

Université KASDI Merbah – Ouargla

***Faculté des Hydrocarbures et Energies Renouvelables et Sciences de la
Terre et de l'Univers***

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

THEME

***Qualité chimique des ressources hydriques
de la région du M'Zab***

Soutenu publiquement le : 26/05/2016

Par : M. FENNICH Abdallah

Devant le jury composé de :

Président: M. BELLAOUER Abd el Aziz (M. A.A) Univ. Ouargla

Promoteur : M. BOUSELSAL Boualem (M.C.B) Univ. Ouargla

Examineur : M. HOUARI Idir Manad (M.A.A) Univ. Ouargla

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

*Langage tout d'abord à Dieu qui m'a donné la force
Pour terminer ce modeste travail et mes parents pour leur
soutien pour moi.*

*Toutes pour moi infinies gratitudes à mon promoteur,
Monsieur BOUSELSAL BOUALLEM pour son
encadrement et ses aides précieuses.*

*Je remercie aussi les membres de jury qui nous ont fait
l'honneur d'accepter le jugement de mon travail.*

*Je remercie aussi mes enseignants du département des sciences
de la terre et l'univers*

*Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de
loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici
l'expression de me profondes gratitudes et respects.*



LISTE DES ABREVIATIONS

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

A.E.P : Alimentation en eau potable.

AEI : Alimentation en eau industriel.

AEA : Alimentation en eau d'irrigation.

C.T : Complexe Terminal.

C.I : Continental Intercalaire.

S.A.S.S : Système Aquifère du Sahara Septentrional.

ABHS : Agence de Bassins Hydrographique du Sud.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ETP : Evapotranspiration potentiel (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

Exc : Excédante (mm).

Def : Déficit agricole (mm).

RFU : Réserve facilement utilisable

hr : l'humidité relative (%).

pH : Potentiel d'Hydrogène.

ONM : Office National Météorologique

SA.R: Sodium Absorption Ratio

Liste des tableaux

Tableau 01 : Précipitations moyennes mensuelles de Ghardaïa (2000- 2013).....	13
Tableau 02 : Température moyennes mensuelles de Ghardaïa (2000 -2013).....	13
Tableau 03 : Humidité relative moyenne mensuelle de Ghardaïa (2000 -2013).....	14
Tableau 04 : l'évaporation moyenne mensuelle de Ghardaïa (2000 -2013).....	15
Tableau 05 : données des précipitations et des températures moyennes mensuelles.....	15
Tableau 06 : Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa dans la période (2000-2013) d'après la méthode de thornthwaite.....	16
Tableau 07 : Normes algérienne pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source.....	29
Tableau 08 : classification des eaux selon stabler	30
Tableau 09 : classification des eaux selon stabler.....	42

Liste des figures

Figure.01 : Présentation générale de la vallée du M'zab, source (Google Earth).....	2
Figure.02 : Carte d'occupation dans la vallée du M'zab (ACHOUR M. / 2011).....	3
Figure 03 : Colonne stratigraphie de la zone d'étude.....	10
Figure.04 : La localisation du bassin versant dans le Bassin du Sahara Septentrional.....	11
Figure.05: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période : 2000-2014).....	13
Figure.06: Histogramme du Températures moyennes mensuelles (Période : 2000-2014).....	14
Figure.07 : Histogramme D'Humidités relatives moyennes mensuelles (Période : 2000-2014).....	14
Figure.08 : Histogramme D'Evaporation moyennes mensuelles (Période : 2000-2014).....	15
Figure.09: Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa (Période : 2000-2014).....	15
Figure.10: les termes du bilan hydrique de la région de Ghardaïa.....	16
Figure.11 : limites du domaine SASS (ANRH)	18
Figure.12: coupe hydrogéologique NE-SW du bassin SASS (ERSS, 1972).....	19
Figure.13 : Piézométrie de la nappe du CT (OSS, 2003).....	20
Figure.14 : Piézométrie de la nappe du CI (OSS, 2003).....	22
Figure.15: Exploitation de la nappe albienne dans la vallée du M'zab par usage.....	23
Figure.16: carte d'inventaire des forages exploitant la nappe albienne dans la vallée du M'zab (avril-mai, 2011).....	24
Figure.17 : carte piézométrie de la nappe CI dans la région du M'zab (avril-mai 2011).....	24
Figure.18 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée du M'zab (avril, 2008)..	26
Figure.19 : Carte des courbes piézométriques de la nappe phréatique de la vallée du M'zab (avril-mai, 2011).....	27
Figure.20: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe superficielle.....	30
Figure.21 : Histogramme des variations de la température (C°).....	31
Figure.22 : Histogramme du potentiel d'hydrogène (pH).....	32
Figure.23 : Histogramme de la conductivité électrique en ms/cm.....	32
Figure.24 : Histogramme des variations de la salinité	33
Figure.25 : Histogramme de sodium (Na ⁺) en mg /l.....	33
Figure.26 : Histogramme de potassium (K ⁺) en mg /l.....	34

Figure.27 : Histogramme de calcium (Ca^{+2}) en mg /l.....	34
Figure.28 : Histogramme de magnésium (Mg^{+2}) en mg /l.....	35
Figure.29 : Histogramme de Chlorure (Cl^-) en mg /l.....	36
Figure.30 : Histogramme de sulfate (SO_4^{-2}) en mg /l.....	36
Figure.31 : Histogramme des variations du (HCO_3^-) en mg /l.....	37
Figure.32 : Histogramme des variations du résidu sec en mg /l.....	37
Figure.33 : Histogramme <i>des variations de la dureté</i>	38
Figure.34 : Histogramme des variations du (NH_4^+) en mg /l.....	38
Figure.35: Histogramme des variations du (NO_2^-) en mg /l.....	39
Figure.36 : Histogramme <i>des variations du (Fe^{++}) en mg /l</i>	39
Figure.37 : Le diagramme de Richards des eaux de la nappe superficielle.....	41
Figure.38: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe du CI (2016).....	41
Figure.39 : Histogramme des variations de la température en ($^{\circ}\text{C}$).....	42
Figure.40 : Histogramme de la conductivité électrique en ms/cm.....	43
Figure .41 : Histogramme du potentiel d'hydrogène (pH).....	43
Figure.42 : Histogramme des variations de la salinité.....	44
Figure.43 : Histogramme des variations du résidu sec en g/l.....	44
Figure.44 : Histogramme de la concentration de calcium (Ca^{+2}) en mg/l.....	45
Figure.45: Histogramme la concentration de magnésium (Mg^{+2}) en mg /l.....	45
Figure.46 : Histogramme de la concentration de sodium (Na^+) en mg/l.....	46
Figure.47 : Histogramme de la concentration de potassium (k^+) en mg/l.....	46
Figure.48 : Histogramme de la concentration de sulfate (SO_4^{-2}) en mg/l.....	47
Figure.49 : Histogramme de la concentration de Chlorure (Cl^-) en mg/l.....	48
Figure.50 : Histogramme des variations du (HCO_3^-) en mg /l.....	48
Figure.51 : Histogramme la concentration de nitrates (NO_3^-) en mg /l.....	49
Figure.52 : Histogramme la concentration de Fer (Fe^{++}) en mg /l.....	49
Figure.53:Le diagramme de Richards des eaux de la nappe du CI.....	51

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
1. Situation géographique	2
2. Contexte socio-économique	3
3. Occupation du sol dans la région	4
3.1. Structure des exploitations agricoles	4
4. Les ressources hydrauliques dans la vallée du M'Zab	5
4.1. Description de l'Oued M'Zab	5
4.2. Eaux de surface	6
4.3. Eaux souterraines	6
5. Cadre géologique	7
5.1. Caractéristiques géomorphologiques	7
5.2. Le type de relief	7
5.3. Fissuration	7
5.4. Karstification	8
6. Géologie	8
6.1. La litho stratigraphie	8
6.2. Le bassin sédimentaire	9
6.3. Affleurement des formations	9
7. Hydroclimatologie	1
8. Cadre climatique	12
8.1. Introduction	13
8.2. Précipitation	13
8.3. Température	13
8.4. Humidité relative	14
8.5. Evaporation	14
8.6. Diagramme ombrothermique de Gaussen	15
8.7. Bilan hydrique	16
9-Conclusion	17
CHAPITRE 2 : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DU M'ZAB.	
1. Introduction	18
2. Présentation De Système Aquifère Du Sahara septentrional	19
2.1. La nappe du complexe terminal (CT)	19
2.2. La nappe du continental intercalaire (CI)	20
3. Les Aquifères De La Vallée De M'zab	22
3.1. La nappe de continental intercalaire « CI »	22
3.2. Aquifère superficiel de l'oued m'zab	25
4. Conclusion	27
CHAPITRE 3 : LES QUALITES DES EAUX DES FORMATIONS AQUIFERES D'EL-OUED	
1. La norme algérienne pour l'eau potable	28
2. Qualité des eaux de la nappe superficielle	30
2.1. Facies chimique des eaux	30
2.2. Les paramètres physicochimiques des eaux	31
2.2.1. La température	31
2.2.2. Le pH (Le potentiel d'hydrogène)	31

2.2.3. Conductivité Electriques (CE)	32
2.2.4. La salinité	32
2.2.5. Sodium (Na^+)	33
2.2.6. Potassium (K^+)	33
2.2.7. Calcium (Ca^{+2})	34
2.2.8. Magnésium (Mg^{+2})	34
2.2.9. Chlorure (Cl^-)	35
2.2.10. Sulfates (SO_4^{-2})	36
2.2.11. Les bicarbonates (HCO_3^-)	36
2.2.12. Le résidu sec	37
2.2.13. La dureté	37
2.3. Les substances indésirables	38
2.3.1. L'Ammonium (NH_4^+)	38
2.3.2. Le Nitrite (NO_2^-)	38
2.3.3. Le Fer (Fe^{++})	39
2.4. Qualités des eaux à l'irrigation	39
2.4.1. Conductivité	40
2.4.2. La méthode de Richards	40
3. Qualité des eaux de la nappe de continental intercalaire	41
3.1. Facies chimique	41
3.2. Les paramètres physicochimiques	42
3.2.1. Température	42
3.2.2. La conductivité électriques (CE)	42
3.2.3. pH (Le potentiel d'hydrogène)	43
3.2.4. La salinité	43
3.2.5. Le résidu sec	44
3.2.6. Calcium (Ca^{+2})	44
3.2.7. Magnésium (Mg^{+2})	45
3.2.8. Le Sodium (Na^+)	45
3.2.9. Le Potassium (K^+)	46
3.2.10. Les Sulfates (SO_4^{-2})	47
3.2.11. Chlorure (Cl^-)	47
3.2.12. Bicarbonates (HCO_3^-)	48
3.3. Les substances indésirables	49
3.3.1. Les nitrates (NO_3^-)	49
3.3.2. Le Fer (Fe^{++})	49
3.4. Qualités des eaux de la nappe de CI à l'irrigation	50
5. Conclusion	50
Conclusion générale	52
Bibliographie	

***Instruction
générale***

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une source de vie pour toutes sortes d'êtres vivants, grâce à son importance pour : l'irrigation, l'alimentation en eau potable, les utilisations domestiques et même son utilisation pour les différentes activités industrielles. Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans une région aride comme Ghardaïa où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense. Paradoxalement, il existe des réservoirs aquifères importants tels que le Continental Intercalaire, la nappe des calcaires turoniens et l'aquifère alluvial.

La vallée du M'zab, située dans le sud algérien, est soumise à un climat saharien aride. L'accroissement démographique et le développement agro-industriel ont engendré une très forte demande en eau, nécessitant une grande mobilisation de ces ressources en eau exploitables. La nappe superficielle d'inféro-flux (phréatique) ainsi que la nappe profonde de continental intercalaire (CI) constituent la principale ressource en eau dans la région.

Le présent travail est pour objectif de déterminer la qualité des eaux des aquifères de la région de M'zab, le sujet est divisé en trois parties :

Partie 1 : présentation de la zone d'étude ; elle examine les conditions géographiques, socio-économiques, hydroclimatiques et géologiques.

Partie 2 : étude hydrogéologique : elle identifier le système aquifère de Sahara septentrional et la piézométrie de la nappe superficielle et la nappe de continental intercalaire.

Partie 3 : étude les qualités des eaux La nappe superficielle d'inféro-flux (phréatique) et la nappe de continental intercalaire(CI), cette dernière est la plus exploitée dans la région pour les différents usages (AEP, AEA et AEI).

A la fin nous avons sortir avec une **conclusion générale** qui présente les résultats acquis à la fin de l'étude.

***Partie 01: Généralités
sur la zone d'étude***

1. Situation géographique.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée du côté Nord par la Wilaya de Laghouat du Nord Est par la Wilaya de Djelfa; de l'Est par la Wilaya de Ouargla; du Sud par la Wilaya de Tamanrasset; du Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar; et de l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh.

La région du M'Zab (Fig.01) est située dans la wilaya de Ghardaïa, elle se situe à 600 Km au Sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 600 m environ, elle à les coordonnées géographique suivant ; la longitude de 3°.45 Est et la latitude de 32°.50 Nord. Elle se trouve dans le plateau de la Hamada, dans le Sahara septentrional, où figure la Chébkha (filet) du M'Zab. C'est un plateau de calcaire disséqué en vallées et ravins qui s'enchevêtrent les unes dans les autres. Ainsi, sont sculptées les mailles de ce filet géant ouvert du Nord-ouest vers le Sud-est pour laisser passer l'Oued M'Zab (rivière ou torrent coulant à intervalles très irréguliers).

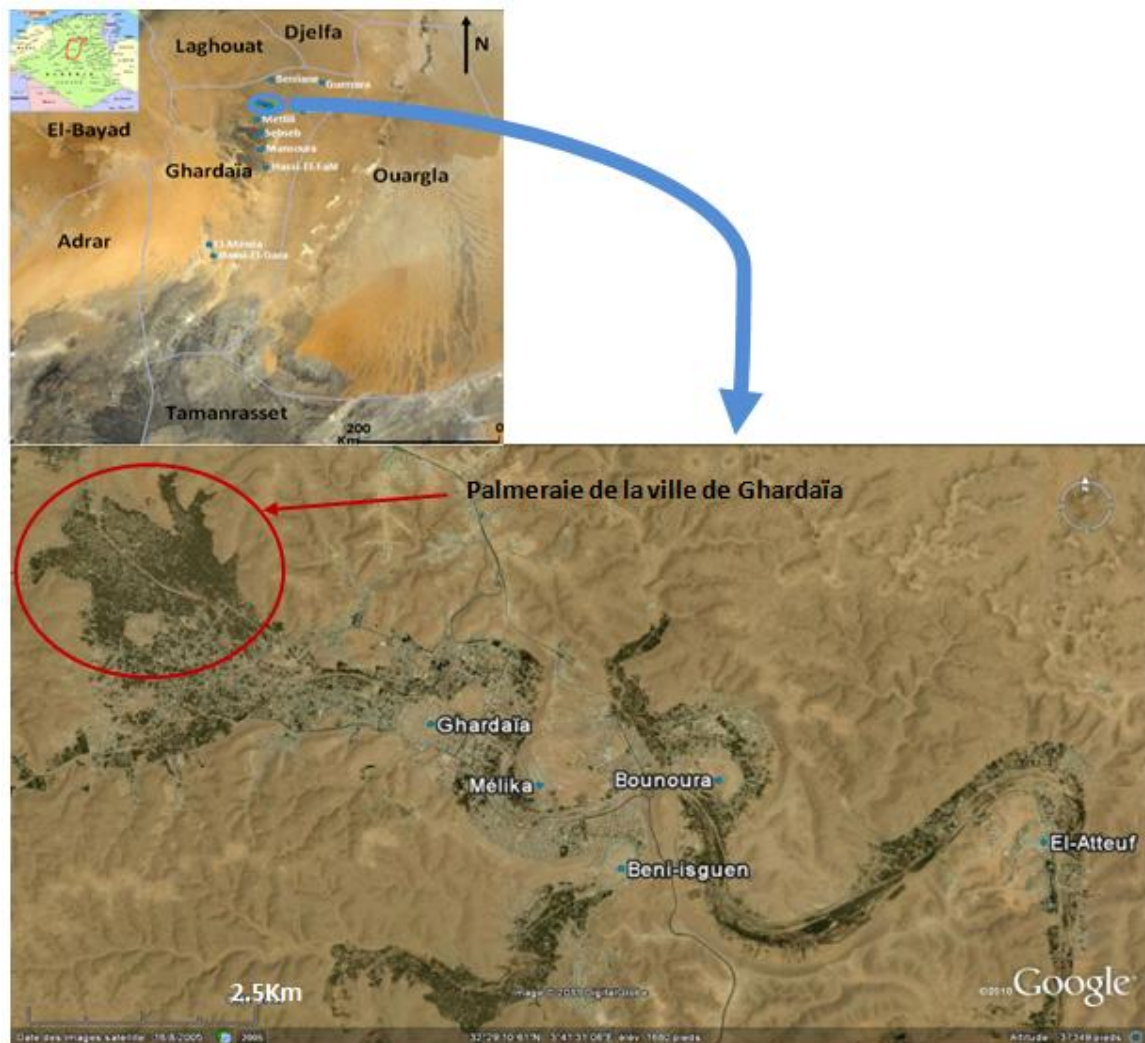


Figure.01 : Présentation générale de la vallée du M'zab, source (Google Earth)

La vallée du M'Zab, mesure 20 Km de long sur une moyenne de 2,5 Km de largeur. Elle couvre une superficie de 86.560Km². La commune de Ghardaïa est limitée du côté Nord par Berriane, de l'Est par Bounoura, de l'ouest par Daya et du Sud par Metlili, sa superficie est de 1798,07ha. GHARDAIA occupe une position centrale reliant les hauts plateaux avec le Sahara, ce qui fait d'elle une place tournante pour le développement de toute la région.

2. Contexte socio-économique.

La population pour l'ensemble des trois communes regroupées est estimée de 161 202 habitants (DPAT, 2008). L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de :

- Culture des palmeraies en premier lieu ((phoenicicultures).
- Culture des arbres fruitiers.
- Culture maraîchère et fourragère en intercalaire.

Le système d'irrigation se fait par submersion traditionnelle (seguias), rare sont ceux pratiquant le mode d'aspersion et la goutte à goutte. D'autres activités portant notamment sur le négoce, l'artisanat des tapis, ainsi que des petites et moyennes industries (verres, textiles, agroalimentaires, cosmétiques... etc.) (Fig.02).

