niveau national, ou international. Son accessibilité est variable d'une région à l'autre du fait des phénomènes climatiques, géographiques, socioculturels et économiques. Ce qui peut amener les populations à utiliser des eaux de qualité douteuse.

## **3-Importance de l'eau**

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes(4).

## **4 Eau minérales :**

L'eau minérale naturelle est une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain.

**4.1 Classification des eaux minérales:**

Les eaux minérales sont classées par leur composition chimique (quantité et nature des minéraux contenus sous forme ionique), la température et le pH.

**4.1.1 Composition chimique :**

Elles sont classées en fonction de leur composition chimique en eaux :

- – sulfurées sodiques ou calciques ; – sulfatées ;
- – chlorurées sodiques ou salées ;
- – bicarbonatées gazeuses ;
- – à minéralisation spécial (exemple : eaux ferrugineuses).

**B. Température :**

Selon les différents degrés de température, on distingue les eaux [24, 29]:

- hyperthermales dont la température est supérieure à 50 °C :
- méso thermales ou thermales dont la température est comprise entre 35-50 °C .
- hypo thermales dont la température est située entre 20-35°C.
- froides dont la température est inférieure à 20 °C.

**4.1.2 Usages thérapeutiques de l'eau minérale :**

De nos jours, l'eau souterraine a les principales destinations ou usage suivants: domestique, agropastoral, industriel et la production minière.

Pour ce qui concerne son usage thérapeutique, encore appelée crénothérapie (créno: du grec créné "source") [24], certaines eaux souterraines sont dotées de propriétés curatives et possèdent par conséquent des applications en médecine humaine en tant qu'eaux thermales ou minérales [31].

**5 les eaux usées:**

Les eaux usées sont utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

**5.1 Origine des eaux usées:**

- 1- Les eaux usées domestiques
- 2- Les eaux usées ruissellement
- 3- Les eaux usées industrielles
- 4- Les eaux usées urbaines

**5.2 Systèmes d'assainissement:**

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- 1- Le système unitaire.
- 2- Le système séparatif.

**6-Adéquation entre ressources et besoins en eau**

Les ressources en eau renouvelables offertes par la nature peuvent être estimées à partir des flux du cycle de l'eau et plus particulièrement des flux de circulation des eaux continentales aux environs de 40 000 km<sup>3</sup> /an. Compte tenu de la population actuelle de la planète qui est d'environ 6 milliards d'habitants, la quantité moyenne d'eau renouvelable disponible est de l'ordre de 7 000 m<sup>3</sup> /an/habitant soit 20 m<sup>3</sup> /jour/habitant, ce qui est très largement supérieur aux besoins. En fait, les problèmes actuels et futurs sont multiples :

- La population de la planète ne cesse d'augmenter alors que la ressource reste constante. Dans certains cas mêmes, cette ressource diminue par suite des problèmes de pollution.

- Les ressources en eau sont très inégalement réparties sur la planète. Il y a les déserts et les zones subarides (30% des terres émergées) qui n'ont que peu ou pas d'eau. Il y a aussi certaines zones équatoriales ou tropicales sur lesquelles tombent chaque année plusieurs mètres de pluie.

Ainsi, neuf pays se partagent 60% des ressources en eau (40 000 km<sup>3</sup> /an) : Brésil, Russie, Chine, Canada, Indonésie, États-Unis, Inde, Colombie, Zaïre. Très souvent, des inégalités peuvent exister au niveau d'un pays. En Algérie, par exemple, 75% des ressources renouvelables sont concentrées sur 6% du territoire ;



Les besoins en eau sont très variables suivant les pays. Il y a les pays en voie de développement peu industrialisés ou la consommation par tête n'excède guère une quarantaine de litres par jour, tous usages compris. Mais, il y a des Etats industrialisés ou la consommation journalière atteint plusieurs milliers de litres par personne si on additionne les besoins domestiques, agricoles et industriels. Ici, les populations – femmes et enfants surtout – sont astreintes à porter sur des kilomètres les quelques litres d'eau indispensables à la boisson et aux usages domestiques. Ailleurs, des installations gaspillent des milliers de tonnes d'eau qu'il existe des procédés permettant des économies énormes. (6)

### **7-Sources d'eau**

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines,
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs),
- Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. (7)

#### **7.1-Eaux souterraines**

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes. (7)

**7.1.1-les nappes****7.1.1.1-Définitions**

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau .(8)

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue. (9)

**7.1.1.2-Les différents types de nappes****a. Nappe libre**

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable

**b. Nappe captive**

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive. (10)

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes. • Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées. Revue bibliographique chapitre 1 12 • Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives . (11)

**7.1.1.3- la plus grande nappe phréatique du monde**

Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. (12)

**7.2-Eau de surface**

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. (13)

### **7.3-Eau saline**

Une eau saline est constituée d'eaux naturelles qui contiennent une quantité notable de sels, dont la nature n'est ni ferrugineuse (eau ferrugineuse) ni sulfureuse. L'eau saline comprend les eaux dures, l'eau salée, l'eau alcaline... et l'eau continentale qui contient une forte concentration en sels. Ainsi, une eau est dite saline lorsque l'eau salée possède une teneur en matières dissoutes proche de celle de l'eau de mer. Par convention, on y classe toute eau salée à concentration comprise entre 10 000 et 100 000 ppm, donc intermédiaire entre l'eau saumâtre et l'eau sursalée. (14)

#### **7.3.1-Eau de mer**

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7.5 et 8.4. (15).

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates).

La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées. (16)

#### **7.3.2-Eaux saumâtres**

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{Na Cl}$  [16].

#### **7.3.3-Origine de la salinité**

Les premières théories scientifiques sur l'origine du sel de la mer émanaient d'Edmond Halley qui proposa en 1715 que le sel et les autres minéraux y sont amenés par les rivières.

L'écoulement de l'eau en surface (eau de pluie) et dans les rivières arrache des ions par dissolution des roches. Les eaux douces souterraines et de surface sont donc très légèrement salées à cause de ses ions qui sont entraînés jusqu'à l'océan où ils restent ; tandis l'évaporation entraîne leurs concentrations. [18].

## **Chapitre II**

# **PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE**

La wilaya de Ghardaïa se trouve dans une région désertique très peu étudiée de point de vue gestion de l'espace et la gestion des parcours.

**1.Situation géographique :**

La wilaya Ghardaïa, se situe à 600 Km au sud d'Alger dans la partie centrale du nord du Sahara algérien aux portes du désert à 32° 30 de latitude Nord et à 3° 45 de longitude.

Le territoire de la wilaya couvre une superficie de 86560 Km<sup>2</sup>, comptant 8 daïras et 11 communes.

La wilaya du Ghardaïa est appelée à jouer le rôle de jonction entre la zone des hauts plateaux et le grand sud (carte n° 01).

**2. Limites**

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat .
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa .
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset .
- Au Sud-ouest par la Wilaya d'Adrar .
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh.

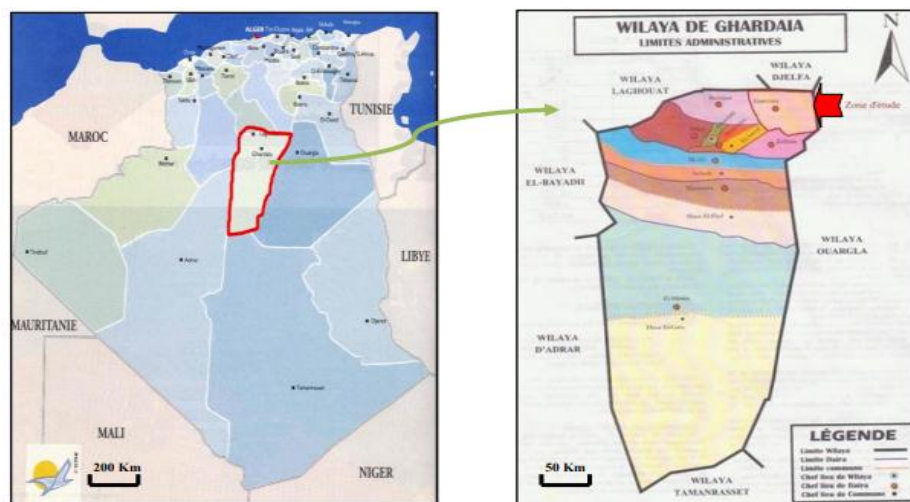


Figure 1 : Situation de la Wilaya de Ghardaïa (internet modifié)

### 3. Milieu physique

Le milieu physique comporte la géomorphologie de la région qui présente des spécificités et des particularités bien distinctes la caractérisant des autres régions Sahariennes.

#### 3.1. Géomorphologie

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques D.P.A.T. (2005) -La Chabka du M'Zab. -La région des dayas. -La région des Ergs (carte n° 02).

##### 3.1.1. Chabka du M'Zab

C'est un plateau crétaqué rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Ces vallées sont plus ou moins parallèles et leur pente dirigée vers l'Est.

La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable, et n'atteint pas les cent mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges

. Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km<sup>2</sup>, représentant 21 % de la région du M'Zab (COYNE, 1989). Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise d'El loua, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement.

Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoua et Hassi -Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau.

##### 3.1.2. Région des dayas

Au sud de l'Atlas saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l'abondance de ces entités physiologiques et biologiques qualifiées des dayas.

Dans la région de Ghardaïa seule la commune de Guerrara, située au nord-est, occupe une petite partie du pays des dayas.

De substratum géologique miopliocène, les dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résulté des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique (17).

La région des dayas par sa richesse floristique offre par excellence les meilleures zones de parcours.

### **3.1.3. Région des Regs**

Située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux.

Les Regs sont le résultat de la déflation, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf.

## **4. Description de l'Oued M'Zab.**

L'oued M'Zab est limité par deux grands oueds: Oued N'Sa au Nord et Oued Metlili au Sud. D'après Dubief (1953) la superficie du bassin du M'Zab est de 5000 km<sup>2</sup>, environ. Ses contours sont imprécis dans la partie orientale. L'oued M'Zab coule sensiblement d'Ouest en Est sur 320 km de la région de Botma-Rouila, à 750 m d'altitude (où il prend sa source sous le nom d'Oued El-Abiod), à la SebkhetSafioune qui est à la cote 107 m avec une pente assez forte entre Ghardaïa et Bounoura. Les principaux affluents du M'Zab sont :

- En amont de Ghardaïa sur la rive gauche, Oued El-Haimeur (dans la Daïa Ben Dahoua), sur la rive droite: Oued Touzouz qui rejoint le M'Zab immédiatement en amont de la palmeraie de Ghardaïa .

- En aval de Ghardaïa, nous rencontrons au Sud de Béni-Isguen, l'Oued N'Tissa qui traverse la palmeraie de cette dernière. A quelques centaines de mètres en aval de Béni-Isguen, nous rencontrons l'Oued Azouil dont le lit est occupé par les Jardins de Bounoura .

- Tout à fait en aval de la pentapole mozabite nous rencontrons sur la rive droite oued Noumérat, sur celle de la gauche légèrement en amont de Zelfana, l'Oued Nessaimou.
- En fin très en aval de l'oasis de Zelfana, nous avons l'Oued Hassei.