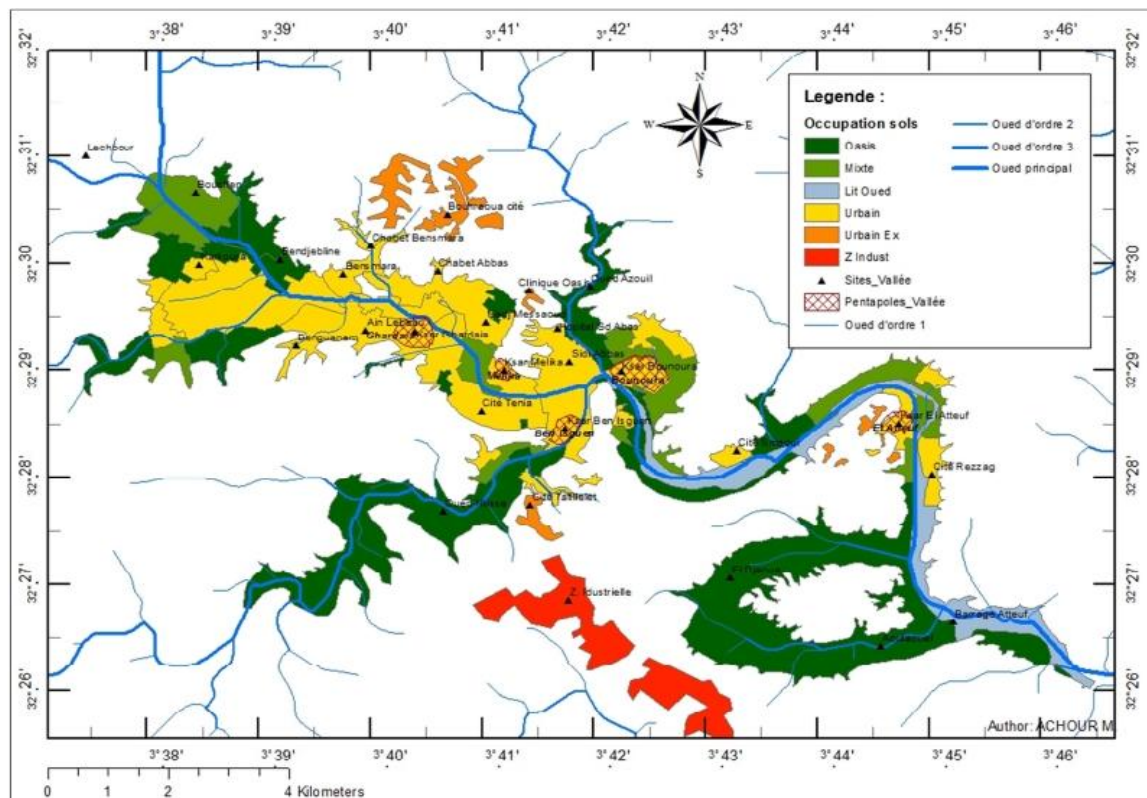


Figure.02 : Carte d'occupation dans la vallée du M'zab (ACHOUR. 2011)

3. Occupation du sol dans la région.

Dans la Wilaya de Ghardaïa, le secteur agricole est limité, il est à vocation phoénicicole. Sur les 8.656.000 Ha couverts par la superficie de la Wilaya 1.370.091 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 26.436 hectares. Dans la vallée du M'Zab 68 869 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 3 198 hectares (D.P.A.T., 2008). En considérant le facteur eau et les faibles précipitations, la S.A.U exploitée se limite aux seules superficies bénéficiant d'une ressource hydrique (forages, puits). Le reste est constitué des parcours et des terres improductives des exploitations agricoles.

3.1. Structure des exploitations agricoles :

Le secteur de l'agriculture de la Wilaya de Ghardaïa est caractérisé par deux systèmes d'exploitation ; l'ancienne palmeraie et la mise en valeur.

3.1.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie : Le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantation, palmiers âgés, une irrigation traditionnelle par séguias et des exploitations mal structurées et fortement morcelées (0.5 à 1.5 ha) Ce système caractérisé par des cultures étagés de palmiers dattiers, Arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire Des activités d'élevages familiaux sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles.

3.1.2. La mise en valeur : Le système de mise en valeur se scinde en une :

a) Mise en valeur péri-oasienne : il s'agit petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré et, est caractérisé par une irrigation localisée, une densité optimale, un alignement régulier, et une exploitation structurée. La taille moyenne est de 2 à 10 ha.

b) Mise en valeur d'entreprise : c'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par : structure foncière importante (jusqu'à 500 ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et vergers phoénicicoles et arboricoles. Les cheptels associés aux productions végétales sont importants notamment ovin et bovin.

Dans l'hydrologie du M'Zab, l'eau qu'on y exploite provient de plusieurs niveaux qui sont du haut vers le bas : l'eau de surface, la nappe superficielle et la nappe albienne. Cette hydrologie a été étudiée par plusieurs chercheurs comme Ville (1872), Bertin et al. (1952), Cornet et al. (1952), Dubief (1953), Teissier (1965), Amirat et Ben Dara. (1997) et A.N.R.H. (2003).

4. Les ressources hydrauliques dans la valle du M'Zab.

4.1. 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 km², 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 Sebket Safioune 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 Noumérate, 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 dérivation et de canaux distributeurs ;
 - D'arrêter l'eau et de lui permettre à s'étaler par des barrages de retenue et au même temps remplit- 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

4.2. Eaux de surface.

Les inondations créées par les crues des Oueds alimentent les nappes inféro-flux et irriguent les palmeraies par des digues.

4.3. Eaux souterraines.

4.3.1. Nappe phréatique : D'une manière générale, la région est le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 25 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier les dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie. La qualité chimique des eaux est comme suit :

- À l'amont, elle est bonne à la consommation.
- À l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines.

4.3.2. Nappe du Continental Intercalaire : La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grés-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 700m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minimale, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique. La nappe du CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m. (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia).

5. Cadre géologique.

5.1. Caractéristiques géomorphologiques.

La région de Ghardaïa fait partie intégrante de la Chebka du M'zab qui est un domaine encore plus large limité approximativement entre les deux parallèles 31° et 33° et les deux longitudes 3° et 4°, il correspond à un ensemble orographique globalement homogène qui occupe une grande partie du territoire de la wilaya.

5.2. Le type de relief.

Le plateau du M'zab est caractérisé par un relief monoclinale orienté NNE et plongeant légèrement vers ESE. Ce plateau est composé de deux terrasses carbonatées superposées couronnant deux séries d'escarpements marneux, ces deux terrasses montrent : une falaise inférieure et son plateau à l'est et une deuxième falaise supérieure et son plateau à l'ouest.

5.2.1. La falaise inférieure et son plateau : Dans le premier plateau on observe une élévation progressive de l'est vers l'ouest qui atteint 700m d'altitude avant de s'interrompre brusquement par un grand abysse : c'est la falaise inférieure qui présente le premier escarpement. Cette falaise est orientée NS avec une longueur d'environ 60km prenant naissance à Bled El Louha au 32°35'N en suivant approximativement le méridien 3°E et atteint par endroit des hauteurs de 200 et 250m. Le plateau inférieur compte d'ouest en est : une hamada occidentale, puis une Chebka occidentale très développées qui rejoint celle affectant le haut bord du plateau supérieur qui est moins développée.

5.2.2. La falaise supérieure et son plateau : La falaise supérieure s'élève d'environ 40m au-dessus du plateau inférieur et se dresse immédiatement à l'est de l'axe Berriane-Ghardaïa-Metlili. Grace à sa discontinuité la falaise supérieure forme une ligne de relief dentelé orienté NNE et reculant évidemment à l'est à chaque passage d'un grand oued.

Dans le plateau inférieur le gradin supérieur qui est complètement érodé n'est plus représenté que par quelques gours dispersés.

A l'est de la deuxième falaise, le plateau supérieur forme un deuxième versant cataclinal comme le premier sur lequel se développe la Chebka orientale qui donne naissance aux ruisseaux conséquents coulant vers le SE, certains d'entre eux rejoignent les grands oueds provenant du plateau inférieur.

5.3. Fissuration.

La forme rectiligne qui caractérise les petits affluents de la Chebka près des lignes des crêtes confirme que ces cours d'eau sont à l'origine d'une fissuration intense qui a affecté le plateau calcaire, ce sont des diaclases ou des cassures qui déterminent la ligne de

l'écoulement des eaux superficielles ce qui favorise l'érosion et la dissolution des formations s'essentiel des fissures observées dans la région de Ghardaïa sont en générale perpendiculaire à la stratification, on peut rencontre ce type à toute échelle comme par exemple les diaclases qui ont affecté la falaise verticale de 6m sur lequel repose la ville de Bounoura. Un même type de fracture qui s'est produit, d'environ 250m de longueur, orienté N110° qui forme une large cavité à Iserfane (Beni-Isguen).

5.4. Karstification.

Il existe des grandes figures de Karst dans la région comme la grotte de Figher et celle de Louss qui sont creusées profondément dans la roche épaisse de la plateforme inférieure après de la ville de Bounoura à plus de 10m de profondeur. Ces grottes s'étendent sur au moins quelque centaine de mètres de longueur. La grotte de Figher est caractérisée par ces belles figures stalactitiques. Dans la grotte de Louss, les parois émoussées sont tapissées de gypse poudreux et cristallin d'où l'appellation de « Louss » en mozabite. Ce gypse dont la dissolution par les eaux de pluie a rendu les eaux qui traversent la grotte plus saturées en sels gypseux, et en contact avec les parois, ces sels précipitent en formant un tapis poudreux et parfois cristallisé.

Pour arriver à cette grotte, on traverse d'abord de longs et étroits couloirs qui s'ouvrent vers des galeries de plus en plus grandes qui à leur tour montre dans quelques endroits des salles plus ou moins importantes et des prolongements verticaux formant des puits fermés.

6. Géologie.

6.1. La litho stratigraphie.

Le Barrémien : caractérisé par des formations détritiques du Crétacé inférieur sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles avec des intercalations carbonatées peu nombreuses.

L'Aptien : renferme 30m en moyen de dolomies avec d'intercalation d'anhydrite et d'argile, c'est un bon repère lithologique pour les sondages.

L'Albien : est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300m.

Le Cénomanién : environ 260m d'épaisseur, caractérisé par des argiles sableuses à la base, d'une série gypso-argileux au milieu et d'une trentaine de mètres a dominance carbonatée vers le sommet.

Le Turonien : essentiellement carbonaté, il est constitué de calcaire dolomitique massif et marne jaune à la base et de calcaire grisâtre à blanc au sommet.

Le Sénonien : représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et de calcaire dolomitique au sommet.

L'Eocène : d'une épaisseur de 26m au nord de Hassi R'mel, caractérisé par des calcaires blancs à silex et a passées plastiques azoïques.

Quaternaire alluvionnaire : constitué de sables et des alluvions, son épaisseur peut arriver jusqu'à 45m.

6.2. Le bassin sédimentaire.

Le plateau du M'zab fait partie du bassin saharien en s'occupant une position de bordure, il est conventionnellement limité au nord par l'ASA, vers le nord-est par les accidents de la Djéffar maritime et interrompu vers le sud et vers l'ouest par des limites d'érosion (d'après G.Busson).

6.3. Affleurement des formations.

Les terrains sédimentaires qui affleurent dans le centre du Sahara septentrional algérien sont d'âge secondaire et tertiaire. Le massif du M'zab se montre comme un promontoire crétacé émergeant, autour duquel les atterrissements Mio-pliocènes et Quaternaires couvrent de vastes surfaces. Dans le plateau du M'zab, on peut citer quatre formations lithologiques principales : F1, F2, F3 et F4, les deux premières constituent le premier étage et les deux autres le seconde.

6.3.1. F1 Les marnes inférieures : d'une épaisseur qui varie autour de 100 m dans la majeure partie du M'zab, cette formation est constituée essentiellement de marnes et d'argiles verdâtres, grisâtres ou jaunâtres contenant des intercalations d'argiles rouges et sables vers la base, de gypse et d'anhydrite au milieu et de calcaires et dolomies au sommet.

6.3.2. F2 la barre carbonatée inférieure : essentiellement carbonatée, de calcaire dans la partie inférieure et de dolomie vers le sommet, ou elle est totalement dolomitique, en prenant en considération de fréquents horizons silicifiés surtout dans la partie supérieure, et quelque lentilles de tuf gypseux tout à fait au sommet, de rares passées argileuses ou même gréseuses sont signalées au sein de cette barre qui a une épaisseur qui varie entre 50 et 100 m.

6.3.3. F3 les marnes supérieures : On peut définir 2 unités lithologiques de bas en haut :

-**Unité 1** : plusieurs mètres d'argiles versicolores gypseuses admettant parfois des lentilles de gypse massif.

-**Unité 2** : plus d'une dizaine de mètres de dolomies et de calcaires blancs tendres, et de marnes jaunâtres indurées avec petite barres dolomitiques à silex au milieu.

6.3.4. F4 la barre carbonatée terminale : elle couronne le deuxième escarpement avec sa double corniches, la formation qui est incomplète au sommet a plus de 100m d'épaisseur, elle est constituée de bancs dolomitiques à fréquentes silicifications, et admet au milieu, entre deux barres brunes foncées, un niveau clair marneux à silex, de couleur jaune vive.

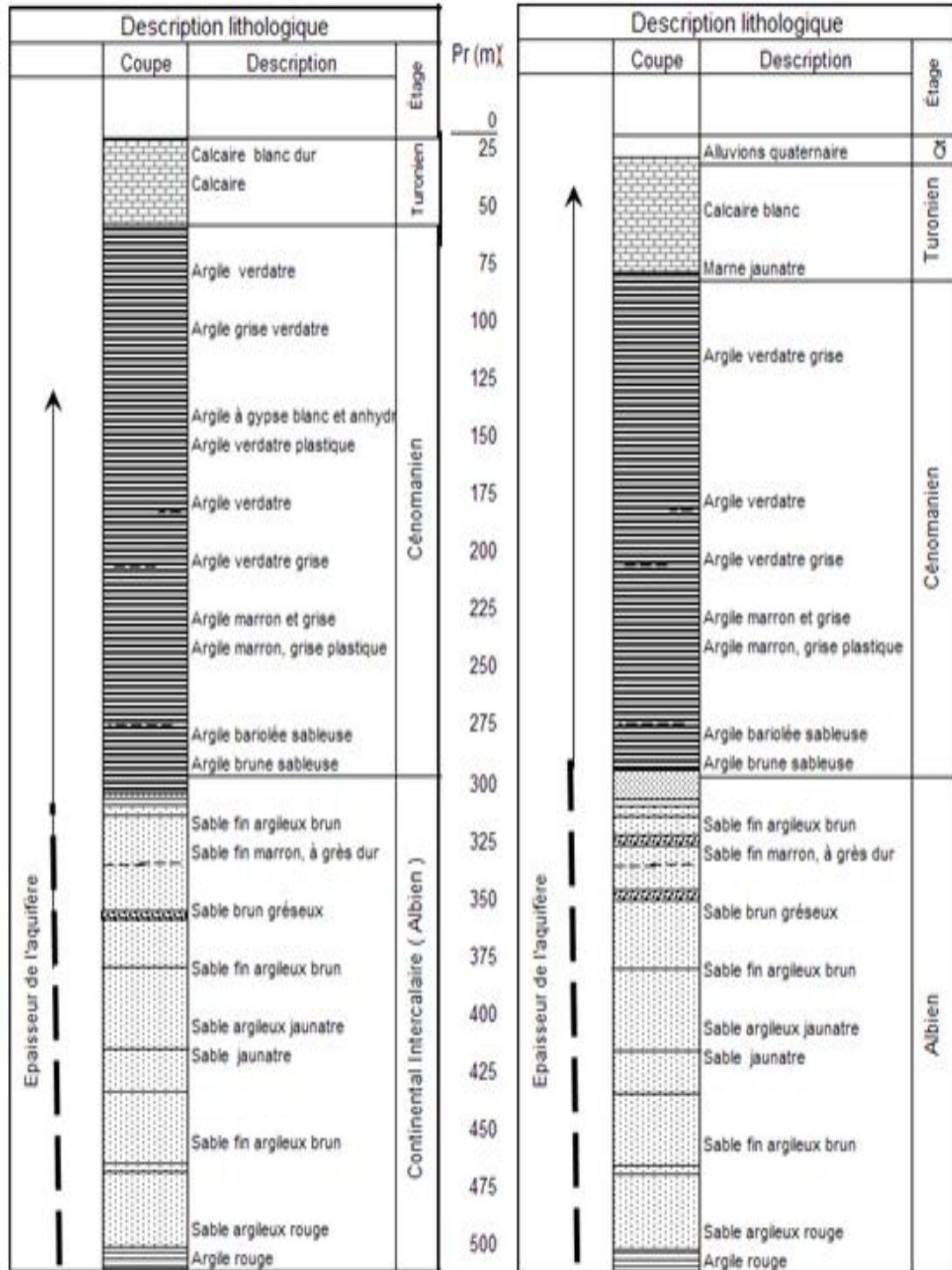


Figure 03 : Colonne stratigraphique de la zone d'étude (ANRH.2004).

7. Hydroclimatologie.

Le bassin versant de l'oued M'Zab appartient au Bassin du Saharien Septentrional 13-04. Il prend naissance au piedmont de l'Atlas Saharien à plus de 750m d'altitude et déverse à son exutoire après 320 km à Sebkhaf Safione au nord de la ville d'Ouargla à une altitude de 107 mètres.

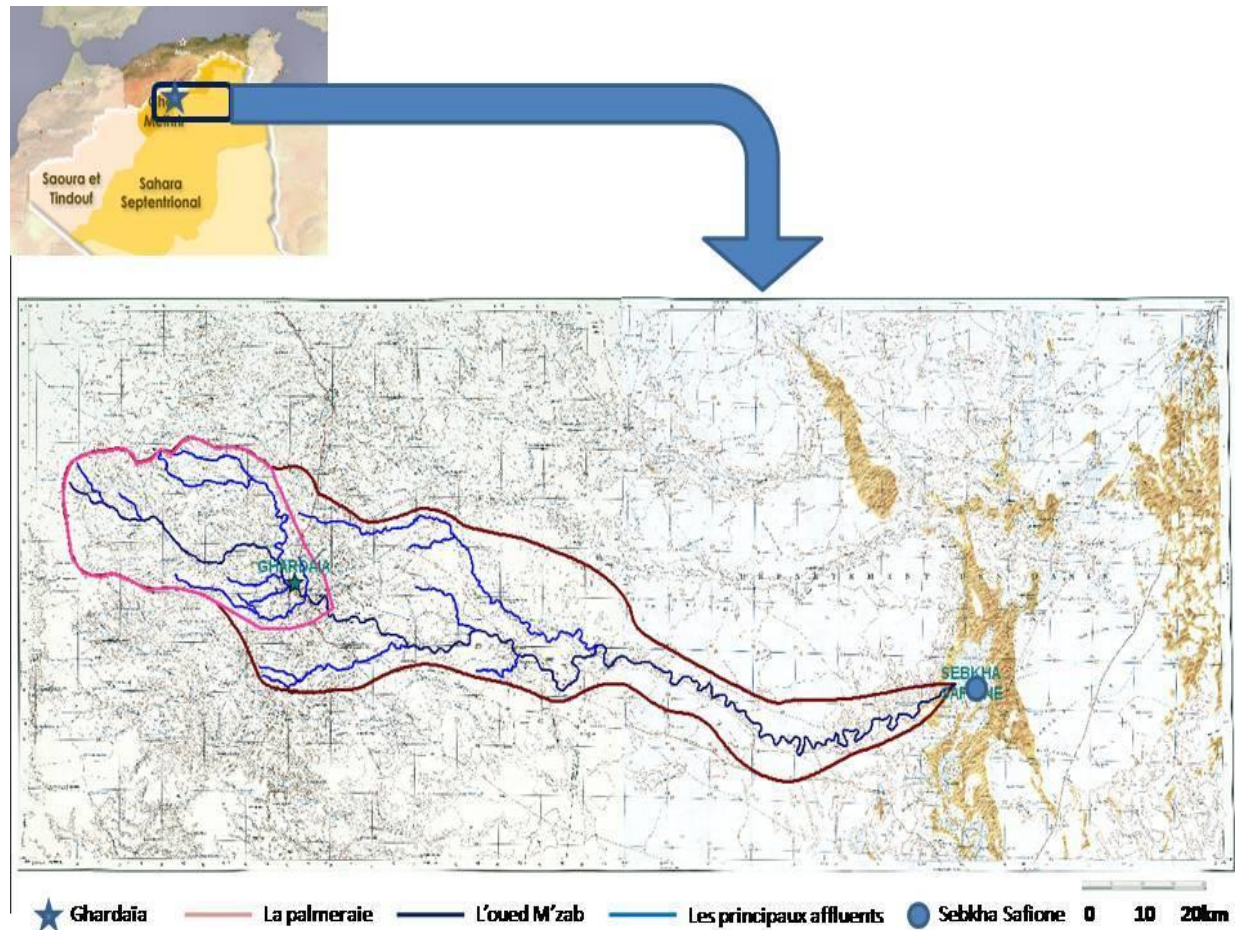


Figure 04 : La localisation du bassin versant dans le Bassin du Sahara Septentrional.

Nous avons considéré le sous bassin versant qui traverse la vallée du M'zab (contenant la pentapole historique) limitée en amont par la commune de Daïa Ben Dahoua et en aval par la commune d'El-Atteuf en passant par les deux communes de Ghardaïa (chef lieu de la wilaya) et Bounoura. L'oued M'zab présente une direction générale est-ouest, il draine en amont les deux oueds Labiod et Laadira qui se confluent à 8 km au nord ouest de la ville de Ghardaïa.

D'autres affluents plus ou moins importants rejoignent l'oued, citons: Sur la rive droite, les deux oueds Touzouz et Aridène qui le rejoignent en amont de la palmeraie de Ghardaïa. Plus en aval, on rencontre, à droite, au niveau de Beni Isguen, l'oued N'tissa qui

traverse la palmeraie de cette ville. A gauche et à quelques centaines de mètres en aval du précédent, on trouve l'oued Azouil dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura. En outre, l'oued M'zab reçoit d'autres venues de faible importance appelées "chaabah", tel qu'Akhelkhal, Belghanem sur la rive droite, et celles d'Inirèz, Baba Ouldjama sur la rive gauche. (cf la figure présentant le sous bassin versant du M'zab) Signalons que les écoulements de l'oued M'zab passent au premier lieu dans les oasis par le biais de système ancestral ingénieux de partage des eaux valorisant ainsi les crues en s'épandant dans les surfaces agricoles et en déversant dans des puits appelés « puits descendants » pour alimenter la nappe artificiellement, ils sont interrompus par une série de barrages appelés localement « ahbas » appartenant au même système.

Pour mieux apprécier la réponse hydrologique de ce sous bassin à une sollicitation de précipitations, nous étudierons ses paramètres physiographiques sur une carte 1/200000 réalisée par l'Institut Géographique National (français) en 1960. C'est la seule carte disponible à cette échelle jusqu'à l'heure actuelle. Nous l'avons géo-référencié à l'aide du logiciel MapInfo Professional 8.0 qui nous a permis par la suite de retirer tous les paramètres.

Le sous bassin versant de M'zab a une superficie de 1500 km², une forme assez allongée avec un indice de compacité de Gravelius égal à 1.3. L'altitude maximum est de 779m, l'altitude minimum est de 450m. La pente moyenne de sous bassin est de 86‰ et le relief est fort. Le cours d'eau principal à une longueur de 80 km et sa pente moyenne est égal à 4.2m/km. Le réseau hydrographique à un ordre de développement de 6 et sa densité de drainage est estimé à 1.3.

8. Cadre climatique.

L'Algérie, est partagée en trois zones climatiques distinctes, la première à climat méditerranéen au Nord, la seconde semi-aride aux hauts plateaux et enfin un climat aride, qui caractérise le grand Sahara. Le climat de la région de Ghardaïa est désertique avec des hivers froids et des étés chauds. Il est possible de distinguer parmi les facteurs climatiques la lumière et la température en tant que facteurs énergétiques, les précipitations comme facteurs hydrologiques et les vents en tant que facteurs mécaniques (Ramade, 1984). Nous présenterons le climat de la région du M'Zab à partir de certaines données climatiques collectées au niveau de la station météorologique de Ghardaïa (Latitude 32°24' N longitude 03°48' E altitude 468 m). (M. BENZAYET Brahim.2010).

8.1. Précipitation.

8.1.1. Précipitations annuelles.

Les variations annuelles des précipitations montre que l'année la plus pluvieuse est l'année 2004 avec une hauteur annuelle de 171.3 mm et l'année la plus sèche est celle de 2001 avec une hauteur annuelle de 48.6mm. La moyenne interannuelle de précipitation est 91 mm.

8.2.2. Précipitations moyenne mensuelles.

Pour l'étude de la précipitation on a obtenue une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de 15 ans (2000-2014). Selon le tableau (01) et la figure (05) on observe que le mois de Septembre est le plus pluvieux avec une moyenne de 19.56 mm, par contre le mois de Février est le plus sec avec une moyenne de 2.19 mm.

Tableau 01 : Précipitations moyennes mensuelles de Ghardaïa (2000- 2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	10,21	2,19	9,66	7,59	2,39	2,83	2,28	6,7	19,56	9,05	4,96	6,82

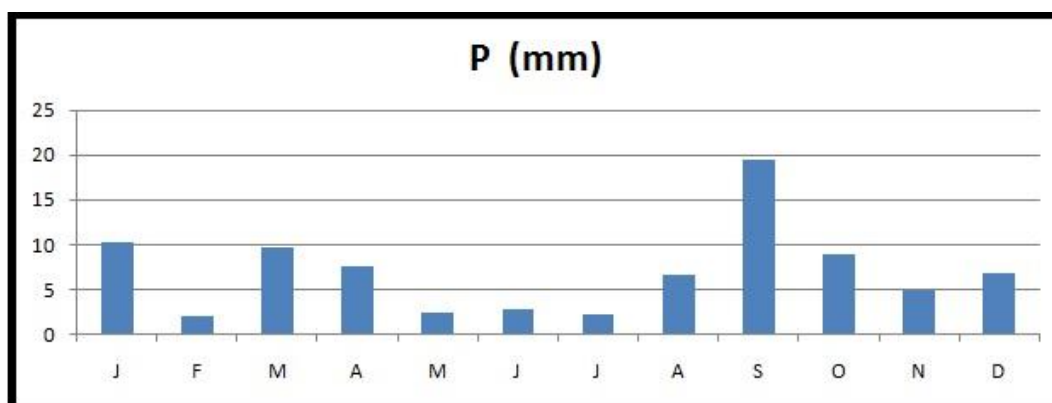


Figure.05: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période : 2000-2014).

8.3. Température.

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures du jour et de la nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois d'octobre. Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de Janvier avec une valeur d'ordre de 11.55C° et les plus élevées au mois de Juillet avec une valeur d'ordre de 34,32 C° (Tab 02, Fig06.).

Tableau 02 : Température moyennes mensuelles de Ghardaïa (2000 -2014)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp (°C)	11,55	13,13	17,43	21,29	25,93	30,97	34,32	32,71	29,6	23,77	16,46	12,29

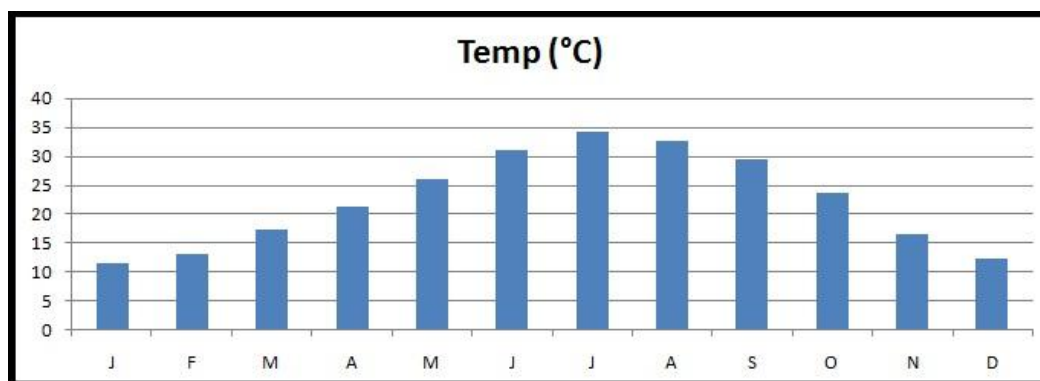


Figure.06: Histogramme du Températures moyennes mensuelles (2000-2014).

8.4. Humidité relative. L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère. L'humidité moyenne de la région est minimum pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 21,07% et maximum pendant le mois de décembre avec une valeur de 55,27 %. D'après le tableau et la figure (07), on constate que l'humidité relative est très faible avec une moyenne annuelle de 37,34%. Pour les mois de Décembre et janvier (hiver) elles dépassent 50%.

Tableau 03 : Humidité relative moyenne mensuelle de Ghardaïa (2000 -2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité %	51,27	42,93	37,73	33	28,73	25	21,07	25,53	36,13	43	48,47	55,27

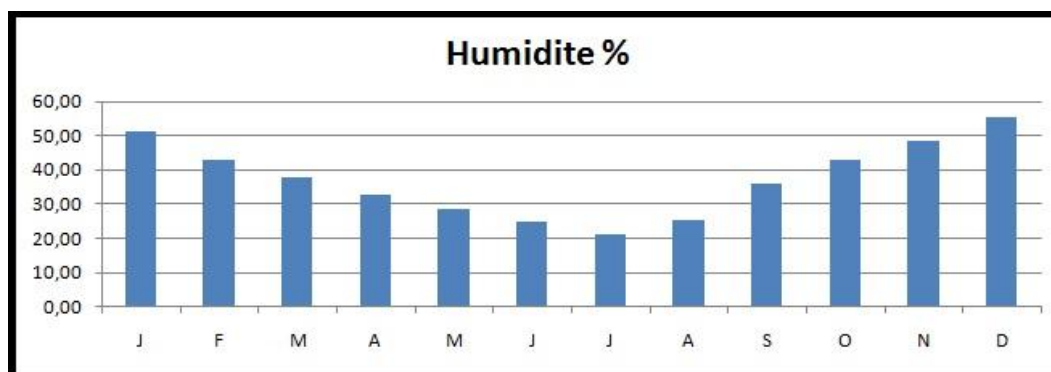


Figure .07 : Histogramme D'Humidités relatives moyennes mensuelles (2000-2014).

8.5. Evaporation.

L'évaporation mesurée sous abri par l'évaporomètre de Piche est de l'ordre de 3110 mm/an à savoir 35 fois plus grande que la pluviométrie, avec un maximum au mois de Juillet de l'ordre de 396,13 mm et un minimum de 95,6 mm obtenue au mois de Janvier (Fig.08). Ces valeurs élevées sont reliées à la forte température et aux vents violents.

Tableau 04 : l'évaporation moyenne mensuelle de Ghardaïa (2000 -2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evaporation(mm)	95,6	118,73	176,67	230,73	280,33	346,87	396,13	350	268,6	167,93	115,4	134,8

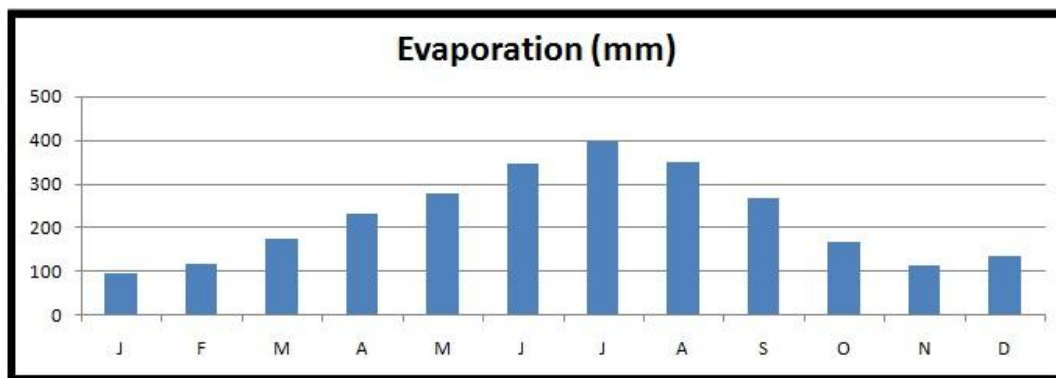


Figure. 08 : Histogramme D'Evaporation moyennes mensuelles (2000-2014).

8.6. Diagramme ombrothermique de Gausсен.

Le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius (MUTIN, 1977).

Tableau 05: données de diagramme ombrothermique.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	10,21	2,19	9,66	7,59	2,39	2,83	2,28	6,7	19,56	9,05	4,96	6,82
2 Temp (°C)	23,1	26,26	34,86	42,58	51,86	61,94	68,64	65,42	59,2	47,54	32,92	24,58

La représentation selon le diagramme ombrothermique de Gausсен de la région d'étude montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur toute l'année (12 mois) (Fig.09.).

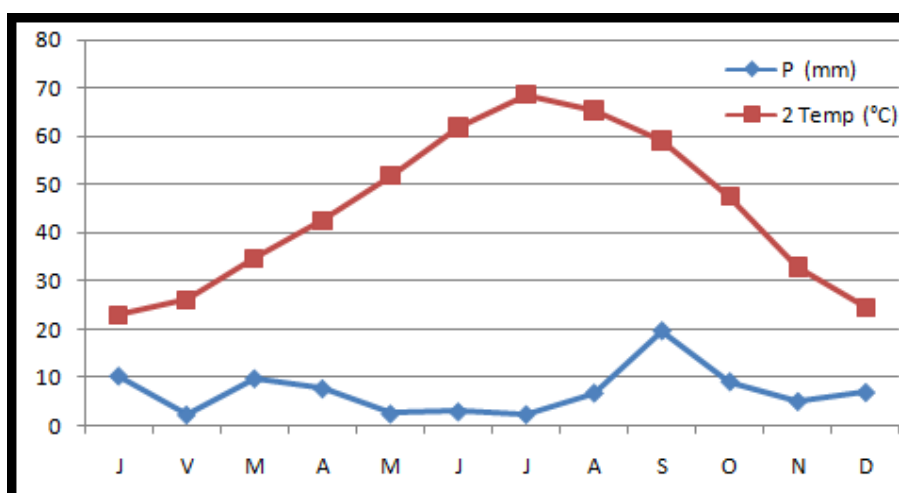


Figure.09: Diagramme Ombrothermique de la région de Ghardaïa (2000.2014).

8.7. Bilan hydrique.

Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa (Tab.06.) et (Fig.10.), dans la période (2000-2014) d'après la méthode de Thorntwaite est déficitaire ; la quantité d'eau précipitée sera vite évaporée parce que évapotranspiration potentiel l'ETP est plus importante que les précipitations, le ruissellement et la réserve facilement utilisable est nulle pendant les huit mois. Le déficit (DA) agricole est présent pendant huit mois de l'année, elle atteindra son maximum au mois de juillet (166,5mm).

Tableau06 : Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa dans la période.

mois	Tp	ETP _C	Pr	RU	ETP _R	DA	EX
S	29,6	84,1	19,56	0,0	19,56	64,6	0,0
O	23,77	37,1	9,05	0,0	9,05	28,1	0,0
N	16,46	9,2	4,96	0,0	4,96	4,3	0,0
D	12,29	3,2	6,82	3,6	3,2	0,0	0,0
J	11,55	2,8	10,21	11,1	2,8	0,0	0,0
F	13,13	4,2	2,19	9,1	4,2	0,0	0,0
M	17,43	13,5	9,66	5,3	13,5	0,0	0,0
A	21,29	28,8	7,59	0,0	12,9	15,9	0,0
M	25,93	62,5	2,39	0,0	2,39	60,2	0,0
J	30,97	116,5	2,83	0,0	2,83	113,7	0,0
J	34,32	168,8	2,28	0,0	2,28	166,5	0,0
A	32,71	133,8	6,7	0,0	6,7	127,1	0,0
Annuel	22,5	664,5	84,2		84,2	580,3	0,0

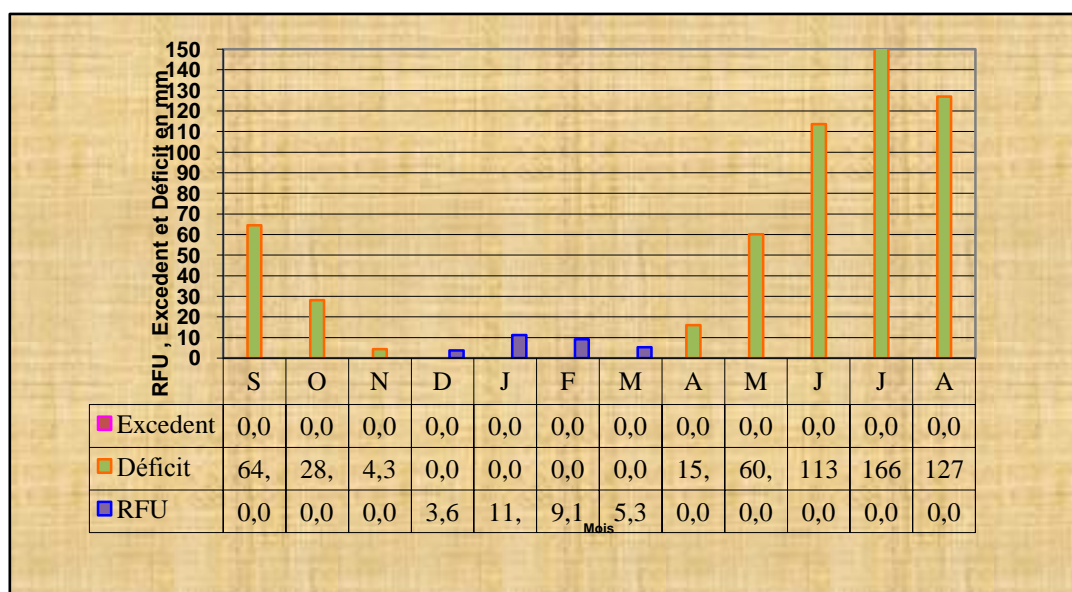


Figure.10: les termes du bilan hydrique de la région de Ghardaïa.