- Les écoulements d'Oued M'Zab sont perturbés au niveau des villes mozabites par une série de barrages. Ils font partie du système hydraulique mozabite qui a pour but:

- De collecter les eaux qui ruissellent accidentellement sur les pentes abruptes qui bordent les palmeraies ;

- De dériver dans les jardins une partie des écoulements accidentels au moyen des barrages de dérivations et de canaux distributeurs ;

- D'arrêter l'eau et de lui permettre à s'étaler par des barrages de retenue et au même temps remplir- les puits qui vont alimenter la nappe superficielle.

- La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'zab, oued N'sa et oued Zegrir.

- L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'zab, ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région. Les ressources hydrauliques de la Wilaya sont essentiellement souterraines.

- Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant la région de Ghardaïa. Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat – Ghardaïa.

## **5 . Paramètres climatiques de la région :**

La région de Ghardaia est caractérisée par un climat saharien aride, température très élevée, précipitation rare (moins de 60 mm/an).

### **5.1 La température:**

La température est un paramètre fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux



de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

**Tableau n°1. Température moyenne mensuelle (O.N.M de Ghardaïa 2001-2014)**

Mois	T Min (°C)	T Max (°C)	T Moy (°C)
Janvier	2,46	24,2	13,33
Février	2,62	25,16	13,89
Mars	4,72	30,6	17,66
Avril	9,56	35	22,28
Mai	13,78	39,34	26,56
Juin	19,62	43,14	31,38
Juillet	23,2	37,78	30,49
Aout	23,36	43,54	33,45
Septembre	18,28	41,84	30,06
Octobre	12,8	36,42	24,61
Novembre	5,58	29,58	17,58
Décembre	2,35	23,48	12,91
<b>Moyenne</b>	<b>11,53</b>	<b>34,17</b>	<b>22,85</b>

**T Moy(°C):**Température moyenne mensuelle

. **T Min (°C):**Température minimale mensuelle.

**T Max (°C):**Température maximale mensuelle.

Les variations de température moyenne mensuelle sont représentées sur la (fig.3) qui montre une grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été. Les mois de Juin, Août et Septembre sont les mois les plus chauds en général avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 43,14 à 43,54 et 41,84°C et le mois le plus froid est Décembre avec une moyenne de température de 23,5°C.

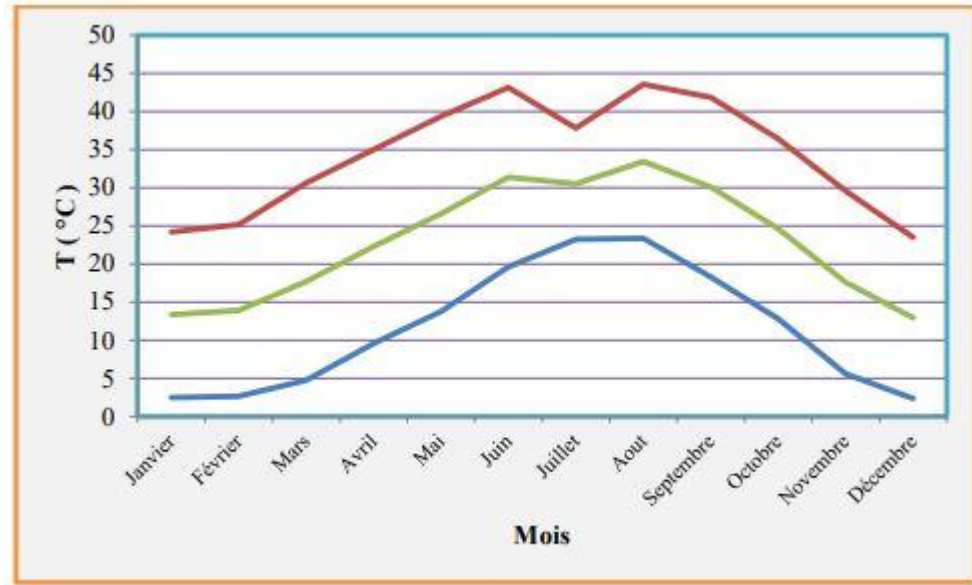


Figure 2: Température moyenne mensuelle (2010-2014).

**5.2- La pluviométrie :**

La courbe de variations des moyennes mensuelles des précipitations, montre que les précipitations sont très faibles et irrégulières. Elles varient entre 0,22 mm au mois de Février et 14,94 mm au mois de Mars qui est le plus pluvieux. Les pluies sont en générale torrentielles et durent peu de temps sauf dans des cas exceptionnels.

**Tableau n°2:Précipitations moyennes mensuelles (O.N.M de Ghardaïa 2010-2014)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	An
P(mm)	5,64	0,22	14,94	6,62	1,3	4,54	2,24	1,34	12,96	5,28	6,8	12,02	73,9

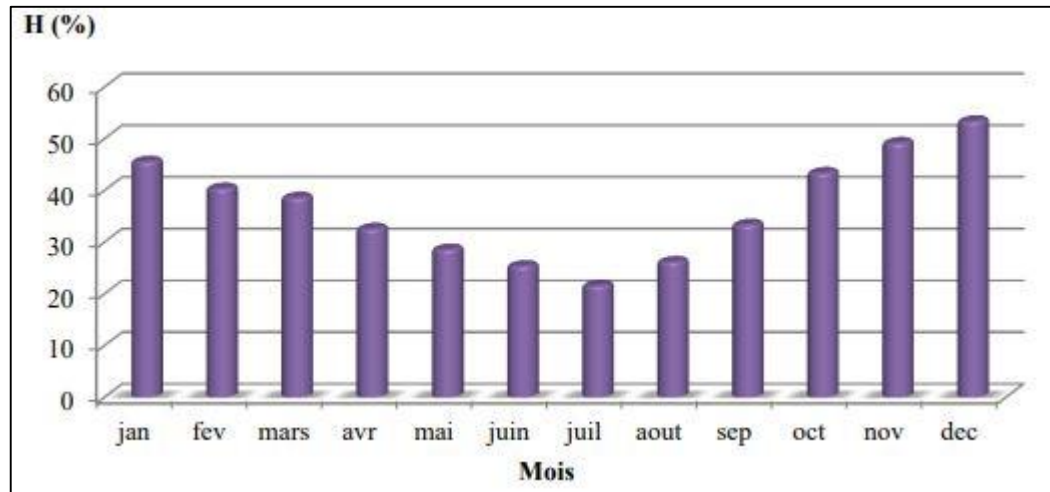
Figure 3: Précipitations moyennes mensuelles(2010-2014)

**5.3- Humidité :**

L’humidité est définie comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d’eau dans l’air humide et la pression de saturation à la même température. Elle est exprimée en pourcentage. Le tableau ci-dessous n°6 représente l’humidité relative moyenne mensuelle du l’air (2010-2014).

**Tableau n°3: L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (O.N.M de Ghardaïa 2010-2014)**

L'humidité relative moyenne est inférieure à 50% pendant toute l'année exceptée le mois de Décembre. Le maximum est observé au mois de Décembre avec une moyenne de 53,4% et le minimum observé au mois de Juillet est de 21,6%.

**Figure 3: L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (2010-2014).**

#### 5.4- L'évaporation mesurée :

L'évaporation est la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère et 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.

L'analyse du tableau n°7 montre que l'évaporation est très élevée dans les mois de Mai, Juin, Juillet, Août et Septembre. Cette augmentation est due à l'aridité du climat dans cette région.

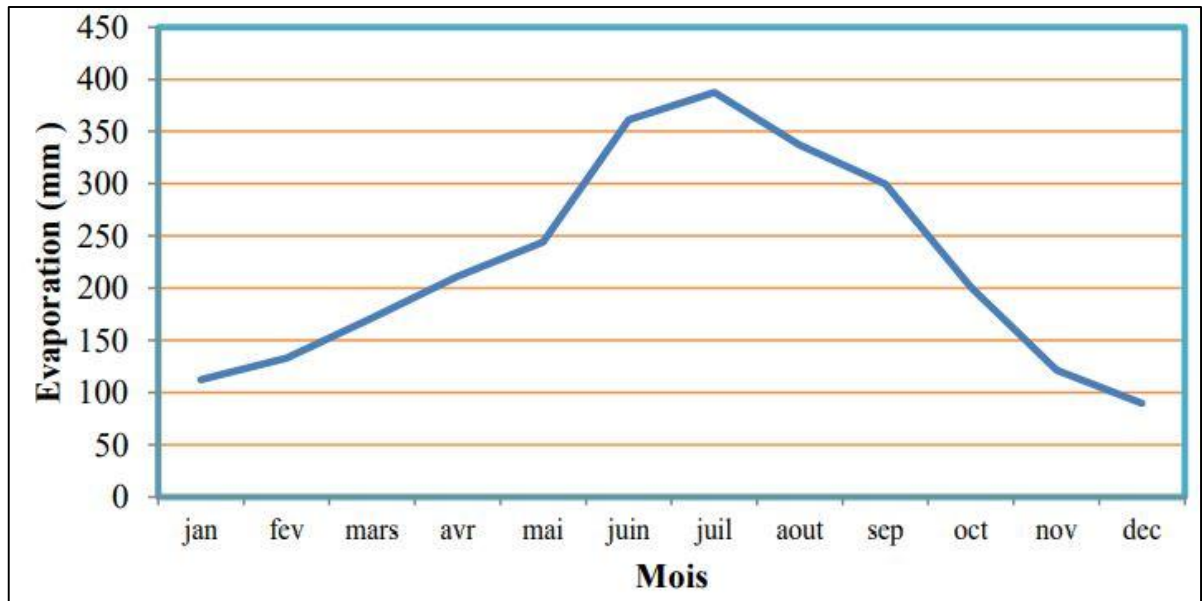


Figure 5: L'évaporation mensuelle mesurée en mm (2010-2014).

### 6- Caractérisation du climat :

La détermination du climat d'une zone donnée, le calcul des indices ou la représentation des diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Dans ce cas, deux paramètres sont généralement pris en considération, ce sont la pluviométrie et la température.

#### 6.1- Diagramme Ombrothermique :

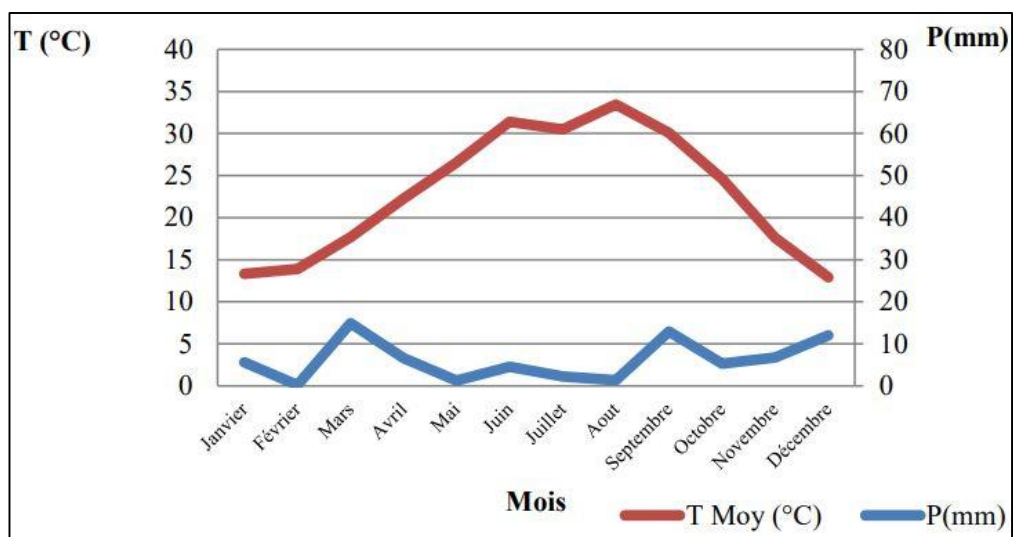
Le diagramme Ombrothermique établi à partir des valeurs de la température moyenne ( $M+m/2$  °C) et de la précipitation moyenne mensuelle (mm), permet de bien distinguer une saison sèche indiquant clairement un déficit de précipitation et une saison arrosée présentant un excédent de précipitation.