9. Conclusion.

La région du M'zab, située à 600 km au sud de la capitale est considérée comme l'une des grandes oasis du Sahara algérien. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa, regroupant trois chefs lieu de communes, Ghardaïa, Bounoura et El Atteuf. La population pour l'ensemble des trois communes regroupées est estimée de 161 202 habitants. L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de culture ; culture des palmeraies, culture des arbres fruitiers et culture maraîchère et fourragère.

Le plateau du M'zab fait partie du bassin saharien en s'occupant une position de bordure, les formations géologiques qui affleurent dans la vallée de M'zab se montre comme un promontoire crétacé émergeant, autour duquel les atterrissements Mio-pliocènes et Quaternaires couvrent de vastes surfaces. On peut citer quatre formations lithologiques principales ; Les marnes inférieures, la barre carbonatée inférieure, les marnes supérieures et la barre carbonatée terminale.

L'étude climatologique montre que le climat de la zone d'étude est hyper aride de type saharien, la période sèche dure pendant toute l'année, Le bilan est déficitaire, l'excédent est nul et la RFU est épuisée durant toute l'année.

*Partie 2: Etude
hydrogéologique de la
région du M'Zab*

1. Introduction.

Le bassin du Sahara septentrional est réputé par son immense aquifère ; considéré parmi les plus grands réservoirs aquifères du monde. Depuis l'étude de J. Savornin (1945)(1) plusieurs auteurs ont contribué à la connaissance du fonctionnement hydraulique des nappes de ce grand bassin hydrogéologique, entre autres, on cite parmi les principaux ; Cornet (1961), BURGEAP (1963), Géo-hydraulique (1965), Bel et Demargne (1966), UNESCO-ERSS (1972), PNUD- Actualisation ERSS (1983), Projet BRLi (1998), OSS-SASS (2003) et Ould Baba Sy (2005).

L'état de l'art actuel montre que le système aquifère du Sahara septentrional, nommé SASS, est un énorme réservoir à structure multicouches. Spatialement, ces limites hydrogéologiques s'étendent sur une très vaste surface de 1100.000 de km² (SASS, 2003) située simultanément, en l'Algérie de 60%, en Lybie de 30%, et un peu moins en Tunisie de 10%. Ces limites forment une ceinture continue de la frontière marocaine au Nord-Ouest du bassin, jusqu'à la ville de Hun en extrême Sud-Est de la Lybie. La dorsale du M'zab divise le domaine du SASS en deux bassins ; le bassin occidental de 280.000 km² drainé vers le Sud, et le bassin oriental de 500.000 km² drainé vers le Nord-Est.



Figure. 11 : limites du domaine SASS (ANRH)

2. présentation de système aquifère du Sahara septentrional.

Le domaine du système aquifère du Sahara septentrional SASS s'étale, du Nord au Sud ; de l'Atlas saharien jusqu'aux plateaux de Tidikelt et Tinrhert, et d'Ouest en Est ; depuis la vallée Guir-Saoura en Algérie jusqu'au Graben de Hun en Lybie (fig. 11). Les études démontrent que ce système aquifère est composé de deux principaux réservoirs aquifères (fig. 12). ; Le complexe terminal au-dessus à nappe de sub-surface, et au-dessous, le continental intercalaire le plus étendu à nappe profonde captive.

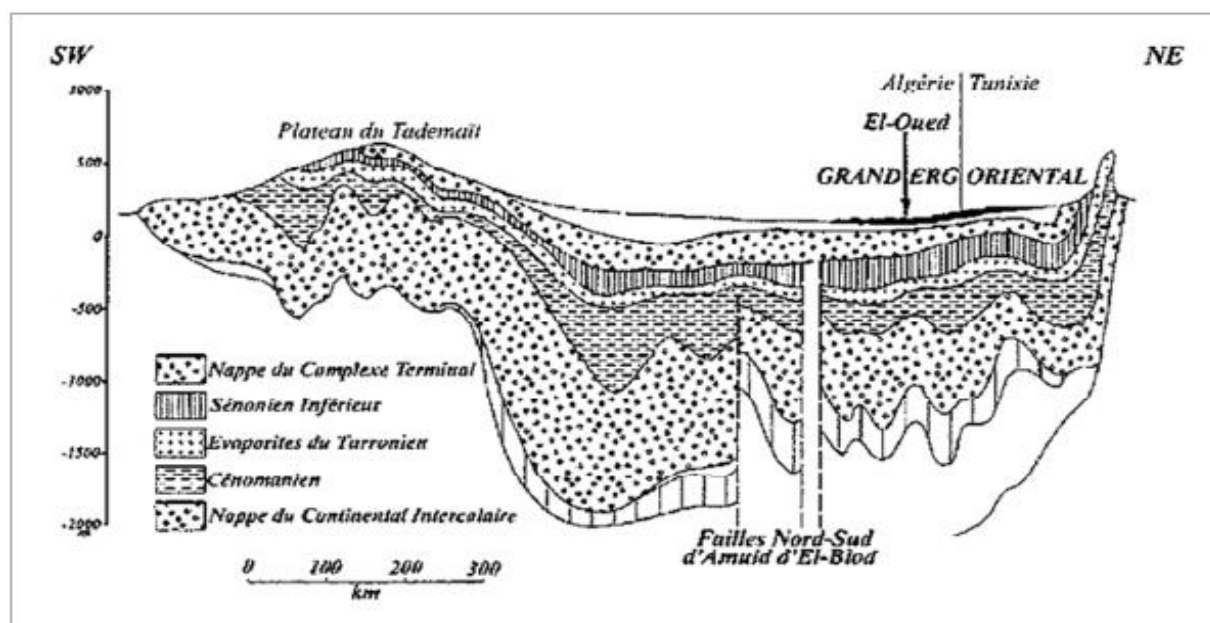


Figure.12: coupe hydrogéologique NE-SW du bassin SASS (ERSS, 1972).

2.1. La nappe du complexe terminal (CT).

Le complexe terminal couvre une superficie de 665.000 km², il regroupe plusieurs aquifères à formation géologiques différentes, d'âge Turonien, Sénonien, Eocène et Mio-pliocène. Interconnectés entre eux, l'ensemble forme un même système hydraulique. Ces limites d'affleurement sont ;

- au Nord, dans le sillon des chotts Algéro-tunisiens.
- à l'Est, le long du flanc oriental du Dahar et du J. Nafusa en Tunisie.
- au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït.
- à l'Ouest, sur la dorsale du M'zab (calcaires du Turonien), considérée comme une zone d'alimentation du CT.

La nappe est jaillissante au centre du bassin et libre sur les bordures. Elle est alimentée essentiellement par infiltrations des pluies exceptionnelles dans les sables mio-pliocènes, ainsi que par les fréquents ruissellements le long des oueds descendant de l'Atlas saharien au Nord,

et de l'Ouest, par les écoulements des oueds de la chebka du M'zab (fig.13). Avec une épaisseur moyenne de 342 mètres et une porosité efficace de 5%, les réserves du CT sont évaluées à environ de 11.000×10^9 de m^3 (Ould Baba Sy, 2005).

Etant la limite de la nappe du CT est située plus à l'Est de la région du M'zab, cette dernière n'est pas captée avec succès dans la région de Ghardaïa. De ce fait, nous n'aborderons en détail que la nappe du CI.

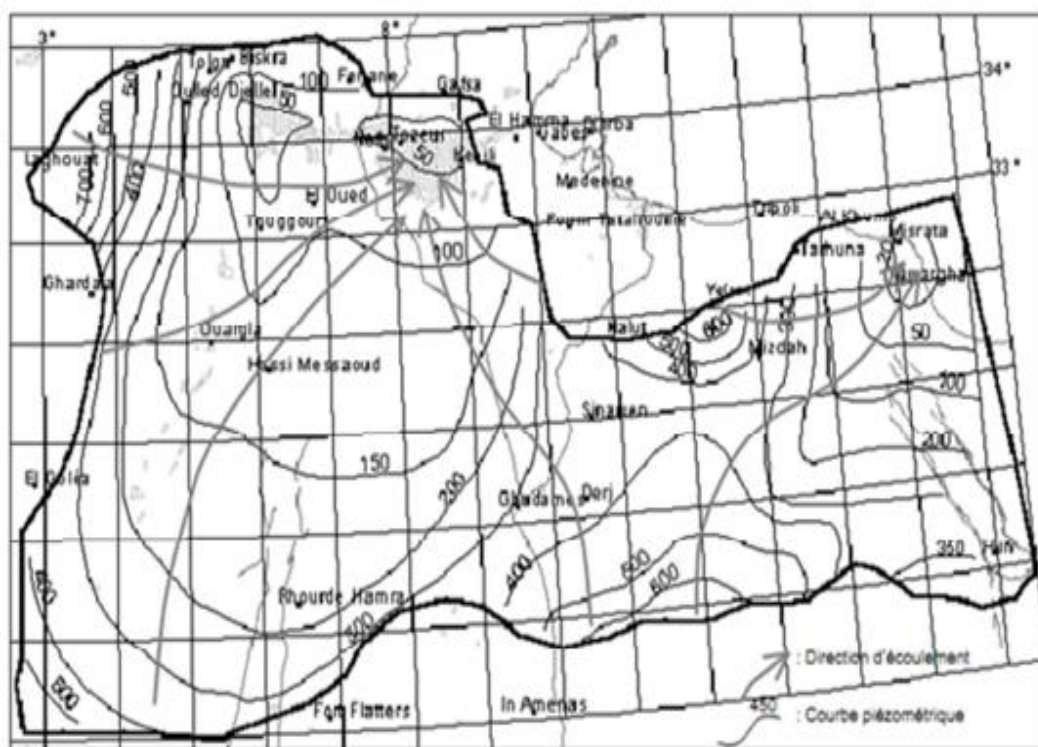


Figure.13 : Piézométrie de la nappe du CT (OSS, 2003)

2.2. La nappe du continental intercalaire (CI).

Le continental intercalaire est définie comme l'aquifère le plus étendu du bassin, ses extensions déterminent également les limites qui ont été attribuées au domaine du SASS. Majoritairement, il comprend toutes les formations sablo-gréseuses et argilo- sableuses du Crétacé inférieur. Les épais séries argilo-évaporitiques du Cénomaniens constituent un toit imperméable de l'aquifère.

2.2.1. Limites et structure du continental intercalaire CI : Les limites du CI ont été déterminées, à la fois, par l'étude des affleurements géologiques et les sondages, se sont (OSS, 2003) ; l'Atlas saharien au Nord, les massifs paléozoïques de l'Ougarta à l'Ouest et des Tassilis au Sud, allant en continuité d'Adrar à Hun en Lybie, les affleurements sur le Djebel Nefussa et le Dahar au Nord-Est., au Nord, l'accident sud Atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golfe de Gabès par la faille d'EL Hamma – Médenine, et enfin à l'Est, au

niveau d'un méridien 16° qui a été adopté comme limite de la zone, et qui correspond en fait, au passage des eaux douces aux eaux saumâtres dans le bassin de Syrte (OSS, 2003).

La dorsale du M'zab, orientée approximativement Nord-Sud, divise le domaine du CI en deux sous bassins hydrogéologiques: le bassin oriental et le bassin occidental.

L'ensemble couvre une surface de 1100.000 de km², et une épaisseur moyenne de 358mètres (Ould Bab Sy, 2005). La partie Sud du réservoir du CI est largement affectée par les accidents Nord-Sud d'Amguid El Biod qui se prolonge du socle primaire d'El Hoggar (fig.14).

2.2.2. Alimentation du continental intercalaire CI: L'examen de la carte piézométrique de la nappe du CI (fig.14.), établie par l'OSS (2003), révèle que les écoulements des eaux de la nappe en prévenance de l'Atlas saharien, se trouvaient scinder au niveau l'axe de la dorsale du M'zab, en deux directions privilégiées ; un écoulement vers le Sud et le Sud-Ouest, régions de Tidikelt, Touat et Adrar. L'autre direction vers le Nord-Est, vers la zone des chotts et vers la nappe de la zone côtière de la Tunisie.

Malgré sa situation en zone aride, on admet que le CI est directement alimenté par l'infiltration des eaux de ruissellement sur les zones périphériques d'affleurement, dans les piedmonts de l'Atlas saharien et les rebords Sud des plateaux de Tidikelt et Tiniher. L'alimentation du CI s'effectue aussi indirectement dans le grand erg occidental, à travers les dunes de sables. Les chiffres avancés concernant la recharge du CI sont divers, les modèles mathématiques la situe autour de 8 m³/s (Ould Baba Sy, 2005).

2.2.3. Piézométriques CI : Le tracé des lignes de courant sur la carte piézométrique montre une allure générale de l'écoulement de la nappe qui s'effectue de l'Ouest vers l'Est. Cet état confirme assez bien, l'écoulement général de la nappe du Continental Intercalaire déjà connu dans tout le bassin du SASS. Le gradient hydraulique est moyennement élevé au Nord de la vallée du M'zab de l'ordre de 9,5%, par contre plus à l'Est, il devient relativement plus faible atteignant 3,2%. En outre, les formes et les espacements variables des courbes iso pièzes, mettent en évidence une dépression piézométrique située à l'aplomb de la vallée du M'zab, engendrée, vraisemblablement, par le pompage excessif des forages d'AEP dans la région. Selon l'ADE, le pompage est maintenu continuellement pendant 24 heures, afin de satisfaire la population en eau potable.

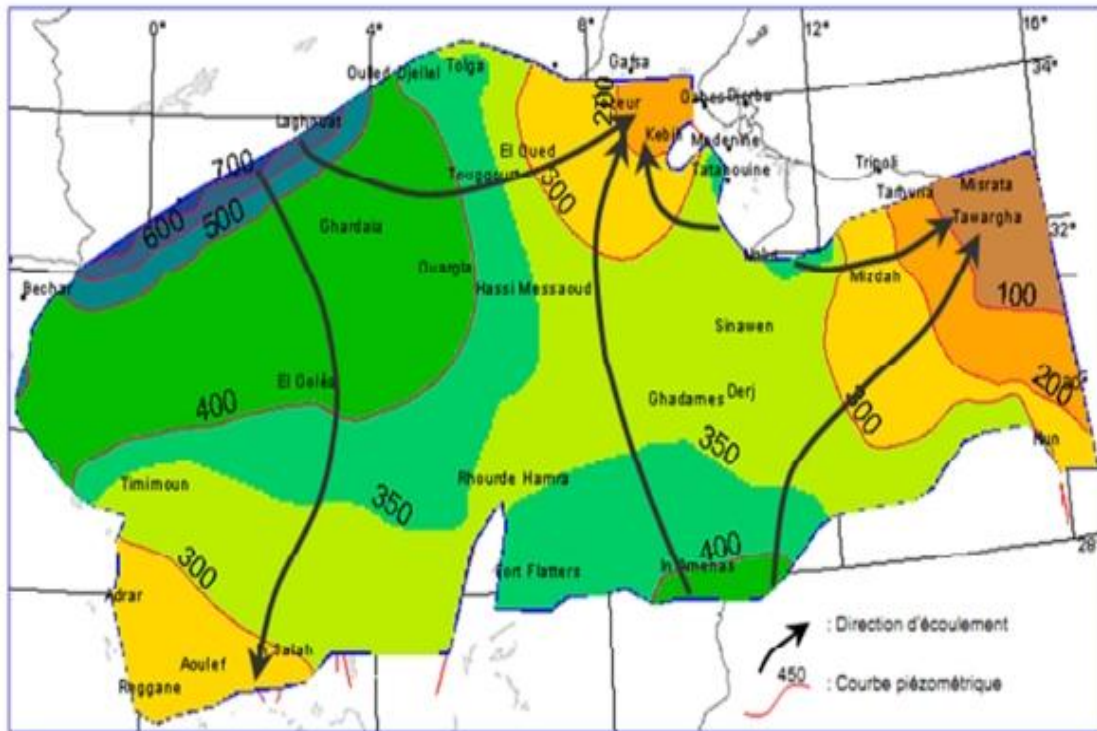


Figure.14 : Piézométrie de la nappe du CI (OSS, 2003)

3. Les aquifères de la valle de m'zab.

3.1. La nappe de continental intercalaire « CI ».

3.1.1. Structure du CI dans la région du M'zab : Selon la région d'étude, la nappe de CI se fait exploitée au niveau des formations albiennes à une profondeur dans la région du M'Zab allant de 290 à 300m. Cette exploitation a pour but d'avoir une bonne qualité chimique des eaux favorables à la consommation grâce à la nature lithologique de l'aquifère composé essentiellement de grès et de sables fins argileux.

Le Continental intercalaire dans la région du M'zab est composé de sables fins et de grès jaunâtres à gris à intercalations d'argiles. Cette masse grés-sableuse est aquifère, dont l'Albien est l'étage qui est capté et exploité avec succès par plusieurs forages dans tout le territoire de la wilaya de Ghardaïa. La profondeur du toit de l'aquifère varie selon la région, il est entre 80 et 150 mètres au sud de la wilaya dans la région d'El Maniaa, par contre à l'Est le toit n'est atteint qu'à partir de la profondeur de 650 à 700 mètres (région de Zelfana et Guerrara).

L'hydrodynamisme de la nappe varie selon l'altitude de la zone d'une part et l'épaisseur des formations sus-jacentes formant le toit de cette dernière d'autre part. La nappe est artésienne jaillissante admettant des pressions en tête des ouvrages de captage variant entre 0,5 à 4 bars dans les régions Sud et Est du territoire de la wilaya. Par contre à l'Ouest et au nord la nappe est exploitée par pompage. Dans la vallée du M'zab la nappe albiennienne est exploitée par

pompage à des profondeurs variant entre 100 à 150 mètres en amont et 80 à 50 mètres en aval

3.1.2. Exploitation du CI dans la vallée du M'Zab : Le premier forage profond exécuté dans la vallée du M'zab date de 1938, et depuis le nombre de forages n'a cessé d'augmenter. Selon l'inventaire de ANRH (2011), on compte actuellement plus de 59 forages exploitant la nappe du CI dans la vallée du M'zab avec un débit total de 24,90 hm³/an (fig.15) dont 88% est destiné pour l'alimentation en eau potable de la population de la vallée, soit un volume d'eau mobilisée de 21,90 millions de m³ par an par le biais de 39 forages.