Un mois sec se définit, selon (Bagnouls et Gausson, 1953, 1957) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètre) égal ou inférieur au double de la température (moyenne en °C) ( $P \leq 2T^\circ$ ).

avec:

P: Précipitation moyenne mensuelle ( mm ).

T: Température moyenne mensuelle (°C).



**Fig.6:Diagramme Ombrothermique à la station de Ghardaïa (2010-2014)**

D'après ce diagramme, on déduit que la région du Ghardaia est caractérisée par une saison sèche qui s'étale sur toute l'année.

# **Chapitre III**

## **MATERIELES ET METHODES**

1. Outils d’analyse des données

Pour interpréter les résultats d’analyses, nous avons utilisé les logiciel suivant :

1.-. Logiciel d’Hydrochimie d’Avignon (L.H.A.)

Nous avons utilisé le logiciel d’hydrochimie d’Avignon (version 4, 2008) (Figure 15), qui nous permet de classer les eaux en faciès chimique et en classe d'eau potable et d’irrigation, et de construire en particulier les diagrammes de Piper, de Schoeller-Berkaloff et de Riverside.

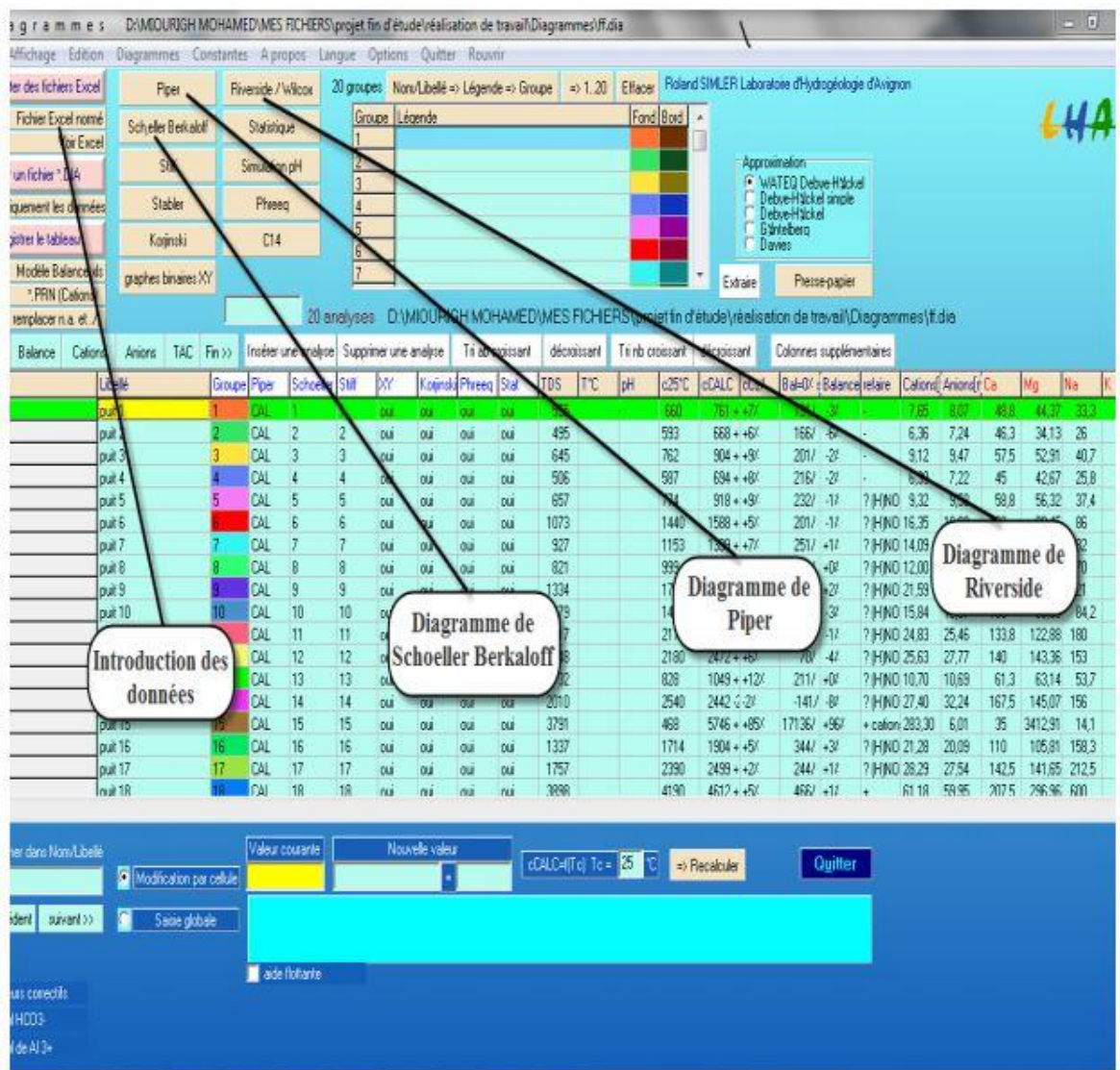


Figure 7 : Représentation de l’interface du logiciel d’hydrochimie

## 2.1-Introduction:

L'hydrochimie est l'étude des caractéristiques physiques et chimique de l'eau.

L'interprétation des résultats des analyses des eaux de l'aquifère nous permet de déterminer l'origine de ces eaux et de détecter une éventuelle contamination. Pour atteindre cet objectif, nous avons étudié dans ce chapitre l'évolution des paramètres physico-chimiques et les paramètres de pollution. Ensuite, nous avons déterminé le faciès chimique des eaux de la forages dans la région de Ghardaïa. Expliquer les corrélations entre les différents ions par l'application de la méthode de l'analyse en composantes principales (ACP) et enfin, estimer l'aptitude des forages à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

Ensuite nous avons déterminé:

- La classification des eaux dans les trois régions selon Piper et Schoeller-Berkaloff;
- L'évaluation de la potabilité de l'eau;
- L'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

## 2.2- Paramètres de pollution :

### 2.2.1-Nitrates

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l (Sahraoui, 2014).

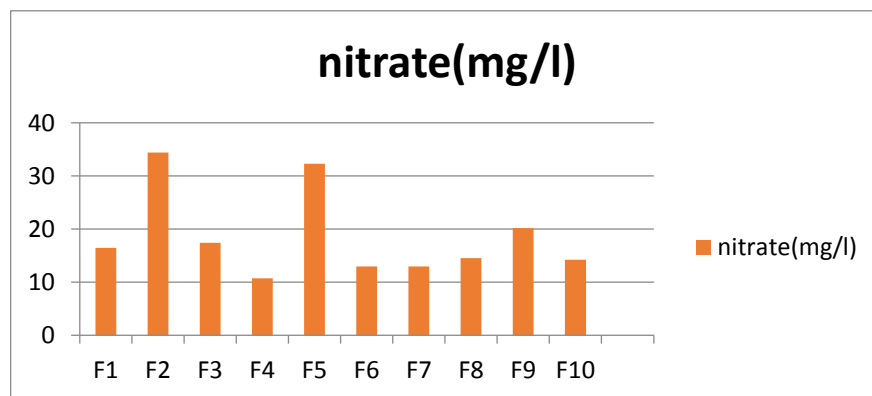


Figure 8 : L'évaluation de teneur en Nitrates de l'ensemble des puits analysés



### 2.2.2-Nitrites

Les nitrites consistent une étape important dans la métabolisme des compositions azotés. La présence de nitrites d'origine naturelle est très rare.

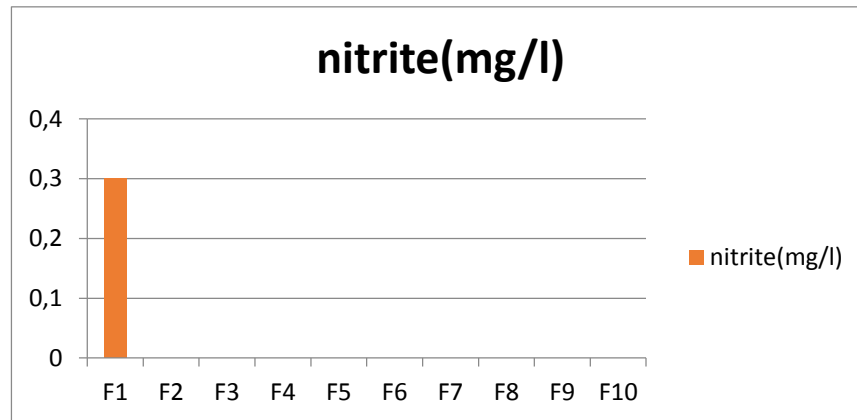


Figure 9 : L'évaluation des teneurs en Nitrite de l'ensemble des puits analysés

### 2.2.3-L'ammonium

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole.

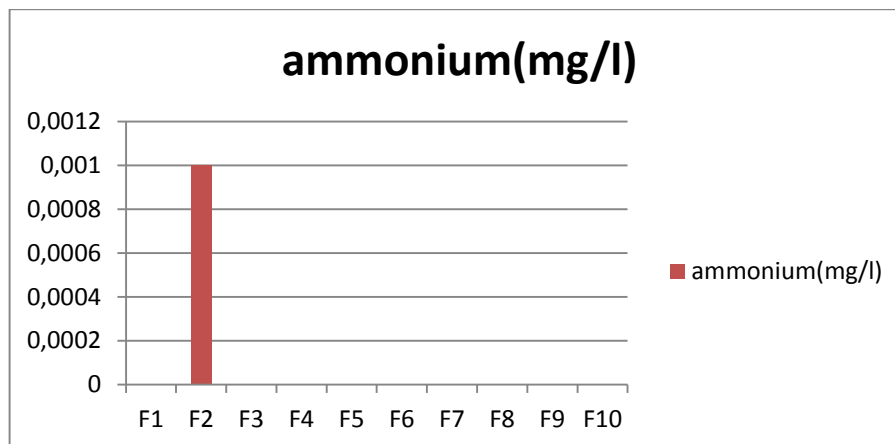


Figure 10 : L'évaluation des teneurs en ammonium de l'ensemble des puits analysés

### 2.2.4- L'ortho-Phosphate

L'origine des phosphates dans les eaux est liée aux rejets urbains ou à la dissolution des engrais chimiques.