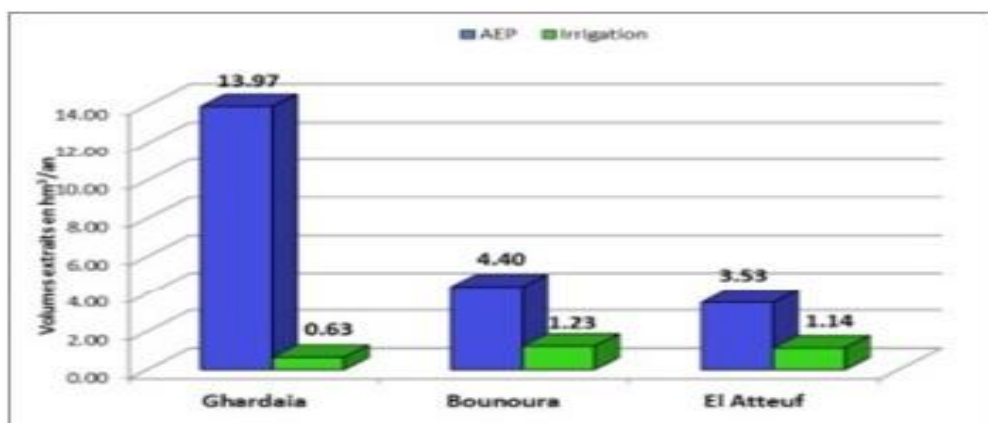


Figure.15: Exploitation de la nappe albienne dans la vallée du M'zab par usage.

Le secteur agricole totalise un volume d'eau exploité de 3 millions de m³ par an, soit 12% du volume total extrait de la nappe du CI dans la vallée (Fig15.). Dans la vallée du M'zab le toit de l'aquifère albien est atteint à la cote de 290 à 300 mètres. L'ensemble des forages exploitants l'aquifère dans la vallée ont une profondeur moyenne de 500 mètres.

3.1.3. Piézométrie du CI dans la région du M'zab : 52 points d'eau captant l'aquifère de l'Albien et couvrant l'ensemble de notre zone d'étude ont été sélectionnés, et ayant fait l'objet d'une campagne piézométrique au cours de la période avril mai 2011. Ces points d'eau sont représentés, particulièrement, par des forages exploités, des forages vétustés non exploités, ainsi que des piézomètres de surveillance récemment réalisés par l'ANRH.

L'examen de la carte montre une répartition spatiale assez régulière de la piézométrie de la nappe, présentant dans l'ensemble une morphologie simple avec quelques perturbations repérées notamment au niveau de la vallée du M'zab. Des fortes valeurs piézométriques sont localisées à l'Ouest et au Nord-Ouest, et diminuent progressivement tout en allant vers l'Est et au Sud-Est.

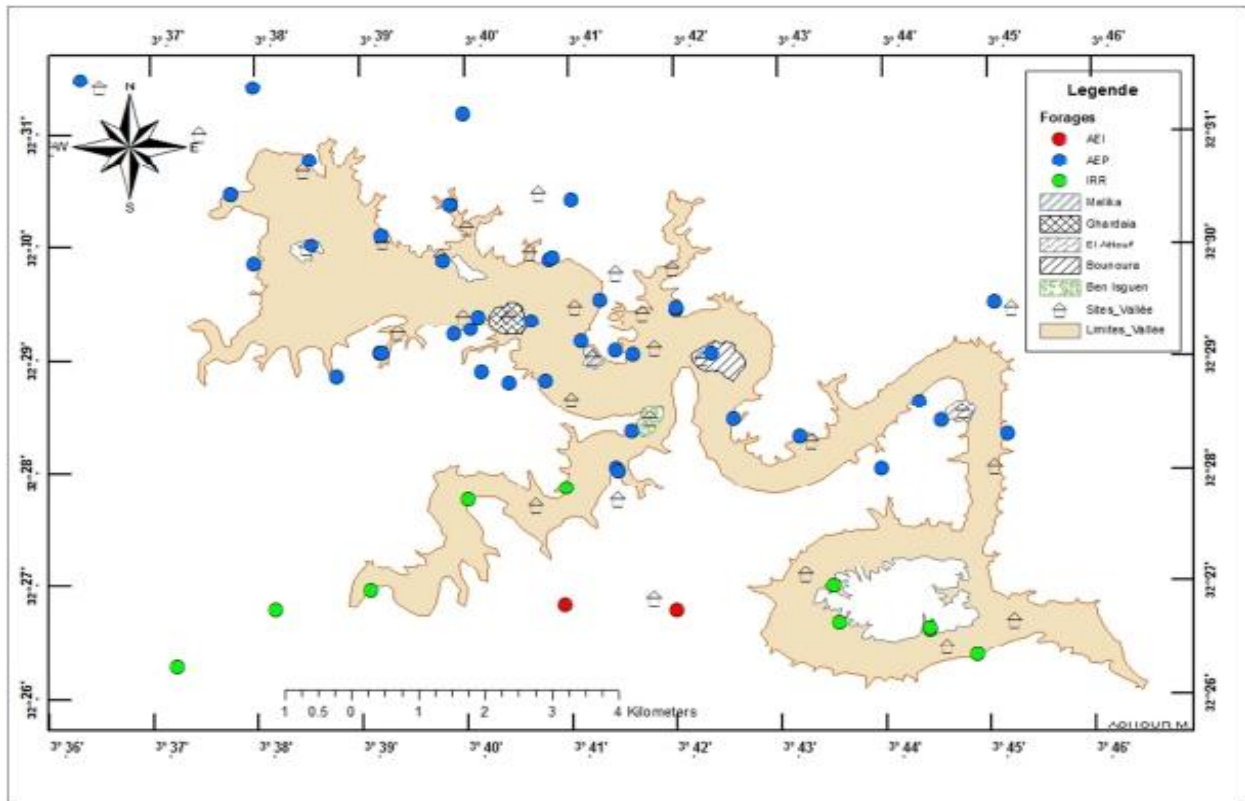


Figure.16: carte d'inventaire des forages de CI de la vallée du M'azab (avril-mai, 2011).

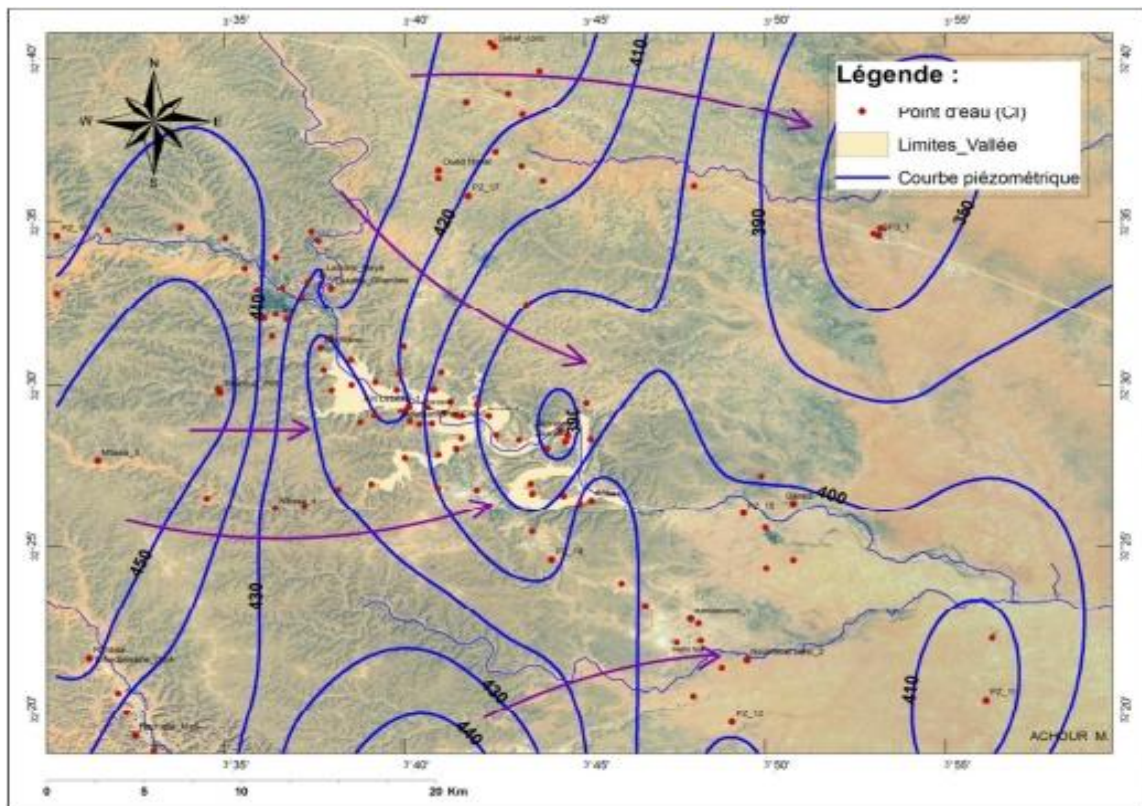


Figure.17: carte piézométrie de la nappe CI dans la région du M'zab (avril-mai 2011)

3.2. Aquifère superficiel d'Oued M'Zab.

Dans la région du M'Zab il y a peu d'études sur l'aquifère superficielle et en particulier sur la qualité des eaux. La nappe phréatique du M'Zab a une extension Nord d'une large bande occupant l'essentiel de la partie Nord de la Chebka. Cette aquifère se trouve dans les alluvions du lit d'Oued M' Zab, l'eau s'emmagasine après les crues. Cette nappe s'épuise facilement surtout, durant les années de sécheresse.

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profonde (Albien) de certains forages destinés pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

Dans la région du M'zab, deux types d'aquifère superficiel sont connus : l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré, leur mur commun est l'argile cénomaniennne.

3.2.1. L'aquifère alluvionnaire quaternaire : C'est le remplissage de lit des oueds qui repose en général sur la barre carbonatée cénomano-turonienne avant d'atteindre les argiles, son épaisseur varie de 25 à 45m. Il est constitué essentiellement d'alluvions avec du sable fin et grossier et des poudingues, ce qui lui donne une porosité et une perméabilité d'interstice qui favorise l'infiltration des eaux superficielles et l'écoulement souterrain.

3.2.2. L'aquifère cénomanien-turonien : Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100m, grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire (source ANRH) Le contact des alluvions avec le substratum argileux dépend du degré d'érosion du plateau calcaire au niveau des oueds. En amont, ce contact se situe à une profondeur d'environ 30m au milieu de lit des grands oueds (sondages de BG au milieu de oued Al biodh et oued La adira et informations auprès des fellahs qui ont creusé des puits traditionnelles au niveau de la palmeraie de Ghardaïa).

3.2.1. Lithologie : La nappe superficielle est de type d'Inféro-flux, largement exploitée par des puits. La nappe est localisée dans les alluvions sableuses du lit de l'oued M'zab, ainsi que dans la partie supérieure du fond de la vallée formée de calcaire massif du Turonien. Ces assises carbonatées turoniennes d'une épaisseur de 110 mètres, présentent parfois des fissures et des karsts dans les quels l'eau peut s'infiltrer.

3.2.2. Profondeur : La profondeur de la nappe sous le sol alluvial de la vallée du M'Zab varie selon les saisons et les palmeraies. Ville (1872) a donné les profondeurs moyennes de la nappe d'eau. Elle est de 29 m en moyenne sur l'Oued M'Zab.

Elle varie en fonction de la topographie ; dans les vallées des oueds, la profondeur oscille entre 5 et 30 m et augmente sensiblement vers le Sud –Est mais dans les zones hautes, elle peut atteindre 130 m.

3.2.3. Piézométrie : La carte de niveau piézométrique dressée par le logiciel "surfer" montre un écoulement général des eaux de la nappe de l'Ouest vers l'Est le long du lit de l'oued ; identique aux écoulements de surface.

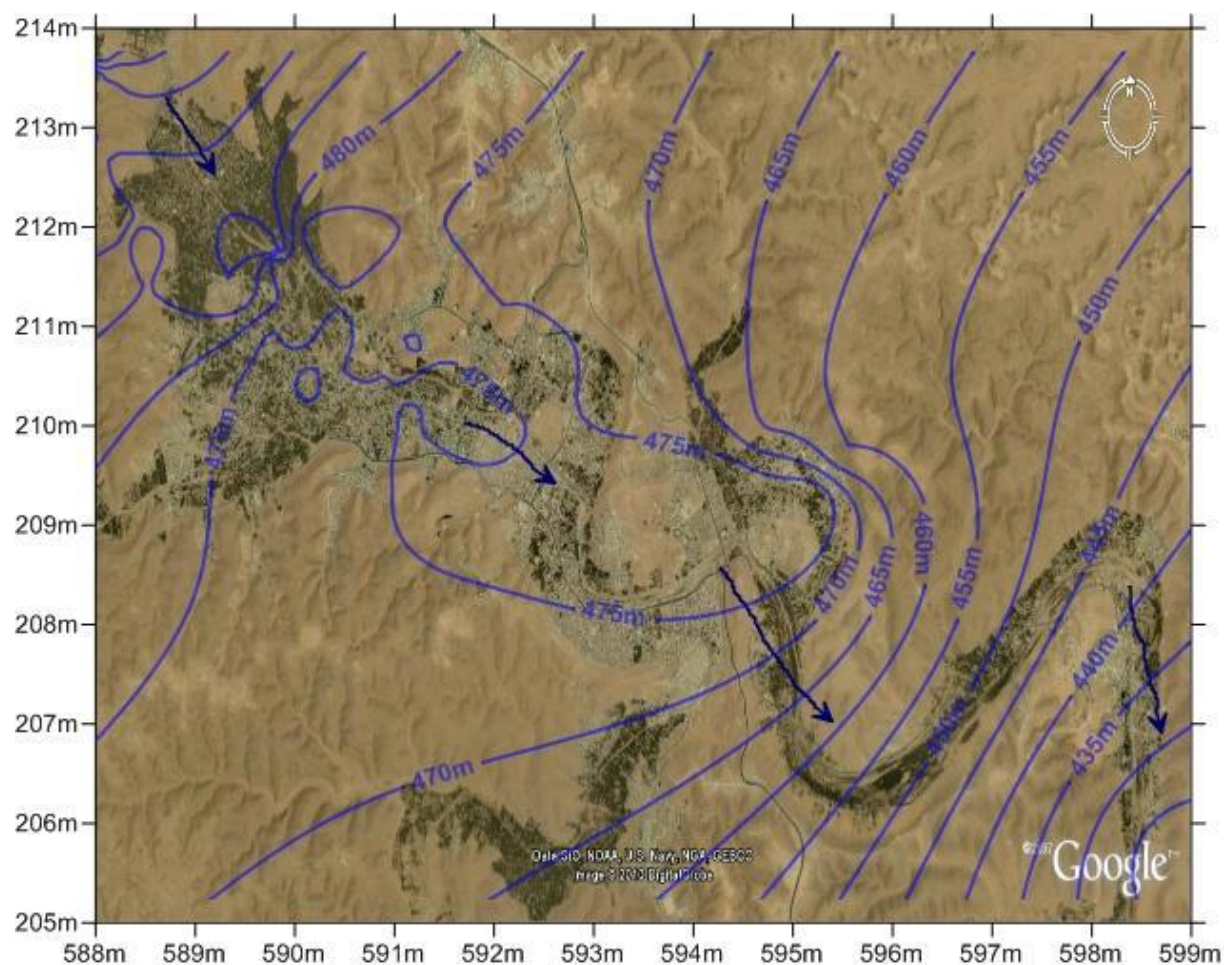


Figure.18 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée du M'zab (avril, 2008)

D'un niveau piézométrique de 500 mètres à Bouchen en amont, elle s'abaisse progressivement vers l'Est pour atteindre la cote 430 mètres en aval au niveau d'El Atteuf, ce qui représente une chute de pente d'environ 5 mètres pour 2 km. Le gradient hydraulique est de 2,5‰ en amont et de 3,5‰ en aval.

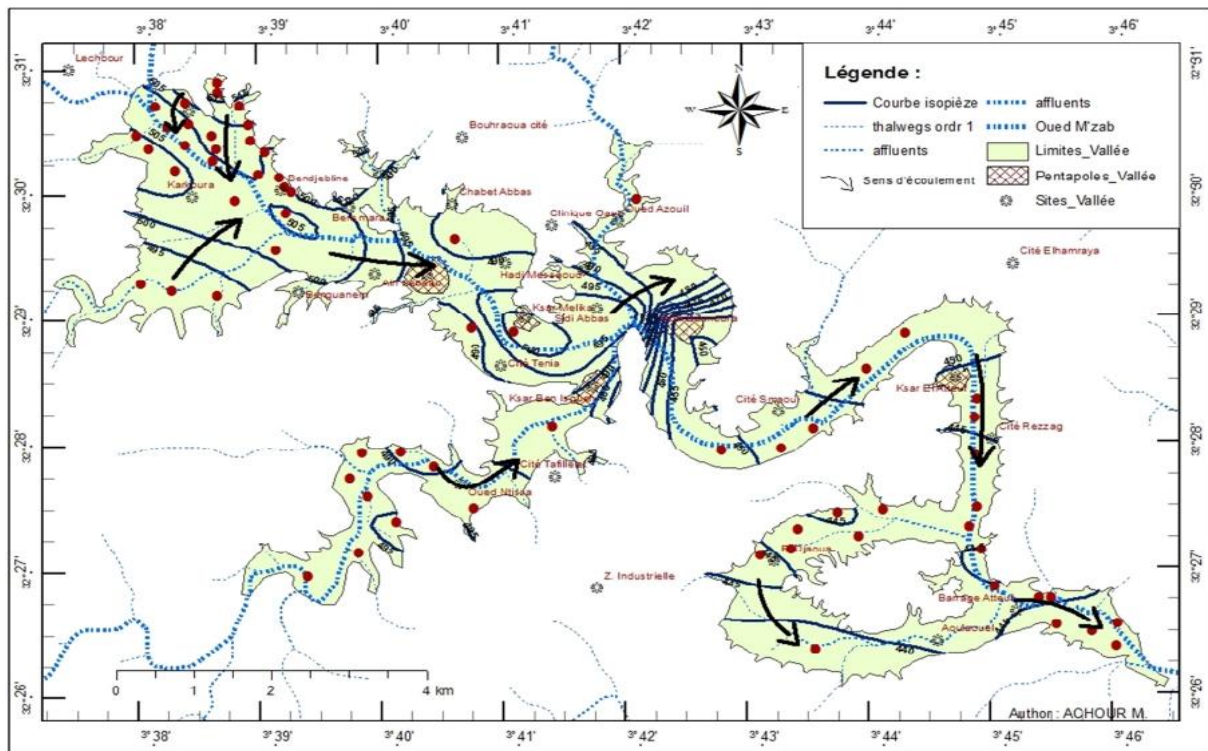


Figure .19: Carte piézométriques de la nappe phrénatique de la vallée du M'zab (avril-mai, 2011).

4. Conclusion.

La zone d'étude fait partie de système aquifère du Sahara septentrional (SASS), qu'est composé de deux principaux réservoirs aquifères; Le complexe terminal au-dessus et le continental intercalaire le plus profonde. Dans la région du M'Zab il existe deux aquifère ; un aquifère superficiel et un aquifère captive de continental intercalaire.