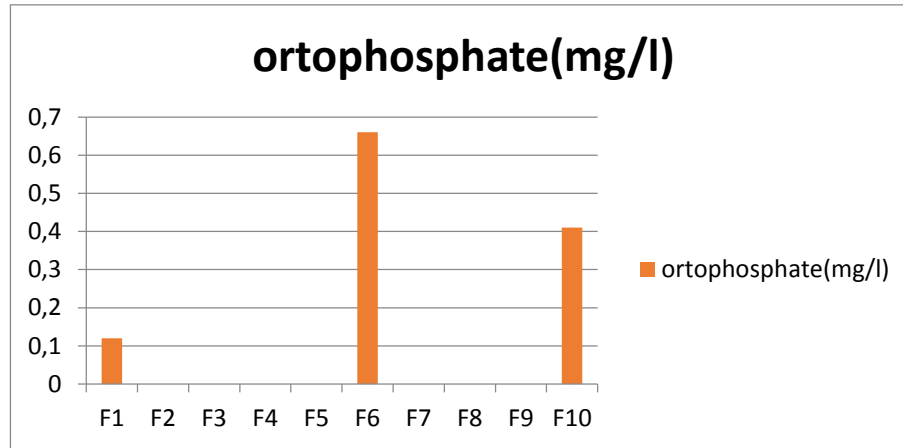


Figure 11 : L'évaluation des teneurs en ortho-phosphates de l'ensemble des puits analysés

## 2.3- Les paramètres physique

### 2.3.1- La température (T°)

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Tableau 3 : Variations de la température

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	14.3	17.9	15.6	15.7
<b>Ghardaïa</b>	17.6	21.9	20.61	20.4
<b>guerrara</b>	19.2	19.4	19.3	19.5
<b>menia</b>	25.21	31.7	11.95	11.98
<b>zelfana</b>	16.1	27.4	20.43	20.4

Les eaux de la forage souterraines, sont relativement hétérogène avec des moyennes de 11.95 ; 15.6 ;19.3 ;20.43 et 20.61 °C enregistrés successivement à berraiane,Ghardaïa,guerrara,menia et zelfana . Ces valeurs présentent des grandes variations entre Ghardaïa et menia, par des écarts type varient entre et °C.

**2.3.2- Le pH**

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions H+, il varie selon une échelle de 0 à 14, alors que 7 est le pH de neutralité

**Tableau 4 : Variations du pH**

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	7.63	8.34	7.88	7.8
<b>Ghardaïa</b>	7.30	7.88	7.57	7.5
<b>guerrara</b>	7.14	7.21	7.18	7.1
<b>menia</b>	7.29	7.95	9.45	9.4
<b>zelfana</b>	7.04	7.61	7.45	7.4

Les valeurs de pH, mesurées dans les eaux des forages des régions paraissent de la neutralité avec un caractère plus ou moins alcalin, avec de faible écarte types ( à ). La moyenne de pH de ces eaux souterraines varient de 7,18 à 9,45.

**2.3.3 La conductivité**

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

Tableau 5: Variations des conductivités électriques

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>Berriane</b>	1064	1324	1172	1171
<b>Ghardaïa</b>	1514	2030	1825.7	1825.6
<b>Guerrara</b>	2040	2060	2047.6	2047.6
<b>Menia</b>	267	1019	595	595
<b>Zelfana</b>	1504	2220	1613.62	1613.6

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les régions, présentent des variations (Tab.9), avec des moyennes de 1172, 1825.7, 2047.6, 595, 1613.62  $\mu\text{S}/\text{cm}$  enregistrés successivement aux régions de berriane, Ghardaïa, guerrara, menia et zelfana. les valeurs enregistrées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée dans la région de ghardaïa, guerrara et zelfana car elles sont toutes globalement dépassent les normes ( $>1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) de potabilité de l'OMS, avec des écarts type de 510,1 et 847,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à Ghardaïa et .

### 3.4-Les paramètres chimiques

#### 3.4.1-Le Calcium

Le calcium est l'élément présent en quantité appréciable dans la quasi-totalité des eaux superficielles, c'est un élément alcalino-terreux, un composant majeur de la dureté des eaux, sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique, selon l'équation suivante :



Il provient également des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui sont facilement soluble. Parfois les eaux arrivent à avoir des hautes teneurs en  $\text{CaSO}_4$  et l'augmentation du  $\text{SO}_4$  entraîne une augmentation de Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

Tableau 6 : Variations des concentrations du calcium

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	83.36	97.80	92.45	92.4
<b>Ghardaïa</b>	104.20	161.76	134.41	134.4
<b>guerrara</b>	89.39	99.39	94.39	94.3
<b>Menia</b>	27.15	105.81	50.96	50.9
<b>zelfana</b>	121.84	147.49	81.80	81.8

Les eaux souterraines présentent des teneurs en  $Ca^{+2}$  variant d'une région à l'autre (Tab.10), par moyenne de 92,45 mg/l à berriane, 134.41 mg/l à Ghardaïa, 50.96 mg/l à menia et 81,80 mg/l enregistré dans la région de zelfana, avec des écarts type variant entre 76,4 et 84,8 mg/l.

### 3.4.2 Le magnésium

Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles, c'est un élément significatif de la dureté des eaux, la variation du magnésium dans les eaux est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires dolomitiques, d'une part, et les formations salifères d'autre part qui sont riches en  $Mg^{2+}$ .

Tableau 7 : Variations des concentrations du magnésium

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	36.93	74.84	55.4	55
<b>Ghardaïa</b>	31.10	67.06	52.95	52.9
<b>guerrara</b>	54.152	64.152	59.15	59.1
<b>menia</b>	6.31	27.21	129.716	129.7
<b>zelfana</b>	42.46	125.04	54.50	54.5

La concentration moyenne observée dans la région de menia (Tab.11), est dans les valeurs naturelles des eaux, par l'ordre de 129,71 mg/l, par contre à la région de Ghardaïa et berraiane,zelfana ces concentrations sont faibles, par moyenne de 52,95 mg/l et 55.4 mg/l,54.50 mg/l.

### 3.4.3- Le Sodium

Le sodium toujours présent dans les eaux naturelles en proportions très variables, il provient essentiellement de lessivage des formations riche en NaCl (l'Halite).

**Tableau 8: Variations des concentrations du sodium**

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	163.18	200	177.27	177.2
<b>Ghardaïa</b>	190.9	281.25	154.65	154.6
<b>Menia</b>	39	88	35.30	35.3
<b>Zelfana</b>	168.18	250	246.93	246.9

Les teneurs en sodium observées dans les eaux phréatique (Tab.8) sont très hétérogènes, ils sont variés d'une région à une autre.

les concentrations moyennes à berraiane 177,27 mg/l et à ghardaia 154.65 mg/l ,menia 35.30 mg/l ,zelfana 246.93 mg/l ne dépasse pas les valeurs naturelles (les normes de potabilité (200 mg/l)).

### 3.4.4- Le Potassium

La présence du potassium dans les eaux est liée principalement à l'altération des argiles potassiques et au lessivage des évaporites, en l'occurrence la Sylvite (KCl). Il peut également avoir comme origine le lessivage des engrais potassiques sur les sols pauvres en humus.

Tableau 9 : Variations des concentrations du potassium

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	7.5	12.5	9.1	9.1
<b>Ghardaïa</b>	10	17.5	11.25	11.2
<b>menia</b>	6	15	5.69	5.6
<b>zelfana</b>	12.5	18.33	16.77	16.7

Les teneurs en potassium observées dans les eaux (Tab.13) sont très hétérogènes, ils sont variées d'une région à un autre, ils dévoilent des valeurs relativement faibles, en dépassant les normes (20 mg/l), ils marquent moyennes de concentrations de 9.1 ; 11.25 ; 5.69 ; 16.77 mg/l successivement à berraiane , Ghardaïa, menia et zelfana.

### 3.4.5- Les Bicarbonates

Ces origines sont liées à la dissolution des formations carbonatées (Calcaire, dolomite...etc.) les bicarbonates résultent de l'équilibre physico - chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon l'équation suivante :

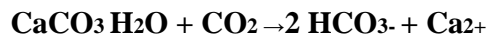


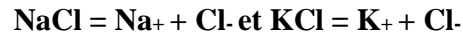
Tableau 10: Variations des concentrations des bicarbonates

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	163.48	248.88	218.78	218.7
<b>Ghardaïa</b>	139.08	161.76	135.69	135.6
<b>guerrara</b>	175.44	185.45	180.4	180.4
<b>menia</b>	107.36	224.48	146.68	146.6
<b>zelfana</b>	175.68	180.56	117.61	117.6

Dans les eaux phréatique, les concentrations moyennes (Tab.14) en bicarbonates observées à la région de Ghardaïa (135.69 mg/l) ,menia (146.68 mg/l) , berraiane (146.68 mg/l) et zelfana (117.681mg/l) ne dépassent pas les normes de potabilité (250 mg/l),

#### 4.4.6-Les Chlorures

Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels par la dissolution de la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl) suivant les relations suivante :



**Tableau 11: Variations des concentrations des chlorures**

paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	229.74	258.1	240.61	240.6
<b>Ghardaïa</b>	253.16	433.94	331.37	331.3
<b>guerrara</b>	201.04	207.04	204	204.1
<b>menia</b>	38.99	73.74	40.51	40.5
<b>zelfana</b>	306.31	422.59	282.36	282.3

Les chlorures dans les eaux souterraines des régions, présentent des teneurs largement dépassant les normes de potabilité (200 mg/l), avec moyenne des concentrations de l'ordre 240.61, 331.37 et 282.36 mg/l enregistrée successivement à berraiane, Ghardaïa, guerrara et zelfana. Elles sont variées d'une région à l'autre,

#### 4.4.7- Les Sulfates

La présence des sulfates est généralement liée au lessivage des formations évaporitiques, tel que le gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) selon la relation au dessus et l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), ils peuvent provenir également de l'oxydation du baryum :



**Tableau 12: Variations des concentrations des sulfates**



paramètre	Min	Max	Moy	Ecart type
<b>berriane</b>	205.77	329.89	283.96	283.9
<b>Ghardaïa</b>	370.39	642.02	453.79	453.7
<b>guerrara</b>	445.99	455.9	450.9	450
<b>menia</b>	67.9	232.11	121.53	121
<b>zelfana</b>	321.009	493.86	359.07	359

Les concentrations moyennes des sulfates observées (Tab.16) dépassent les normes de potabilité (200 mg/l), à ghardaïa, zelfana, berraiane elles atteignent des concentrations élevés 453,79 mg/l à ghardaïa, 359,07 mg/l à zelfana. Elles présentent une augmentation nette le long du sens d'écoulement des eaux de la forages. Ces valeurs présentent des grandes variations.

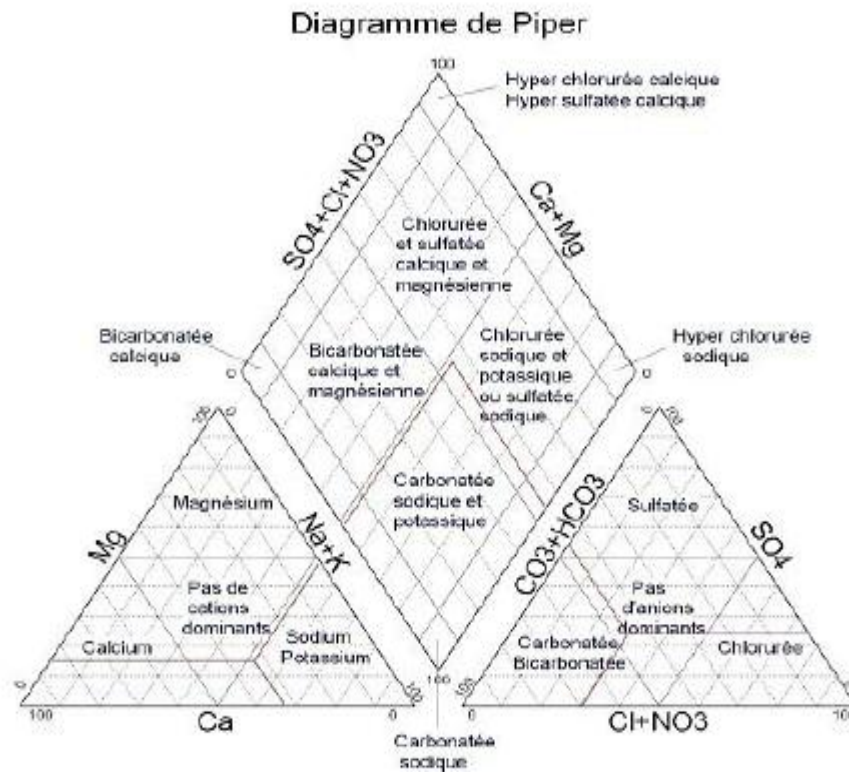
**Chapitre IV**

**RESULTATS ET**

**DISCUSSION**

### 5- Classification des eaux souterraines selon PIPER

La représentation des analyses chimiques sur ce type de diagramme permet d'avoir une idée globale sur la composition chimique des eaux. Le principe consiste à représenter dans chaque triangle les quantités en réaction pour chaque cation ou anion après on obtient un point triple soulignant la prédominance d'un anion ou d'un cation. Ces deux points triples donnent un point critique représentant la nature chimique de l'échantillon considéré (Fig.12).

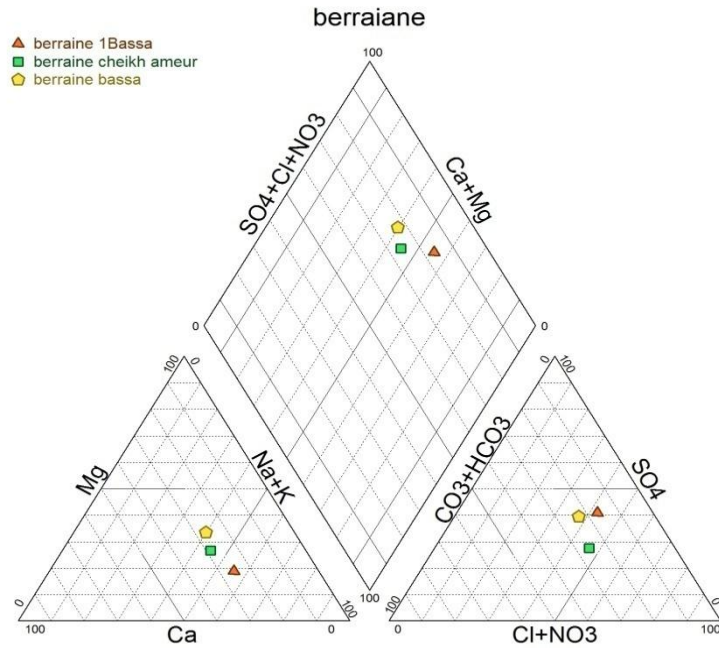


**Figure12: Représentation su diagramme PIPER**

Les Figures 27, 28 et 29 montrent les faciès chimiques des échantillons analysés dans les trois régions Ghardaïa, Laghouat et Ouargla selon le diagramme de PIPER qui sont les suivants :

Les Figures 13, 14 ,15,16 et 17 montrent les faciès chimiques des échantillons analysés dans les trois régions Ghardaïa, berraiiane ,guerrara,menia et zelfana selon le diagramme de PIPER qui sont les suivants :

Les régions présentent des faciès Chlorurés et sulfatés calcique et magnésique ;  
 Faciès sulfatée magnésique à la région de berraiane, Chlorurée magnésique et calcique à la  
 région de zelfana et menia et faciès Chlorurée magnésique et calcique ou sulfatée  
 magnésique et calcique à la région de Ghardaïa.



**Figure 13: Représentation des analyses d’eau de la région de berraiane selon le diagramme de PIPER**

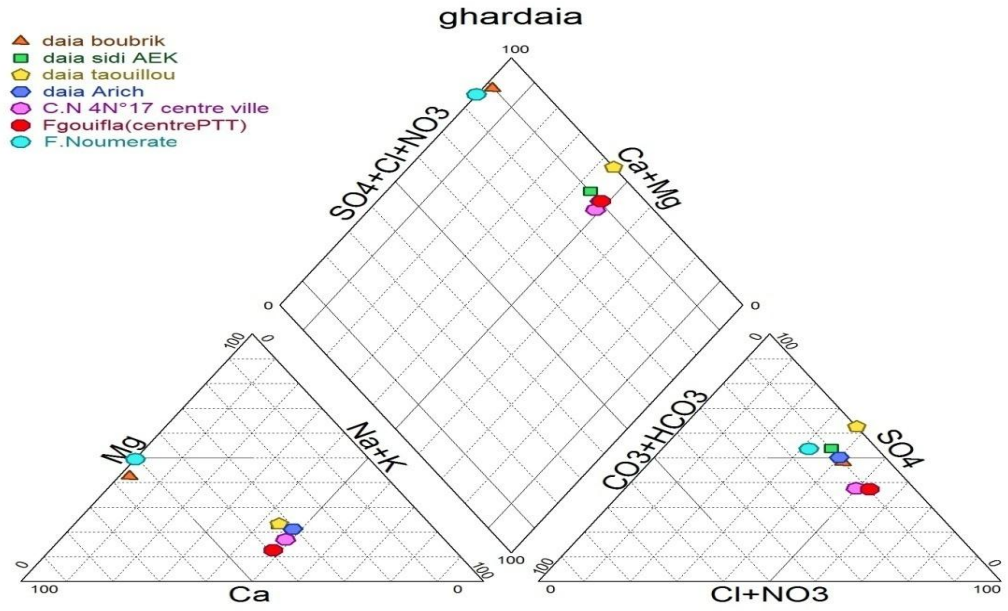


Figure 14: Représentation des analyses d’eaux de la région de Ghardaïa selon le diagramme de PIPER

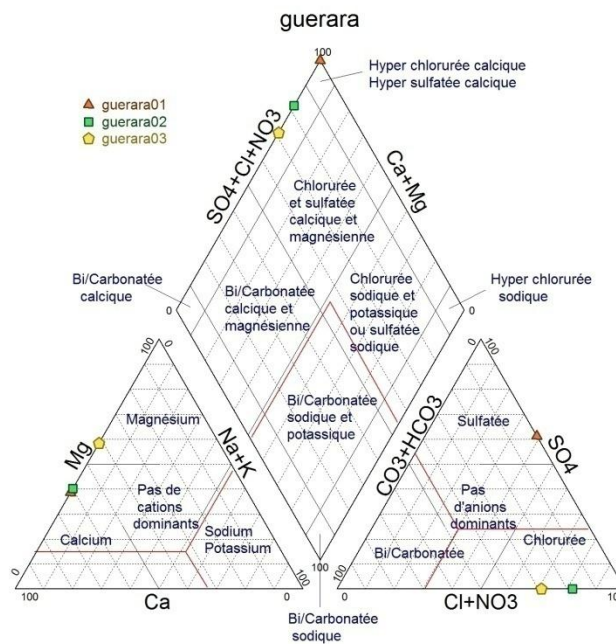


Figure 15: Représentation des analyses d’eaux de la région de Guerrara selon le diagramme de PIPER

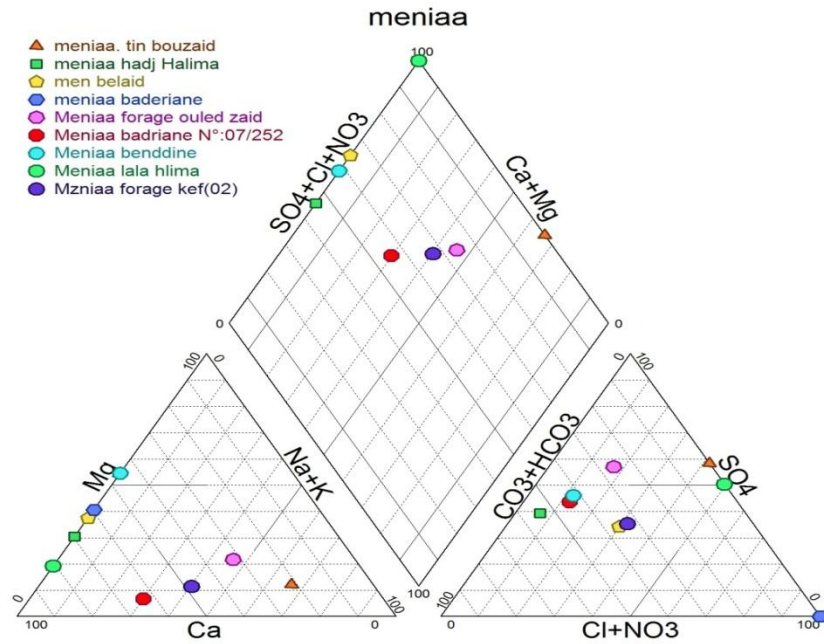


Figure 16: Représentation des analyses d’eaux de la région de menia selon le diagramme de PIPER

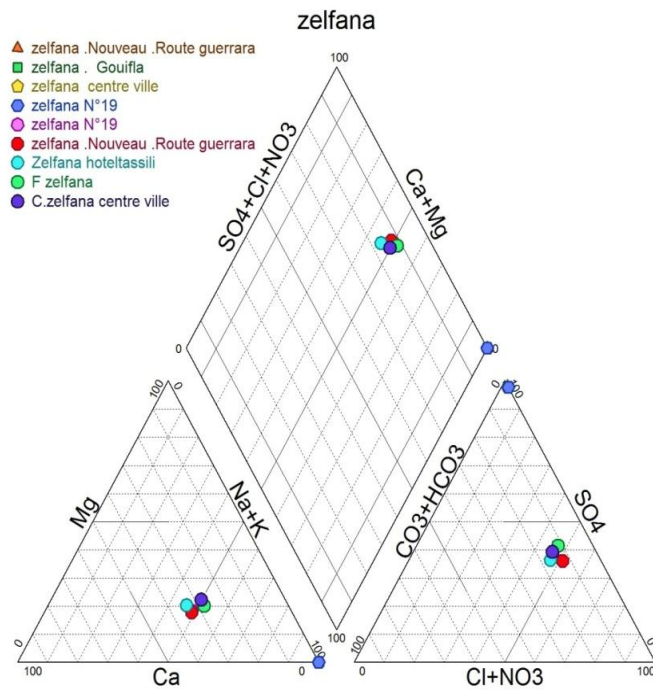


Figure 18: Représentation des analyses d’eaux de la région de zelfana selon le diagramme de PIPER

### 6- Classification des eaux souterraines selon Schoeller-Berkaloff

La représentation des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff se fait selon un diagramme semi logarithmique .Ce diagramme permet la représentation graphique des analyses chimiques des échantillons et la lecture rapide des caractéristiques chimiques. Le faciès chimique de l'eau analysée est donné par l'association des plus fortes concentrations, coté anions et coté cations, entre anion d'une part et de cation d'autre part. Les figures (30, 31 et 32) montrent les résultats des trois régions Ghardaïa, berraiane,guerrara,menia, et zelfana d'une telle représentation des compositions en éléments majeurs des points d'eau dans chaque région sur ce diagramme. Selon le diagramme Schoeller-Berkaloff les eaux des régions sont classées comme suit :

#### **Ghardaïa**

Eau à faciès sulfaté-calcique ( $\text{SO}_4\text{-Ca}$ ) (F5, F6, F7, F8, F11) ;

Eau à faciès sulfaté-magnésien ( $\text{SO}_4\text{-Mg}$ ) (F3, F4, F9, F10) ;

Eau à faciès chloruré-calcique ( $\text{Cl-Ca}$ ) (F1, F12, F13) ;

Un seul échantillon a un faciès chimique chloruré-magnésien ( $\text{Cl- Mg}$ ) (F2).