Le Continental intercalaire dans la vallée du M'zab est composé de sables fins et de grés jaunâtres à gris à intercalations d'argiles, leur toit atteint la cote de 290 à 300 mètres. L'examen de la carte piézométrique (avril-mai 2011) montre une répartition spatiale assez régulière des courbes piézométriques, avec des fortes valeurs localisées à l'Ouest et au Nord-Ouest.

L'aquifère superficielle est formé d'alluvions et de sables du Quaternaire d'épaisseur peut atteindre 25 à 30 mètres reposent sur les couches calcaires du Turonien fissurés d'épaisseur de 40 à 100m. Cette nappe d'Inféro-flux, exploitée par des puits traditionnels, présente un intérêt très important dans le domaine agricole. L'examen de la carte piézométrique montre que l'écoulement général des eaux de la nappe se fait de l'Ouest vers l'Est, le long du lit de l'oued, il est identique aux écoulements de surface. Le gradient hydraulique est de 2,5‰ en amont et de 3,5‰ en aval.

Partie 03 :

Qualité des ressources

hydriques de la vallée de

M'Zab.

1. La Norme Algérienne Pour L'eau Potable.

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualités très stricts fixés par les responsables de la santé. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur et selon le degré de développement des pays, c'est pour cette raison que les normes des pays développés (les états unis, canada, l'union européen etc.) sont plus sévère on comparaison avec les pays en vois de développement (Algérie, Egypte, Tunisie etc.), où les moyens techniques de traitement des eaux sont moins disponible. L'OMS fixe des normes moins sévères que celles des pays développés. Il existe ainsi près de 63 critères pour une eau propre à la consommation : ces critères, décidés selon le principe de précaution maximale qui permet de protéger les personnes dont la santé est la plus fragile, portent sur plusieurs paramètres fixés avec l'aide de l'U.E. En Algérie, l'article 10 du 26 juillet 2000 fixe la norme algérienne pour l'eau potable (Tab.07).

L'état assure une surveillance des différentes composantes de l'environnement. L'état doit définir les valeurs limites, les seuils d'alerte, et les objectifs de qualité, notamment pour l'air, l'eau, le sol et le sous-sol, ainsi que les objectifs de surveillance de ces milieux récepteurs et les mesures qui doivent être précisées par voie réglementaire. Sur cette base, l'Algérie à établi des normes de potabilité pour l'eau de boisson définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n°51/00) relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation émanant du ministère du commerce. Ces normes ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 4 catégories: les paramètres organoleptiques, les paramètres physico chimiques, les substances indésirables et les substances toxiques.

Tableau .07: Normes algérienne pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source.

Arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00).

Paramètres	Teneur	Unité
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES		
Couleur	25	mg/l
Odeur	Doit être accessible	Taux de dilution
Turbidité	1 - 2	NTU
Saveur	Doit être accessible	Taux de dilution
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES		
Température	25	°C
pH	6.5 - 8.5	-
Conductivité électrique	2 800	μS.cm ⁻¹
Résidu sec (110 °C)	2 000	mg/l
Calcium	75 - 200	mg/l
Magnésium	150	mg/l
Sodium	200	mg/l
Potassium	20	mg/l
Chlorures	200 - 500	mg/l
Sulfates	200 - 400	mg/l
Carbonates - bicarbonates	-	-
SUBSTANCES INDESIRABLES		
Aluminium	0.2	mg/l
Nitrates	50	mg/l
Nitrites	0.1	mg/l
Ammonium	0.05 - 0.5	mg/l
Phosphates	0.5	mg/l
MO (permanganate)	3.5	mg/l
Bore	0.3	mg/l
Fer	0.3	mg/l
Cuivre	0.05 - 1.5	mg/l
Zinc	1 - 5	mg/l
Manganèse	0.5	mg/l
Baryum	0.7	mg/l
Phénols	-	-
Fluorures	0.8 - 2	mg/l
Argent	-	-
COT	-	-
Azote Kjeldahl	2	mg/l
SUBSTANCES TOXIQUES		
Arsenic	0.05	mg/l
Cadmium	0.01	mg/l
Cyanure	0.05	mg/l
Mercure	0.001	mg/l
Plomb	0.05	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Nickel	0.02	mg/l
Antimoine	0.005	mg/l
Sélénium	0.01	mg/l

2. Qualité Des Eaux De La Nappe Superficielle.

2.1. Faciès chimique des eaux.

Les analyses chimiques effectuées sur les 10 puits captant la nappe superficielle en 2015 montrent que ; 30% échantillons ont un faciès chimique Sulfatées sodique, 20% échantillons ont un faciès chimique Chloruré calcique, 20% échantillons ont un faciès chimique Sulfaté calcique, 20% échantillons ont un faciès chimique Sulfaté magnésien et 10% échantillons ont un faciès chimique Chloruré magnésien (Fig.20).

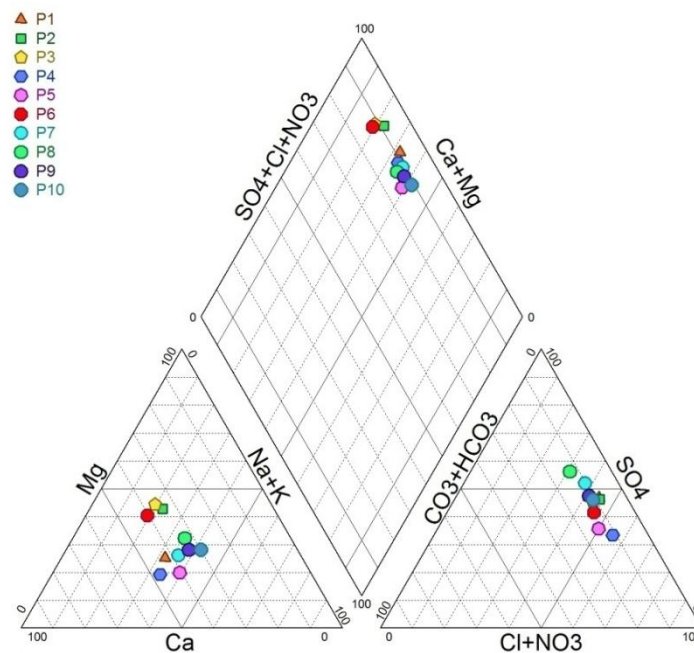


Figure .20: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe superficielle.

La classification des eaux de la nappe superficielle selon la formule caractéristique de STABLER permet d'élaborer le tableau08.

Tableau 08 : classification des eaux selon Stabler

Faciès chimique	La formule caractéristique de Stabler	Les puits
Chloruré magnésien	$Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ et $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+$	P ₆
Chloruré calcique	$Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ et $Ca^{++} > Na^+ > Mg^{++}$	P ₄ et P ₅
Sulfaté calcique	$SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Ca^{++} > Na^+ > Mg^{++}$	P ₁ P ₇
Sulfaté sodique	$SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$	P ₈ , P ₉ et P ₁₀
Sulfaté magnésien	$SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+$	P ₃ P ₂

2.2. Les paramètres physicochimiques des eaux.

2.2.1. La température : La température de l'eau 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. Le gradient de température géothermale est de 3°C par 1 kilomètre. Cela signifie que les eaux souterraines sont d'autant plus chaudes qu'elles sont profondes.

Les températures de l'eau de la nappe libre sont fortement influencées par la profondeur de l'eau sous le sol. Elle varie entre 19.5°C au puits P6 situé en bordure et 21.6°C au Puits P3 situé au centre. Elles sont presque conformes à la norme algérienne de l'eau potable (25°C).

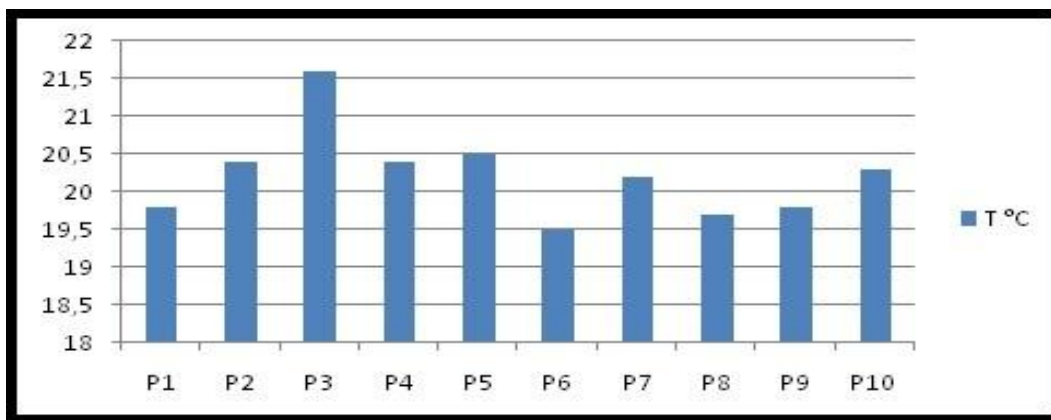


Figure.21 : Histogramme des variations de la température des eaux dans la nappe superficielle en °C.

2.2.2. Le pH (Le potentiel d'hydrogène): Dans la plupart des eaux naturelles, il dépend de l'équilibre carbonate-bicarbonate an hydrique carbonique, lorsqu'il est inférieur à sept l'eau est acide, et lorsqu'il est supérieur à sept l'eau est basique, Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau :

- Si le pH inférieur à 7 peut conduire à corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple.
- Si le pH élevé peut conduire à des dépôts incrustant dans les circuits de distribution, pour cela les normes préconisent un pH compris entre 6.5 et 8.5.

D'après l'histogramme de la figure 22, les eaux de continental intercalaire superficielle, présentant un pH oscille entre 6.81 et 7.36. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable

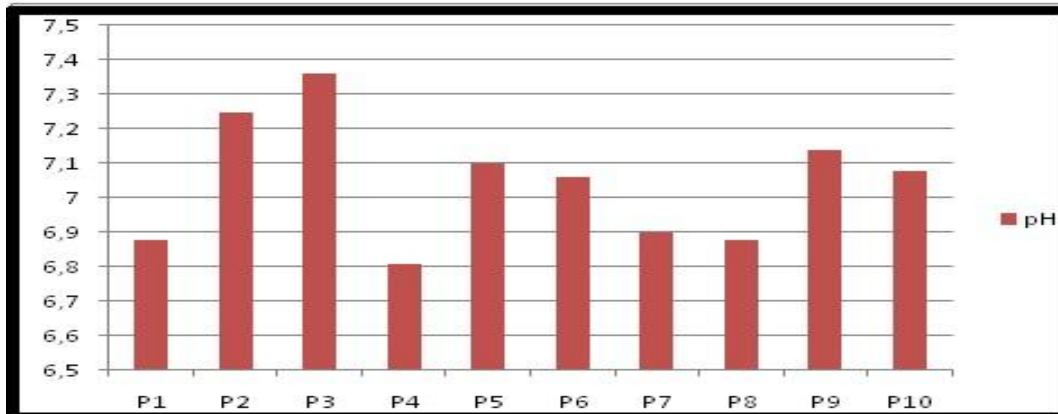


Figure .22 : Histogramme du potentiel d'hydrogène (pH).

2.2.3. Conductivité Electriques (CE) : La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface, et séparé l'une de l'autre de 1 cm , exprimés en $\mu\text{S}.\text{Cm}^{-1}$.

Les résultats doivent être présentés pour une conductivité équivalente à 25°C . La conductivité électrique exprime la salinité de l'eau, son élévation traduit une salinité élevée et inversement.

Les matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Elle permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est également plus importante lorsque la température de l'eau augmente (OMS, 1994). L'OMS recommande comme valeur limite $1000 \mu\text{S}.\text{Cm}^{-1}$.

Les eaux de la nappe libre (Figure.23) affichent des conductivités électriques très élevées dépassant la norme algérienne de l'eau potable ($2800 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) sauf le puit3. La plage des conductivités rencontrées s'étale entre $2560 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ et $5200 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

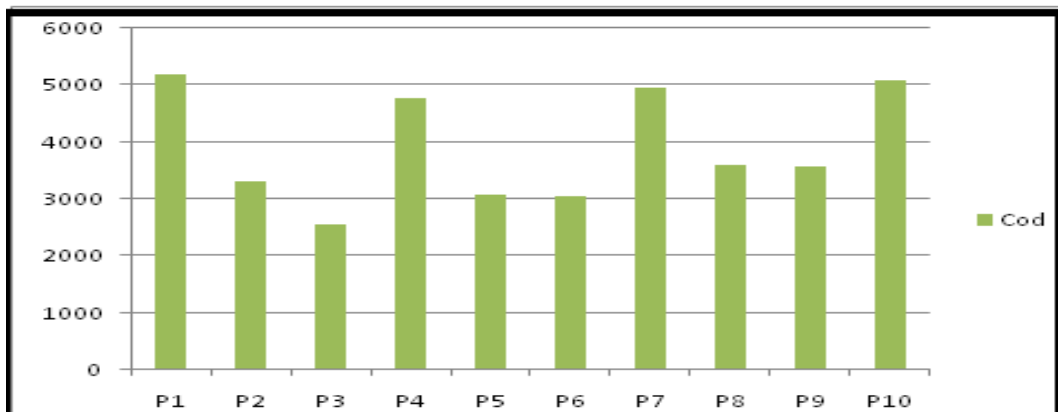


Figure .23 : Histogramme de la conductivité électrique en ms/cm.

2.2.4. La salinité : Les sels qui expriment la dissolution des sels dans les eaux, on remarque que la salinité varie entre 3.1 au P1 et 1.4 au P3.

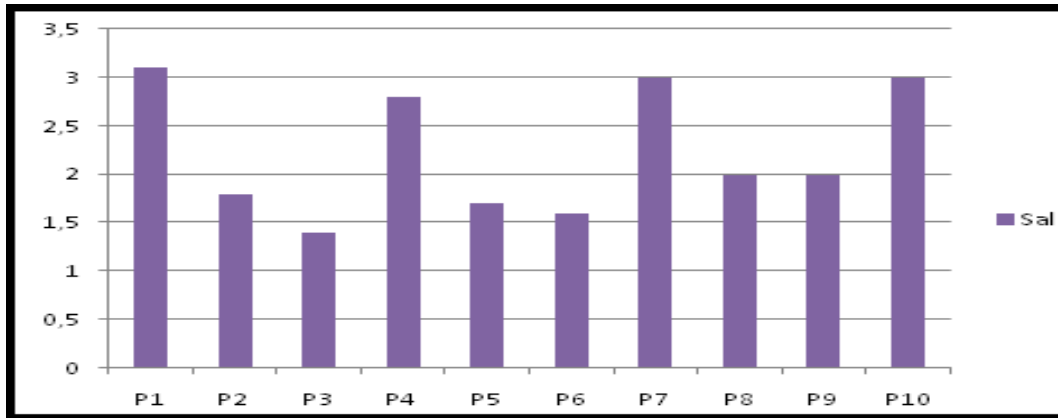


Figure.24 : Histogramme des variations de la salinité

2.2.5. Sodium (Na^+) : Le sodium est le sixième élément le plus abondant dans la croûte terrestre, il représente 2.83% sous toutes ses formes. Il provient essentiellement de la dissolution de l'Halite. Le sodium est nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs, mais trop de sodium peut augmenter le risque d'hypertension artérielle. On note aussi les eaux trop chargées en sodium devient saumâtre prennent un goût désagréables. Pour des considérations liées à des critères gustatifs, l'OMS recommande une valeur limite de 200 mg/l.

Les eaux de la nappe superficielle renferment les concentrations de sodium (Figure.25) dépassant la norme algérienne de l'eau potable (200mg/l) sauf deux forages (P3 et P6) ; la teneur maximale est de l'ordre de 675 mg/l mesurée au puits 10 alors que la valeur minimale est de 122 mg/l mesurée dans le puits 3.

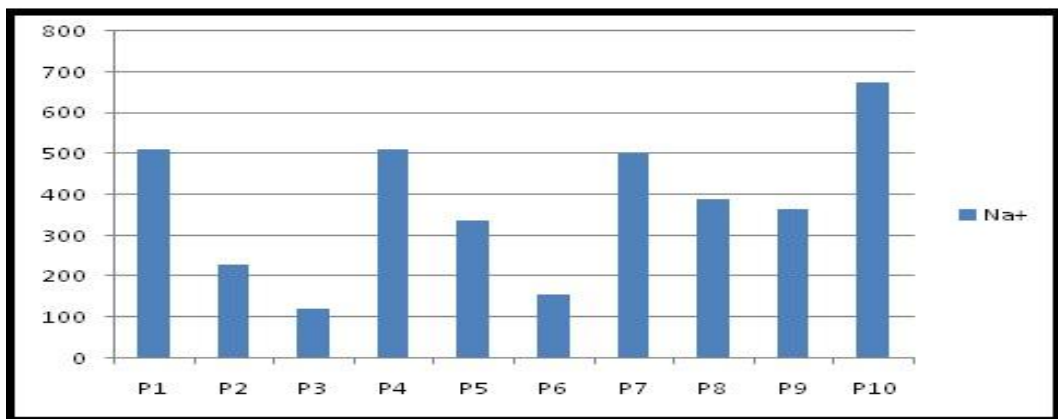


Figure.25 : Histogramme de sodium (Na^+) en mg /l.

2.2.6. Potassium (K^+) : Le potassium est un élément chimique, sa réaction avec l'eau est d'ailleurs bien plus forte que celle du sodium. Dans la zone d'étude on le retrouve

dans les évaporites comme le Sylvite et les produits chimiques utilisés en agriculture (le sulfate de potassium).

La teneur de potassium (Figure.26) dans les eaux de superficielle de la vallée de M'zab est varié entre 12.25 mg/l et 46 mg/l, elle dépassant la norme algérienne de l'eau potable (20mg/l).

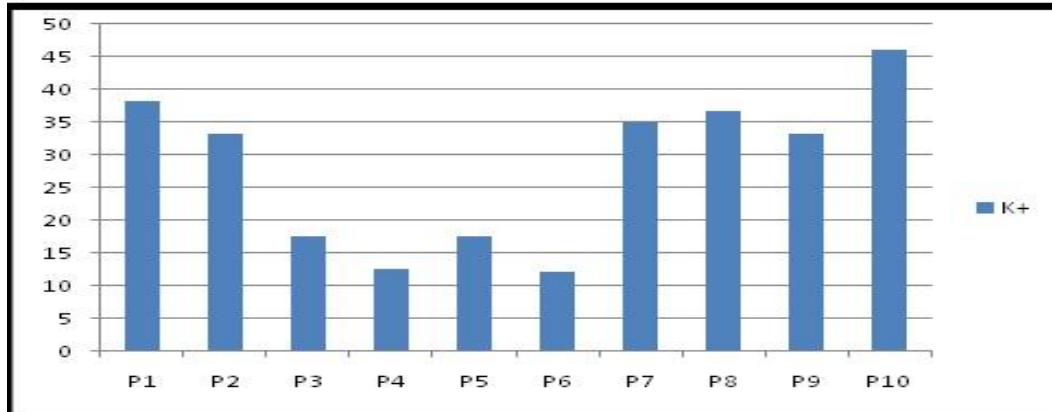


Figure.26 : Histogramme de potassium (k^+) en mg /l.