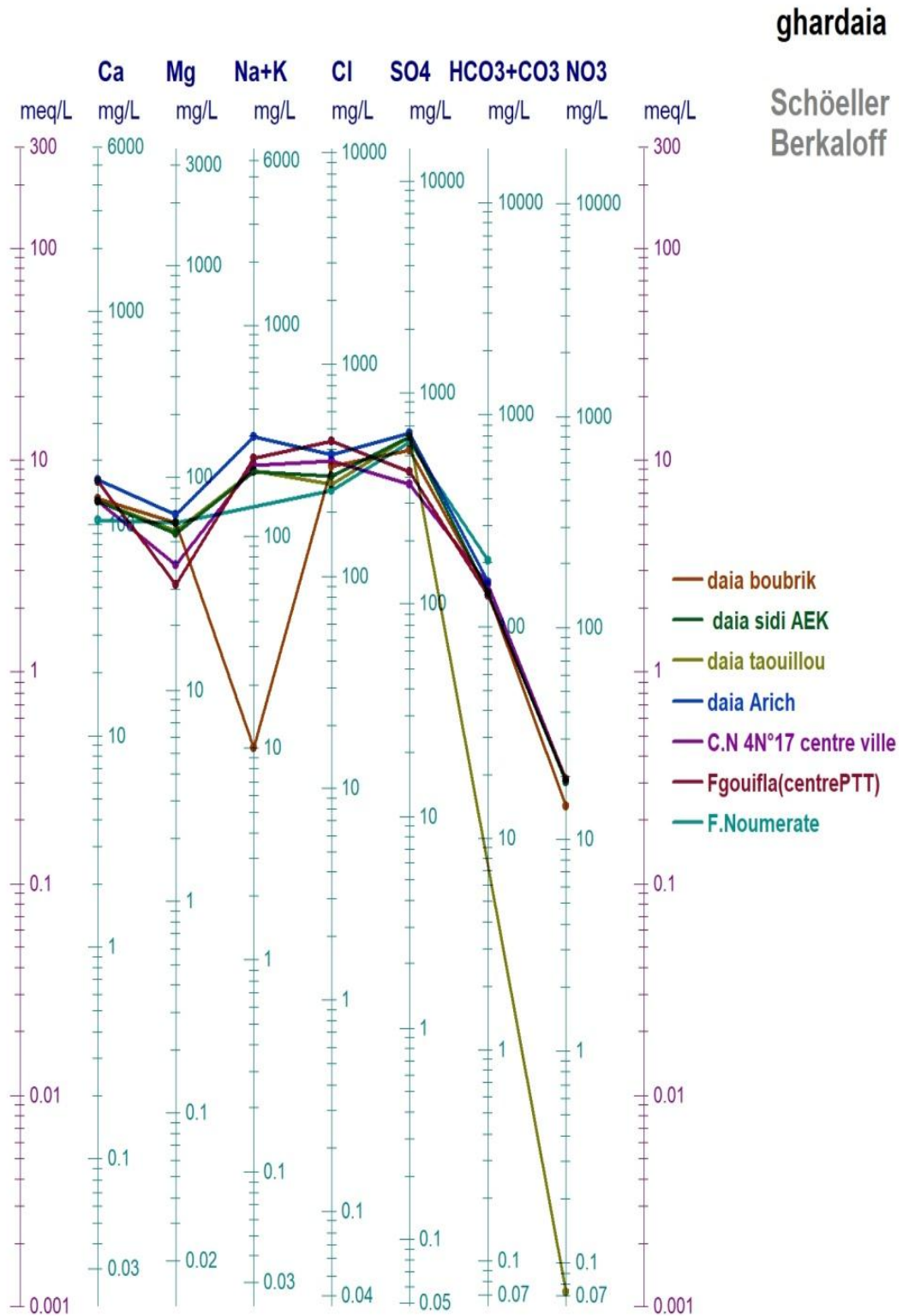
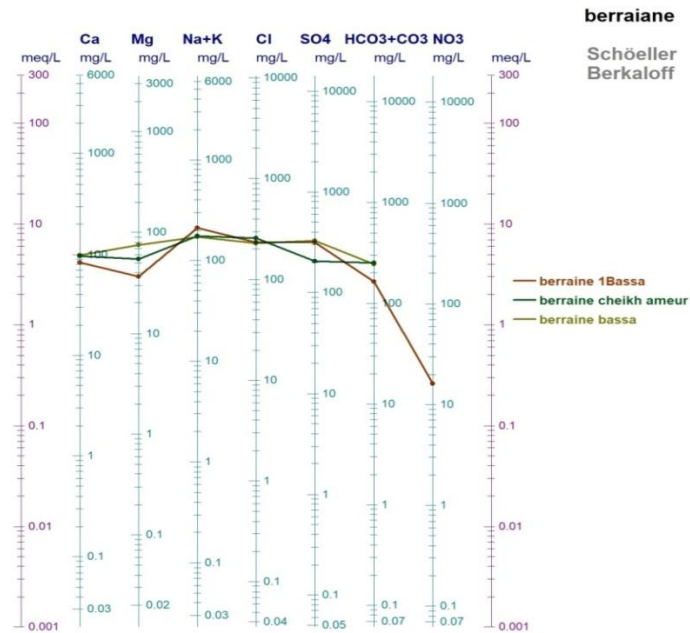


Figure19: Faciès chimiques des eaux de la région de Ghardaia d'après le diagramme de Schoeller

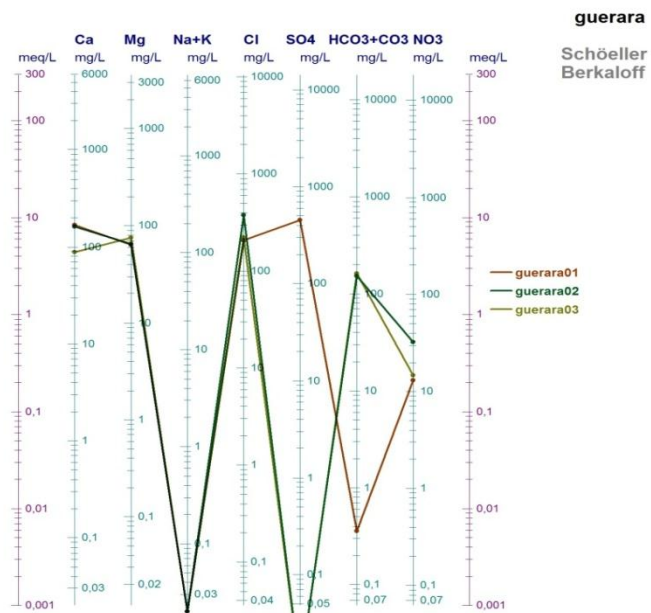


**BERRAIAANE**

La majorité des forages d'eau à faciès sulfaté et Na+K



**Figure 20 : Faciès chimiques des eaux de la région d'berraiane d'après le diagramme de Schoeller**



**Figure 21 : Faciès chimiques des eaux de la région d'guerrarad'après le diagramme de Schoeller**

Menia

La majorité des forages d'eau à faciès sulfaté et Na+K

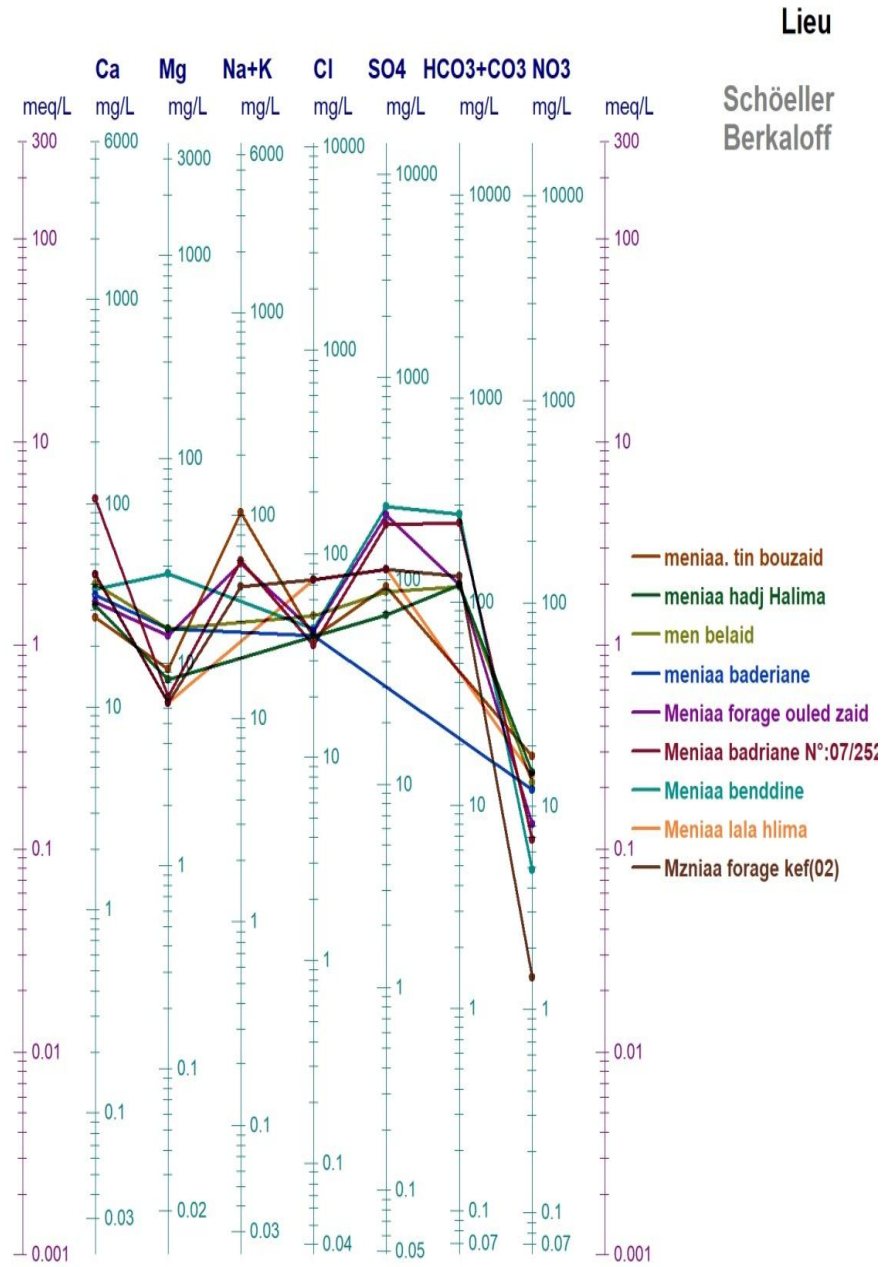


Figure 22 : Faciès chimiques des eaux de la région d'meniad'après le diagramme de Schoeller

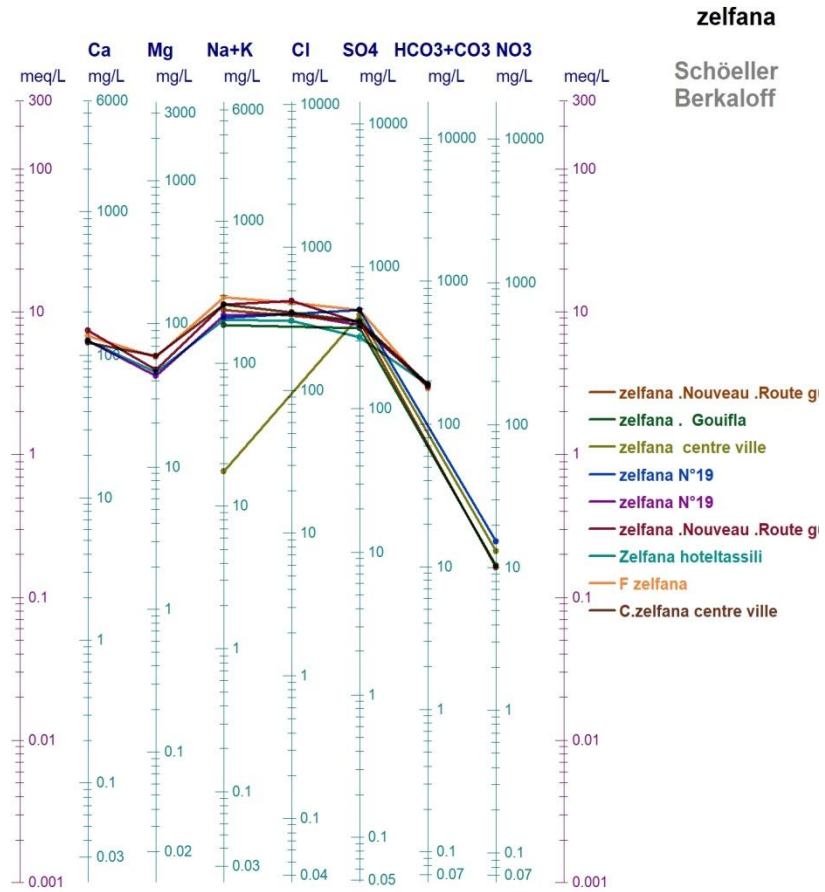


Figure 23 : Faciès chimiques des eaux de la région d'zelfana d'après le diagramme de Schoeller