2.2.7. Calcium (Ca^{+2}) : Le calcium est un élément alcalino-terreux, il peut provenir des formations gypsifères ($CaSO_4, 2H_2O$) et la dissolution de calcaire ($CaCO_3$).

La teneur en calcium dans les eaux de la nappe superficielle (Figure.27) dépasse la norme algérienne de l'eau potable (200 mg/l), elle varie entre 216.43 mg/l et 633.26 mg/l.

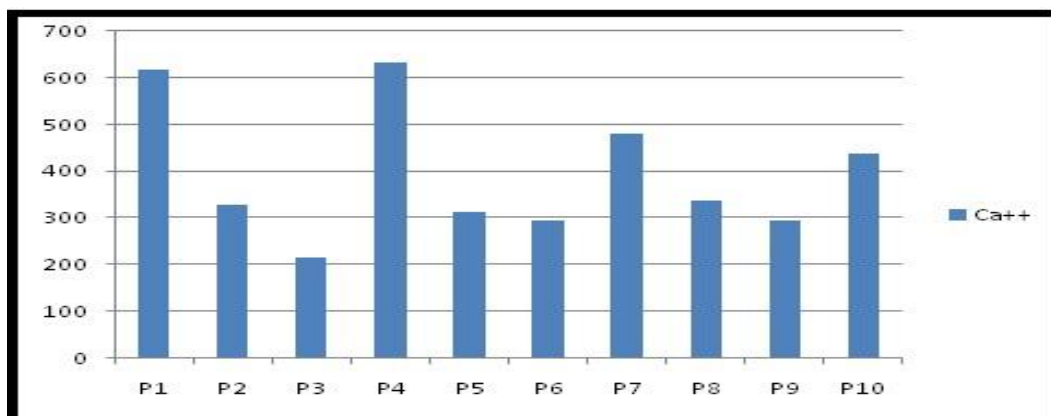


Figure.27 : Histogramme de calcium (Ca^{+2}) en mg /l.

2.2.8. Magnésium (Mg^{+2}) : Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue 2.1% de l'écorce terrestre, son abondance géologique, sa grande

solubilités, sa large utilisation industrielle (réducteur chimique batteries sèches...) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

Les eaux de la nappe superficielle (Figure.28) renferment les concentrations de Mg dépassant dans la majorité la norme algérienne de l'eau potable (150mg/l); la teneur maximale est de l'ordre de 248.83 mg/l alors la valeur minimale est de 92.34 mg/l.

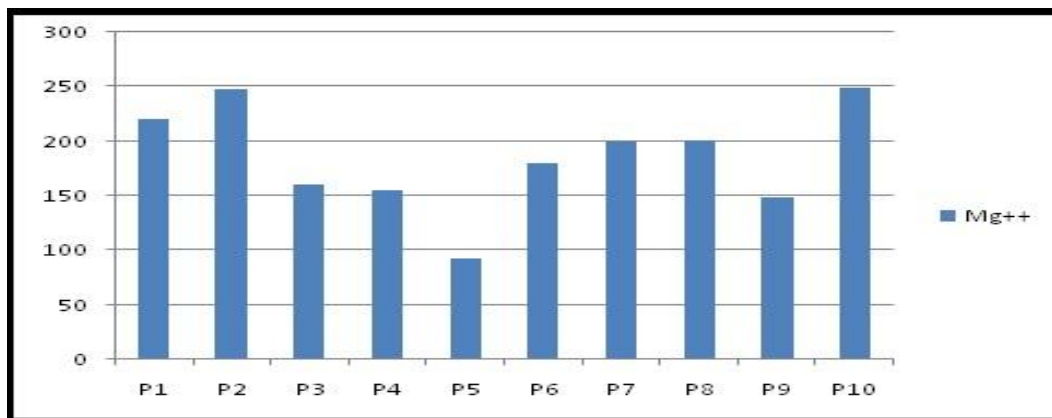


Figure.28 : Histogramme de magnésium (Mg^{+2}) en mg /l.

2.2.9. Chlorure (Cl^-) : Les teneurs en chlorure dans l'eau sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium et considéré comme un gros inconvénient, Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé, sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé. Cependant, les chlorures sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier les éléments en acier inoxydable pour lesquels le risque s'accroît à partir de 50 mg/l.

La teneur de Chlorure (Cl^-) dans les eaux de superficielle de la vallée de M'zab est varié entre 536.04 mg/l et 981.33 mg/l, elles dépassent la norme algérienne de l'eau potable qu'est 500 mg/l.

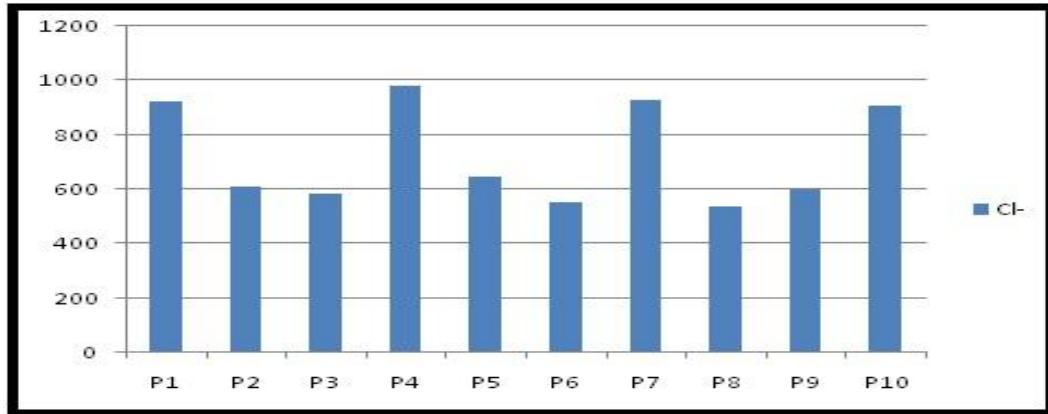


Figure.29 : Histogramme de Chlorure (Cl^-) en mg /l.

2.2.10. Sulfates (SO_4^{-2}) : La concentration en sulfates des eaux naturelles des terrains à faibles teneurs en minéraux sulfatés est généralement inférieure à 50 mg/l (Rodier1980). L'augmentation des sulfates peut provenir en grande partie de la dissolution des minéraux évaporitiques, de l'oxydation du soufre des roches sédimentaires et/ou de pollution urbaine, industrielle et agricole. Des importantes concentrations en sulfates peuvent être corrosives pour les tuyauteries en particulier les tuyauteries en cuivre. Dans les endroits où l'on retrouve des concentrations importantes en sulfate, il est commun d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion, comme des tuyaux en plastique.

L'histogramme de teneurs des sulfates (Figure.30), montre des valeurs très élevées variant de 1730.03 mg/l à 630.49 mg/l, Les valeurs de sulfate mesurées dans les eaux de la nappe superficielle libre dépassent largement la norme algérienne de l'eau potable qu'est 400 mg/l.

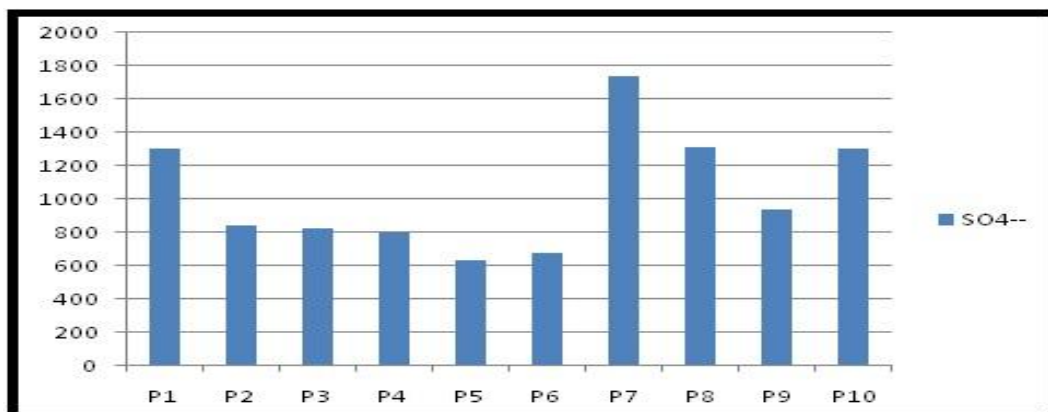


Figure.30 : Histogramme de sulfate (SO_4^{-2}) en mg /l.

2.2.11. Les bicarbonates HCO_3^- : La présence du bicarbonate dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. D'après

l'étude géologique et hydrogéologique les carbonate sont présent dans l'aquifère libre sur plusieurs formes, ciment pour les grés, des minces couches de calcaire etc.

La teneur du bicarbonate dans les eaux de la nappe superficielle (Figure.31) varient entre 206mg/l et 260mg/l. ces concentrations croissent de l'amont vers l'aval et les plus fortes teneurs sont situées au centre de la palmeraie au P7 et au en aval au P10.

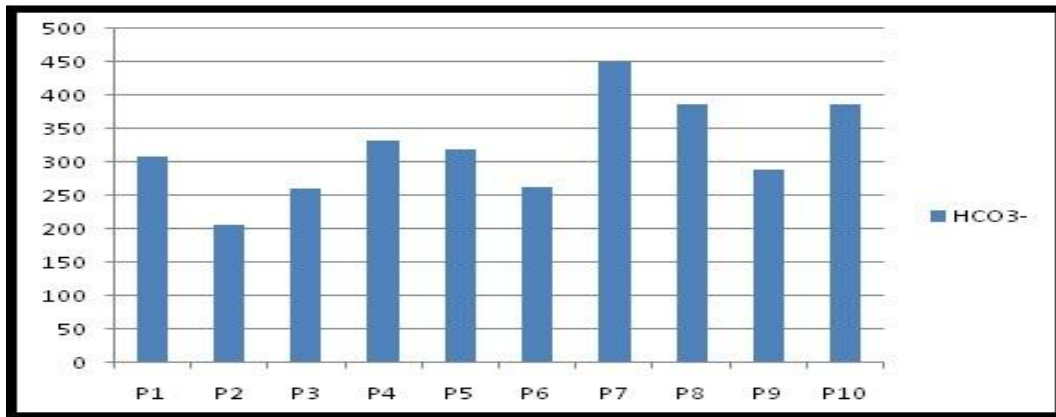


Figure.31 : Histogramme des variations du (HCO₃⁻) en mg /l.

2.2.12. Le résidu sec : Le résidu sec correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau après évaporation à 110 °C. Elle donne une idée sur la minéralisation globale de l'eau.

Les eaux de la nappe superficielle (Figure.32) affichent des valeurs de résidu sec élevées dépassant la norme algérienne de l'eau potable (2000mg/l). La plage des concentrations rencontrées s'étale entre 3226 mg/l et 6614 mg/l.

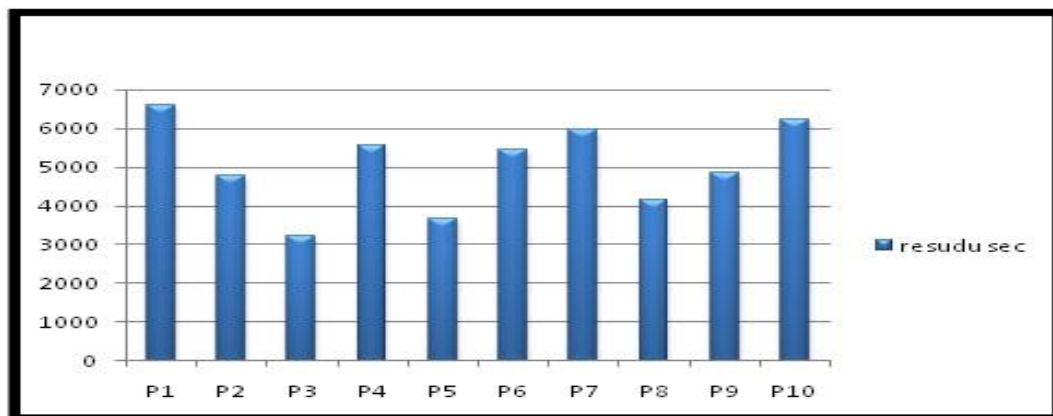


Figure.32 : Histogramme des variations du résidu sec en mg /l.

2.2.13. La dureté : La dureté est le plus généralement exprimée en milligrammes de carbonate de calcium équivalents par litre, à plus ou moins 60 mg par litre de carbonate de calcium, une eau est généralement considérée comme douce. Bien que la dureté soit provoquée par des cations.

On remarque que les valeurs plus faible sont enregistrées au P 3 (1200mg/l), et plus élevé au P1 (2448 mg/l).

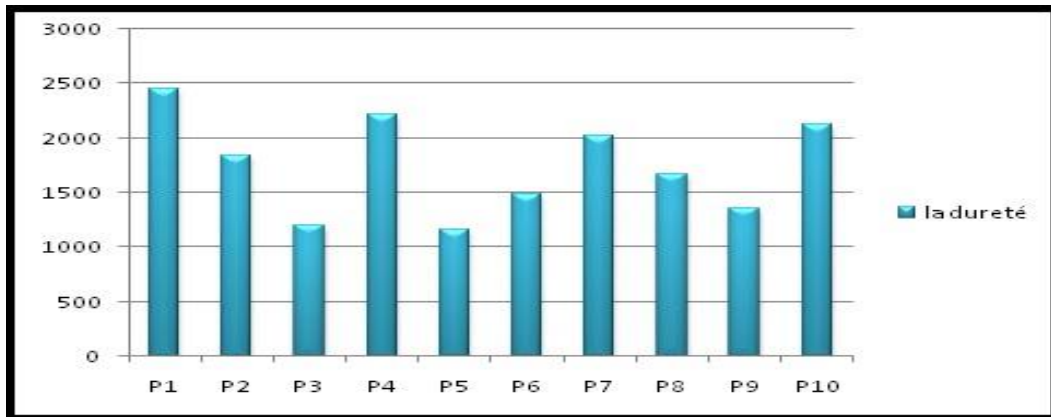


Figure.33 : Histogramme des variations de la dureté.

2.3. Les substances indésirables.

2.3.1. L'Ammonium NH_4^+ : la concentration de l'ammonium varie entre 0.215 mg/l au P1 et 0.387 mg/l au P8. Donc elle ne dépasse pas la norme algérienne de l'eau potable (0.5 mg/l).

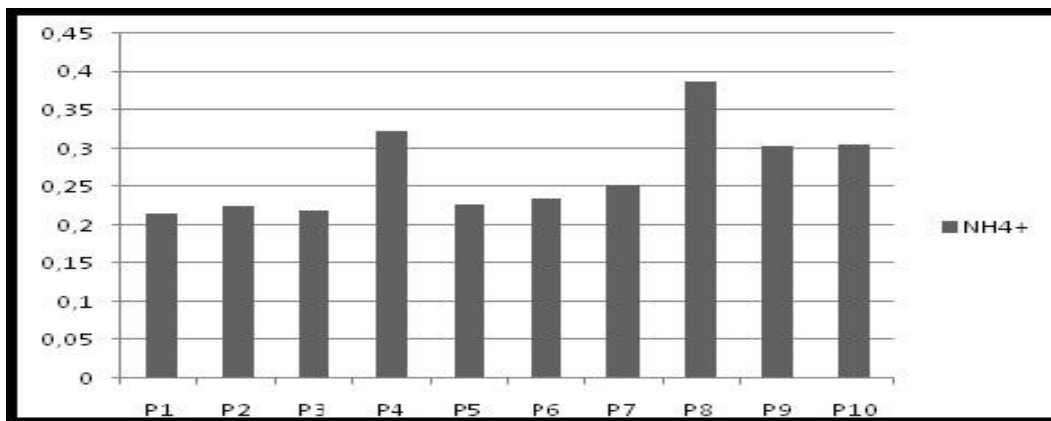


Figure.34 : Histogramme des variations du NH_4^+ en mg /l.

2.3.2. Le Nitrite NO_2^- : La teneur la petite est 0.009 mg/l au P2, et la plus élevé est 0.22 mg/l au P9.

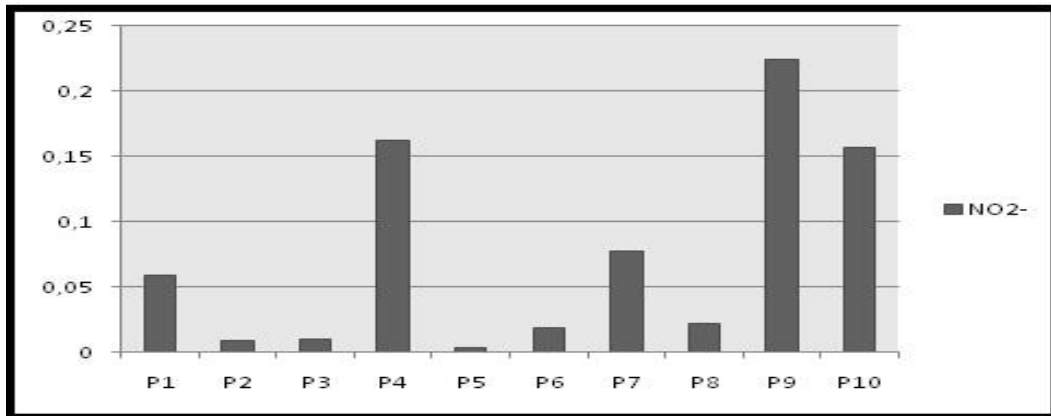


Figure.35: Histogramme des variations du (NO₂⁻) en mg /l.

2.3.3. Le Fer Fe⁺⁺ : Les résultats indiquent que l'élément de fer présent a des teneurs réduites, on remarque que la valeur la plus faible est 0.02 mg/l aux puits P1, P5 et P6, et la valeur la plus élevée est 0.1 mg/l au puits P4.