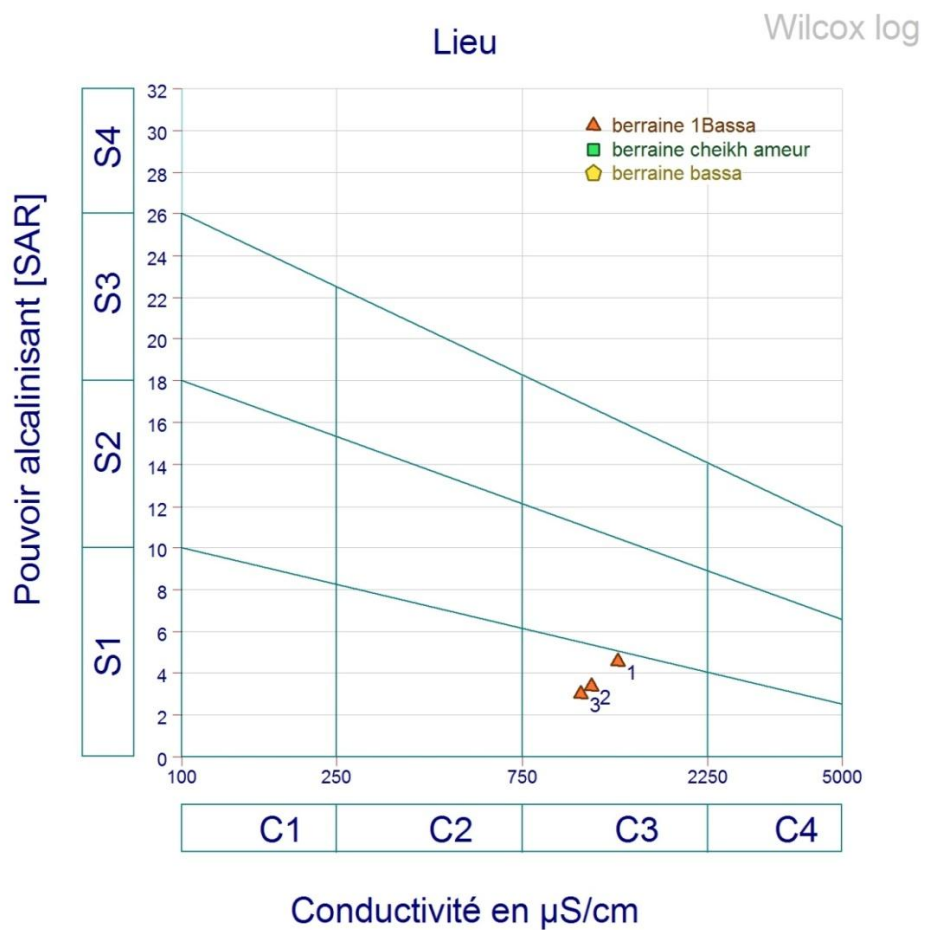


Figure 24: Diagramme de classification des eaux de forages de berraiane

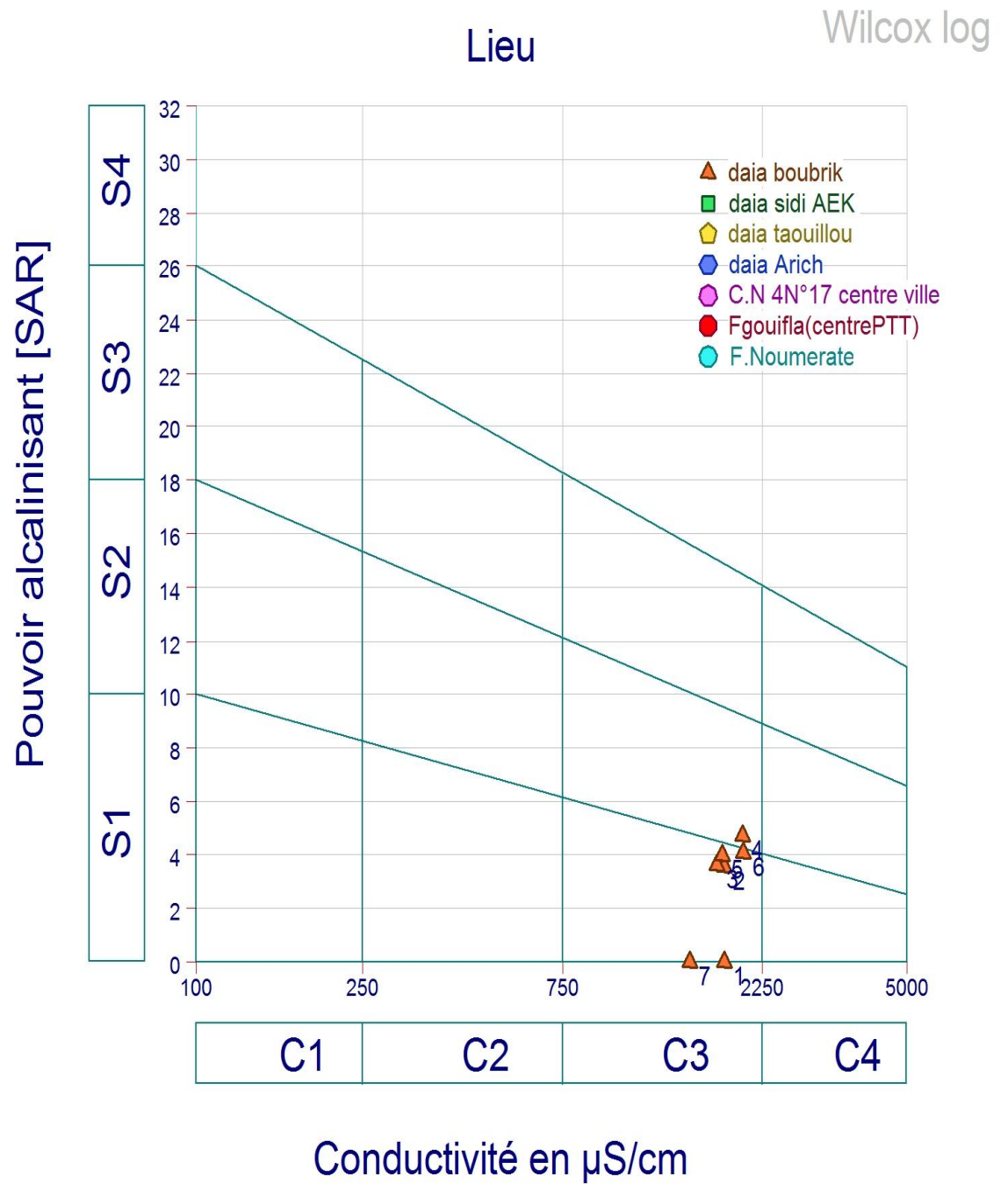


Figure 25 : Diagramme de classification des eaux de forages de ghardaia

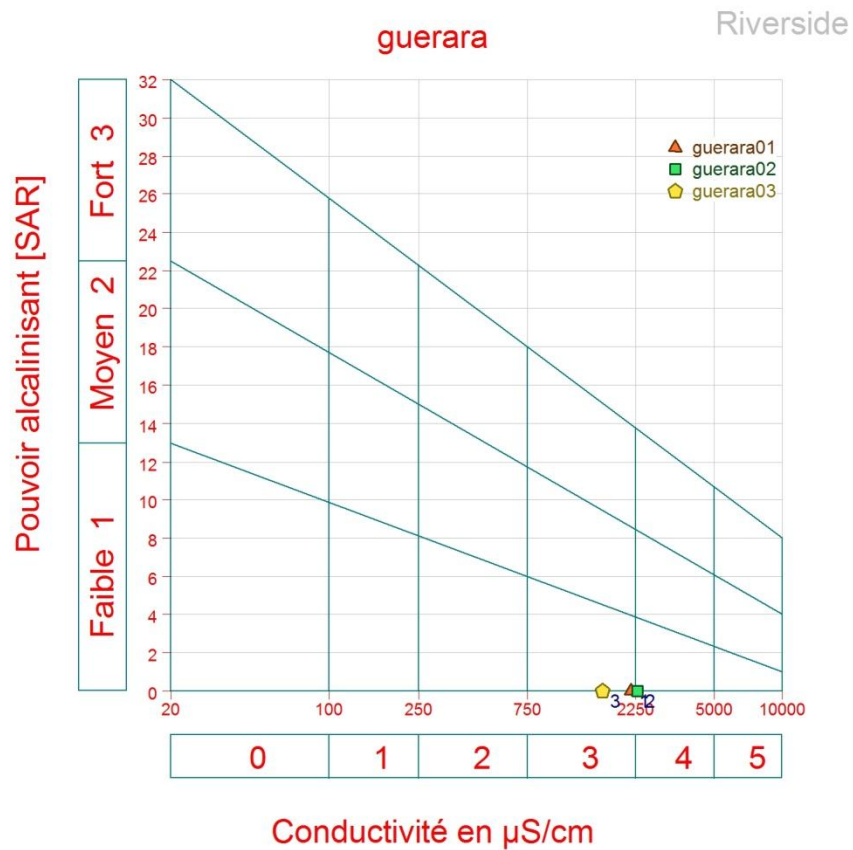


Figure 26 : Diagramme de classification des eaux de forages de guerrara

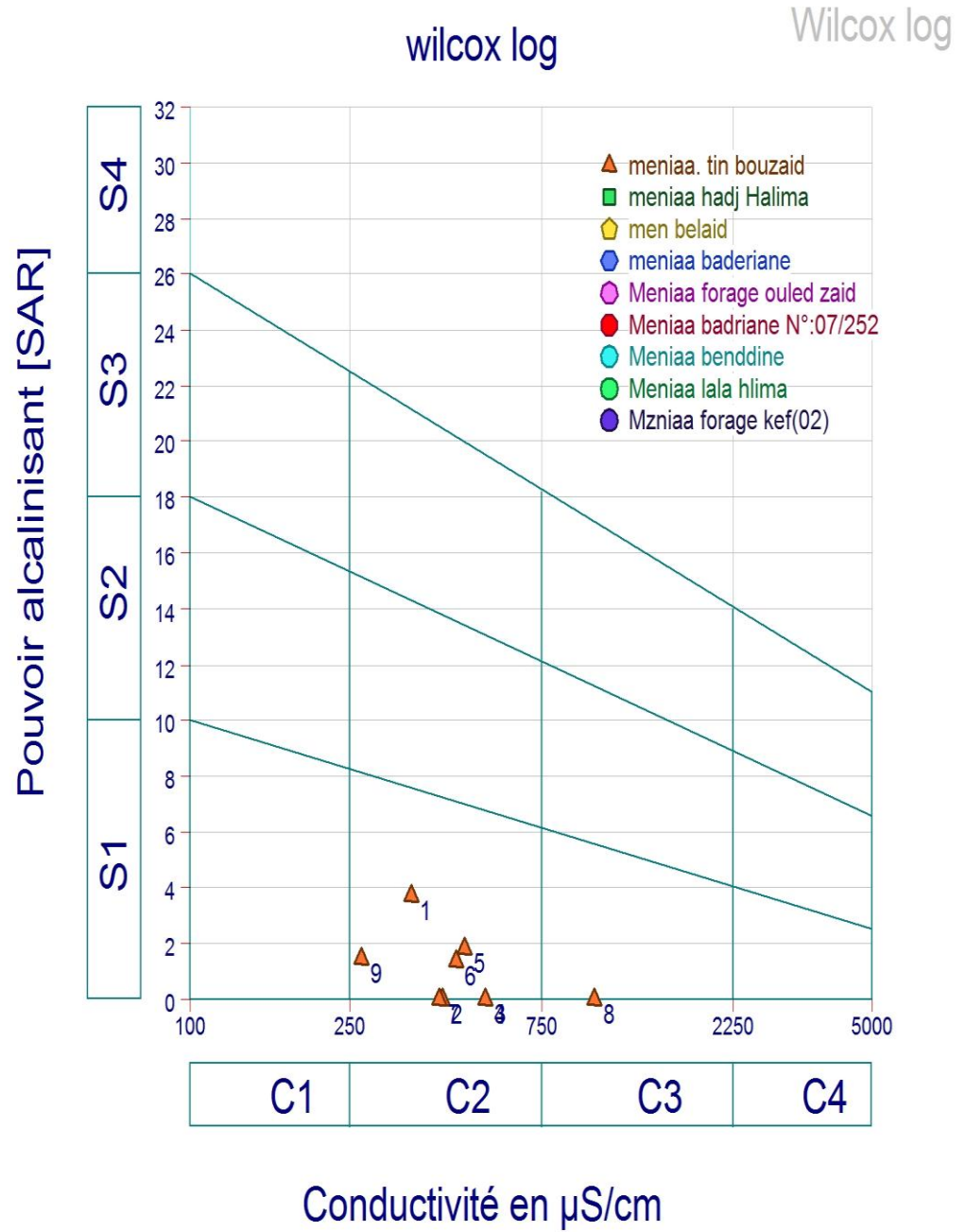


Figure 27 : Diagramme de classification des eaux de forages de menia

# **Conclusion générale**



## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

### Conclusion générale :

D'après les analyses effectuées sur les eaux de la région de Ghardaia on peut conclure que pour la températuresles eaux de la forage souterraines, sont relativement hétérogène. Ces valeurs présentent des grandes variations entre Ghardaïa et menia, par des écarts type varient entre et °C.

Les valeurs de la conductivité enregistrées indiquent une minéralisation élevée dans la régiondeghradaia ,guerrara et zelfana car elles sont toutes globalement dépassent les normes (>1000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) de potabilité de l'OMS.

Par contre la classification de piper pour ces régions présentent des faciès Chlorurés et sulfatés calcique et magnésique ; Faciès sulfatée magnésique à la région de berraiane, Chlorurée magnésique et calcique à la région de zelfana et menia et faciès Chlorurée magnésique et calcique ou sulfatée magnésique et calcique à la région de Ghardaïa.

La présentation des données graphiques pour la région de Guerrara est incomplète à cause de manque des données.

Selon le diagramme Schoeller-Berkaloff les eaux des régions sont classées comme suit :

#### **Ghardaïa**

Eau à faciès sulfaté-calcique ( $\text{SO}_4\text{-Ca}$ ) (F5, F6, F7, F8, F11) ;

Eau à faciès sulfaté-magnésien ( $\text{SO}_4\text{-Mg}$ ) (F3, F4, F9, F10) ;

Eau à faciès chloruré-calcique ( $\text{Cl-Ca}$ ) (F1, F12, F13) ;

Un seul échantillon a un faciès chimique chloruré-magnésien ( $\text{Cl- Mg}$ ) (F2).

# **Référence bibliographique**

# REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

---

## Référence bibliographique

- (1).HUBERT P. et MARIN M, « Quelle eau boirons-nous demain ? », 2001, Edition : Fabienne Travers.
- (2).LUNA B. et KENNETH S, « L'eau »,1972, Edition: Time-Life, P 9.
- (3).BERNARD C, « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », 2007, éditionBiblioBazaar.
- (3).Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie, 2008, INSTITUT NATIONAL DE SANTE PUBLIQUE.
- (4).BALDERACCHI, « L'eau dans l'organisme », 2009, Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- (5).Alain Maurel, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2006, 2<sup>ème</sup> édition.
- (6).Dégréement, « Mémento technique de l'eau », 2005, Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.
- (8).KETTAB A, « Traitement des eaux : Les eaux potables »,1992, Edition : Office des Publications Universitaires. Alger
- (9).POMEROL C. et RENARD M, « Élément de géologie »,1997, 11<sup>eme</sup> édition : Masson.
- (10).BONNIN J, « Aide-mémoire d'hydraulique urbaine », 1982, Edition. Eyrolles.
- (11).DUPONT A, Hydraulique urbaine ,«Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1.3<sup>eme</sup> édition :Eyrolles. Paris
- (14).site internet : <https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>
- (15).RAPINAT M, « L'eau »,1982,Presse universitaire de France. 1<sup>re</sup> édition.
- (16).HUOT A. 2010. Eau et santé. La revue Bio contact, n°200.
- (17).FERRY., 1948 – Doc archivesMetlili, 12 P

## **REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE**

---

- (18).**A.N.R.H, 2005.** Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agencenati. res. Hyd., Ouargla, 19p.
- (19).**A.N.R.H, 2007.** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya d'Ouargla, Rapport de l'Agencenati. res. Hyd., Ouargla, 12P
- (20).**D.P.A.T., 2008.** Annuaire statistique 2007. Rapport annuel, 14p.
- (21). **D.P.A.T., 2010.** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15<sup>ème</sup> édition, volume I, 84p.
- (22). Ben semaoune youef- mémoire de magister 30 November 2008.
- (23). Zouagbilal, belhadj yassine- mémoire de docteur 21-06-2017.
- (24). Wahiba ben cheikh magister en biologie promotion 2012.
- (25). Bahasouad master en hydraulique 23-06-2014.
- (26). Drissizinedin master en géologie 31-05-2016/ université Kasdim earbah-ouargla.
- (27). Bensaha zineb master hydraulique /université de Ghardaya 25-05-2015.

## Résumé

La région de Ghardaïa a un climat sec. En fait, les eaux souterraines sont la principale source de besoins agricoles et d'approvisionnement en eau potable pour la population. Le but de ce travail est de caractériser la nappe phréatique de la région de Ghardaïa. À cette fin, la campagne mesure l'analyse physique et hydrique du cas de la vallée de Ghardaïa Zab couvrant 32 points d'eau utilisés pour décrire la qualité de l'eau, pour irriguer et même pour fournir de l'eau potable. Les résultats de l'analyse ont révélé que la charge chimique prédominante est le chlorure de calcium, le sulfure de magnésium et le magnésium. La plupart des eaux ont des valeurs relativement élevées de conductivité électrique allant de 3260 à 5570  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . Ils représentent le risque de salinité correspondant au graphique de Riverside dans les chapitres (C4) et (C5). Pour évaluer le risque d'alcalinité, l'eau est caractérisée par une classe à faible risque (S1). Du point de vue de la consommation, l'eau étudiée à Ghardhaya est de mauvaise qualité et donc peu adaptée à la consommation humaine.

Mots-clés: Conductivité électrique, Ghardaïa, eaux souterraines, Wadi Mezab

## ملخص

تتميز منطقة غرداية بمناخ جاف. في الواقع تعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيسي لتلبية الاحتياجات الزراعية وإمدادات مياه الشرب للسكان. الغرض من هذا العمل هو توصيف مياه المنضدة المائية في منطقة غرداية. لهذا الغرض، حملة التدابير والفيزيائية تحليل المياه المياه للقضية وادي الزاب غرداية التي تغطي 32 نقطة المياه المستخدمة لوصف نوعية المياه ، لاستخدامها في الري وحتى لتوفير مياه الشرب. وكشفت نتائج التحليل أن السحن الكيميائي السائد هو كلوريد الكالسيوم والكبريتيد المغنيسيوم والمغنيسيوم. معظم المياه لديها قيم عالية نسبيا من الموصلية الكهربائية تتراوح من 3260 إلى 5570  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . أنها تمثل خطر الملوحة المقابلة على الرسم البياني ريفرسايد في الفصول (C4) و (C5). لتقييم خطر القلوية ، تتميز المياه من فئة منخفضة المخاطر (S1) من وجهة نظر الشرب ، تعتبر المياه التي تمت دراستها في منطقة غرداية ذات نوعية رديئة وبالتالي غير صالحة نوعا ما للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: الموصلية الكهربائية ، غرداية ، المياه الجوفية ، وادي مزاب.

## Abstract

The Ghardaia region has a dry climate. In fact, groundwater is the main source of agricultural needs and supply of drinking water for the population. The purpose of this work is to characterize the water table of the Ghardaia region. To this end, the campaign measures the physical and water analysis of the GhardaiaZab Valley case covering 32 water points used to describe water quality, to irrigate and even to provide drinking water. The results of the analysis revealed that the predominant chemical load is calcium chloride, magnesium sulphide and magnesium. Most waters have relatively high values of electrical conductivity ranging from 3260 to 5570  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . They represent the salinity risk corresponding to the Riverside graph in Chapters (C4) and (C5). To assess the risk of alkalinity, water is characterized by a low risk class (S1). From the point of view of consumption, the water studied in Ghardhaya is of poor quality and therefore not suitable for human consumption.

Keywords: Electrical conductivity, Ghardaia, groundwater, Wadi Mezab.