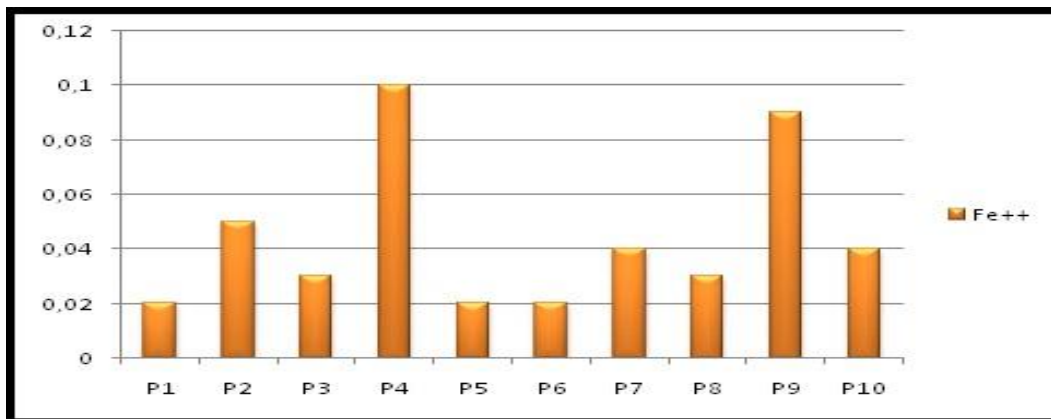


Figure.36 : Histogramme des variations du (Fe⁺⁺) en mg /l.

2.4. Qualités des eaux à l'irrigation.

Les sels minéraux contenus dans l'eau en quantités ont des effets néfastes sur le sol et les plantes. Ils peuvent perturber le développement des plantes, agissent sur le processus osmotique, en causant des réactions métaboliques, ils causent également des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante. Donc il est impératif dans ce cas d'étudier les paramètres définissant les eaux destinées à l'irrigation, tel que:

- la concentration totale du sel dissous dans l'eau.
- la concentration réelle de Na⁺ par rapport aux autres cations.
- la concentration des éléments toxiques.
- dans certains cas la concentration de HCO₃⁻ par rapport au Ca⁺² et Mg⁺².

2.4.1. Conductivité.

Les sels contenus dans les eaux d'irrigation, s'accumulent dans la zone racinaire après que la plante ait prélevé l'eau. Ces sels s'épaississent et limitent la disponibilité de l'eau dans le sol pour la culture. Pour éviter ce risque, on doit déterminer la valeur de la conductivité et la classer suivant les valeurs seuils suivantes :

- inférieure à $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau ne présente aucun risque.
- varie entre 250 et $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau peut être utilisée que s'il y a de drainage.
- supérieure à $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau est considérée impropre à l'irrigation.

Les eaux de la nappe superficielle présentent une conductivité varie entre $2560 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et $5200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, donc elles sont impropre à l'irrigation.

2.4.2. La méthode de Richards.

Le SAR : est un indice qui évalue le danger que présente l'existence d'une teneur

donnée en sodium; il est calculé par l'équation :
$$SAR = \frac{Na^+}{(Mg^{++} + Ca^{++})^{1/2}}$$

- SAR: Sodium Adsorption Ratio.
- Na^+ , Ca^{+2} , et Mg^{+2} représentent les concentrations en mg/l, les valeurs de SAR ont été calculées à partir des données des analyses chimiques.

La méthode de Richards (1954) est basée sur la combinaison des deux méthodes: du SAR et de la conductivité électrique.

Les eaux de la nappe superficielle (Figure.37) affichent des conductivités supérieures à $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, donc cette ils sont impropre à l'irrigation.

Le diagramme de Richards montre que les eaux de la nappe du superficielle, sont situées dans deux classes :

a. Classe C_4-S_1 : elles représentent les eaux médiocres fortement minéralisées, susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

b. Classe C_4-S_3 : les eaux qui font partie de cette classe ne conviennent pas à l'irrigation, Leur utilisation pour l'irrigation doit être soumise certaines conditions: sols très perméables, bon lessivage, plantes très tolérantes au sel.

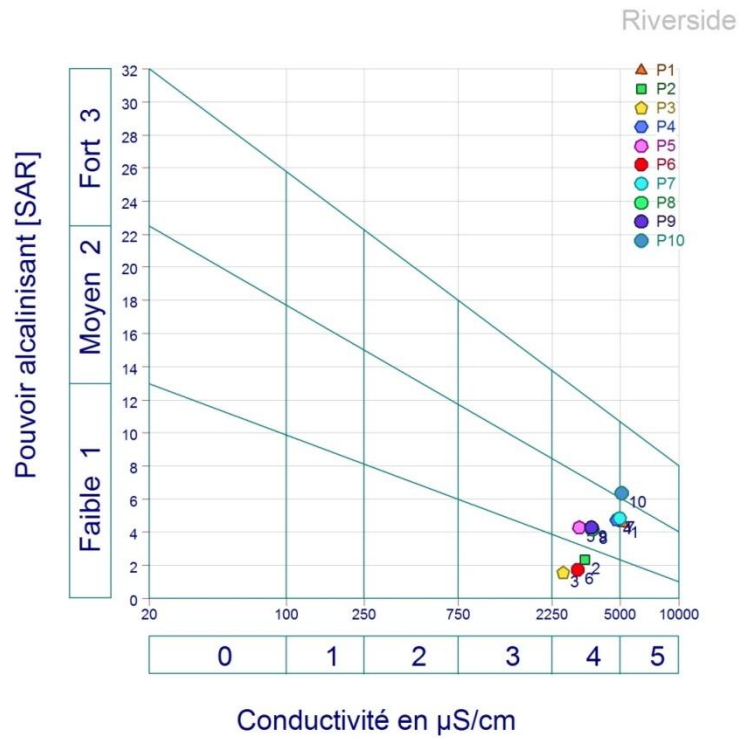


Figure.37 : Le diagramme de Richards des eaux de la nappe superficielle.

3. QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE DE CONTINENTAL INTERCALAIRE.

3.1. Facies chimique.

La représentation des éléments chimiques des différents échantillons (08) sur le diagramme de Piper (Figure.38) montre que la majorité des échantillons se coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté calcique et chloruré sodique.

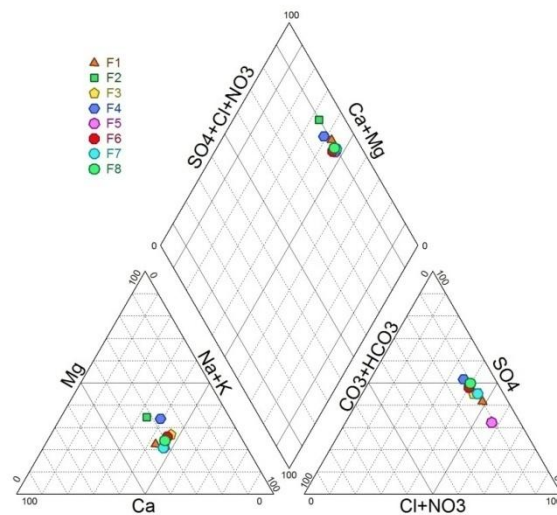


Figure.38: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe du CI (2016).

La classification des eaux de la nappe superficielle selon la formule caractéristique de STABLER permet d'élaborer le tableau09.

Tableau 09 : classification des eaux selon STABLER.

facies chimique	La formule caractéristique de Stabler	Les Forages
Chloruré sodique	$Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ et $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$	F1, F5
Sulfaté magnésien	$SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+$	F2
Sulfaté sodique	$SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ et $Na^+ > Mg^{++} > Ca^{++}$	F3, F4, F6, F7, F8

3.2. Les paramètres physicochimiques.

3.2.1. Température : La température de l'eau 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. Le gradient de température géothermale est de 3°C par 1 kilomètre. Cela signifie que les eaux souterraines sont d'autant plus chaudes qu'elles sont profondes.

Les températures de l'eau de la nappe CI (Figure.39) sont fortement influencées par la profondeur de l'eau sous le sol. Elle varie entre 22.7C° et 27.5C°. Elles dépassent la norme algérienne de l'eau potable (25°C).

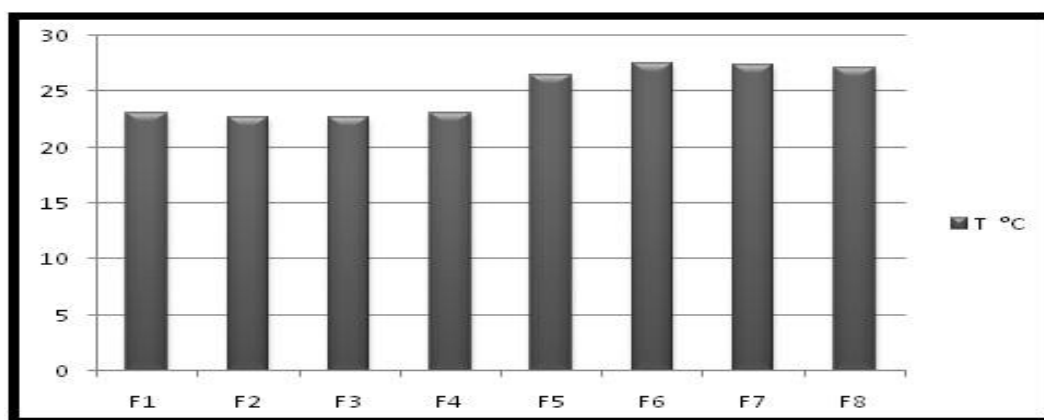


Figure.39 : Histogramme des variations de la température en C°.

3.2.2. La conductivité électriques (CE). La conductivité électrique exprime la salinité de l'eau, son élévation traduit une salinité élevée et inversement. Les matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Elle permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est également plus importante lorsque la température de l'eau augmente (OMS, 1994). L'OMS recommande comme valeur limite 1000 $\mu S.Cm^{-1}$.

La conductivité électrique mesurée dans les échantillons des eaux de continental intercalaire oscille entre 1526 et 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donc cette eau ne dépasse pas la norme algérienne de l'eau potable ($2800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

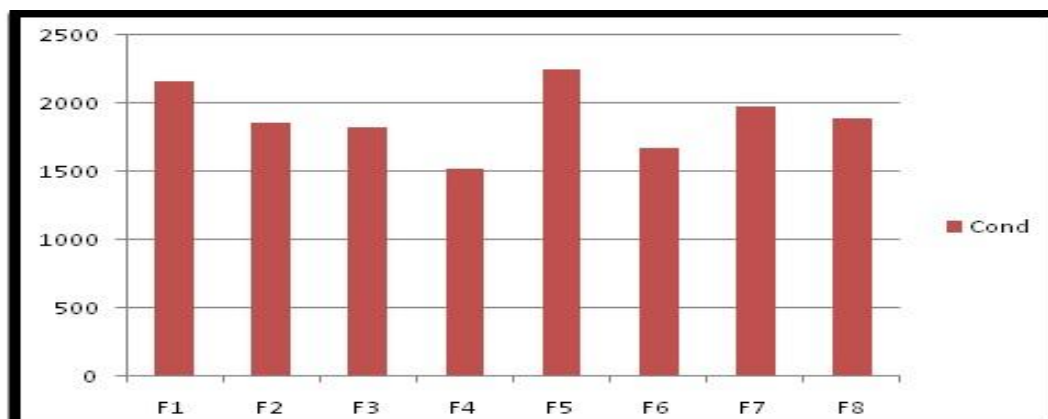


Figure .40 : Histogramme de la conductivité électrique en ms/cm.

3.2.3. pH (Le potentiel d'hydrogène) : Dans la plupart des eaux naturelles, il dépend de l'équilibre carbonate- bicarbonate an hydrique carbonique, lorsqu'il est inférieur à sept l'eau est acide, et lorsqu'il est supérieur à sept l'eau est basique, Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau :

- Si le pH inférieur à 7 peut conduire à corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple.
- Si le pH élevé peut conduire à des dépôts incrustant dans les circuits de distribution, pour cela les normes préconisent un pH compris entre 6.5 et 8.5.

D'après l'histogramme de la (figure.41), les eaux de continental intercalaire (CI), présentant un pH oscille entre 7.3 et 7.61. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable.

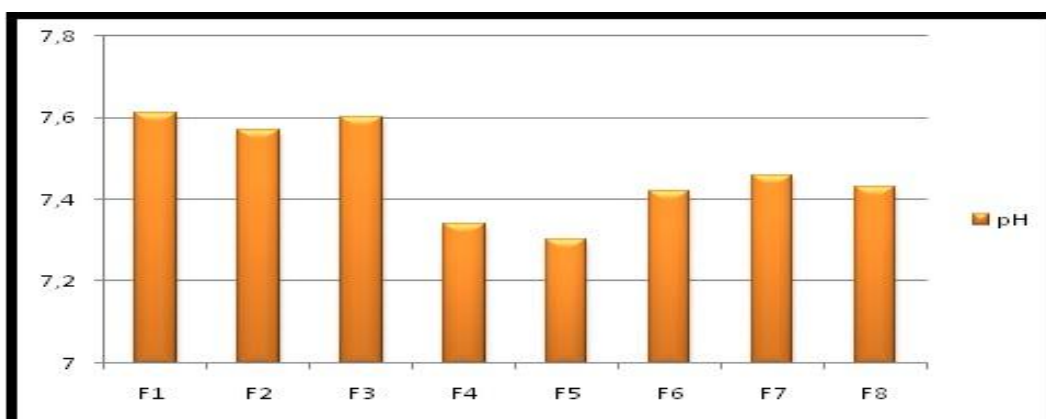


Figure .41 : Histogramme du potentiel d'hydrogène (pH).

3.2.4. La salinité : Les sels qui expriment la dissolution des sels dans les eaux, on remarque que la salinité varie entre 1.1et0.7.

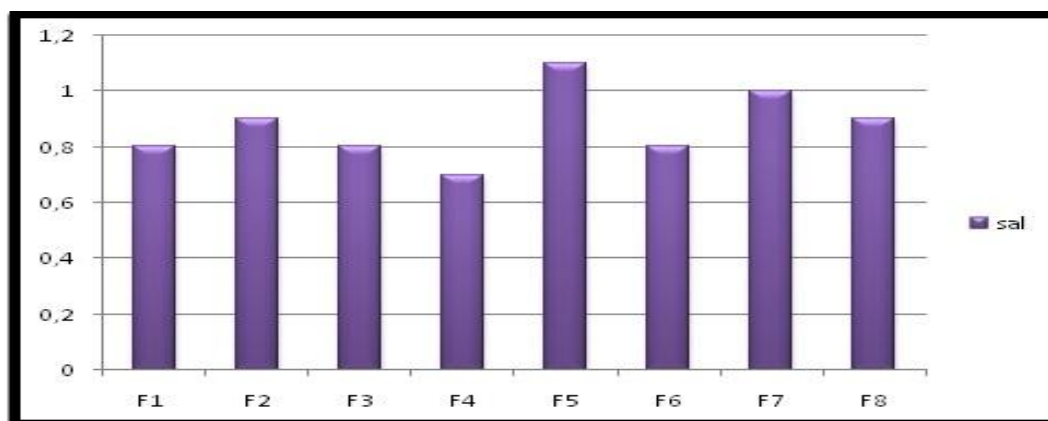


Figure.42 :Histogramme des variations de la salinité.

3.2.5. Le résidu sec : Les teneurs en résidu sec suivent presque la même évolution que celle de la conductivité avec des valeurs moyennes à élevées. Le minimum est de 0.37 g/l au niveau du puits F3 et le maximum est de 1.4 g/l au niveau du puits F2. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (2g /l).

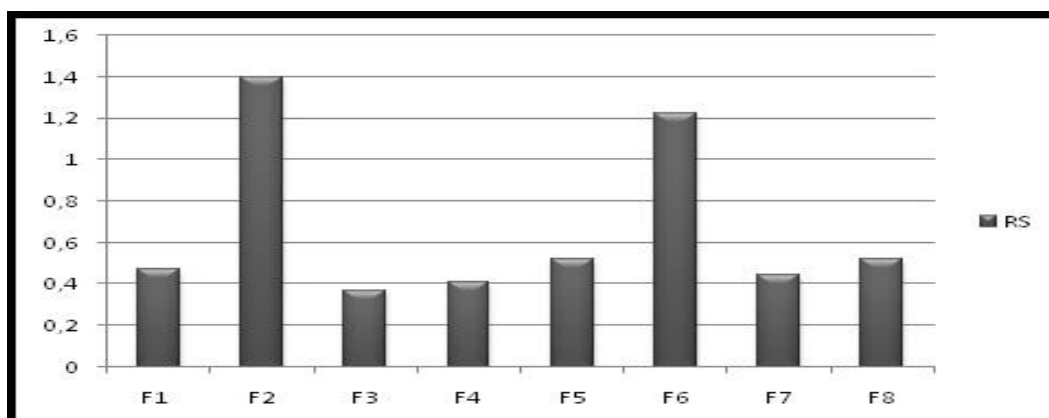


Figure.43 : Histogramme des variations du résidu sec en g/l.

3.2.6. Calcium (Ca^{+2}) : Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeure de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium, les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium présentent de nombreux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation chaudières (l'installation de chauffage). (RODIERER, 1984). La teneur de Calcium (Ca^{+2}) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab est varié entre 110.62mg/l et 181.61 mg/l. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (200 mg/l)

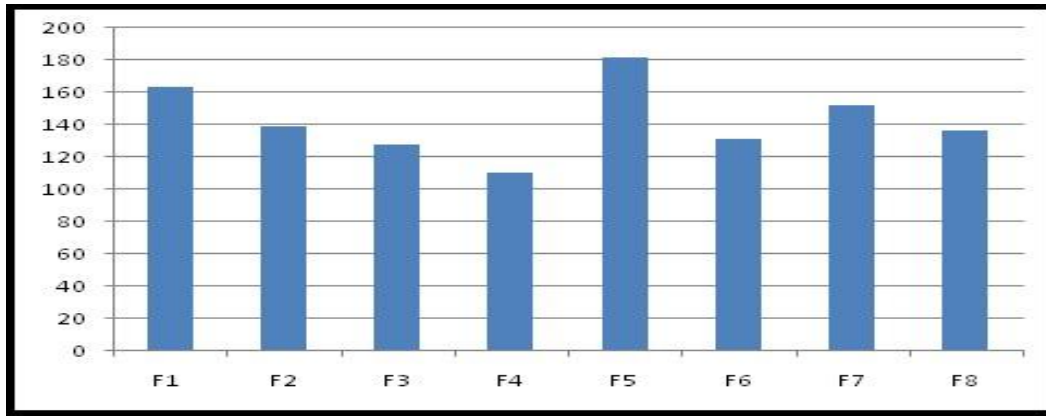


Figure.44 : Histogramme de la concentration de calcium (Ca^{+2}) en mg/l.

3.2.7. Magnésium (Mg^{+2}) : L'insuffisance magnésique entraîne des troubles neuromusculaires, l'intérêt du magnésium dans thérapeutique de la spasmophilie est bien connu, A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau, s'ils ne provoquent pas des phénomènes toxiques, les sels de magnésium et surtout les sulfates ont un effet laxatif à partir de 400 à 500 mg/l (taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates),élément essentiel de la nutrition chez l'homme et l'animale, la concentration maximale admissible est 50mg/l. (RODIER, 1984)

La teneur de Magnésium (Mg^{+2}) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab est varié entre 59.29 mg/l et 91.36 mg/l. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (150 mg/l)

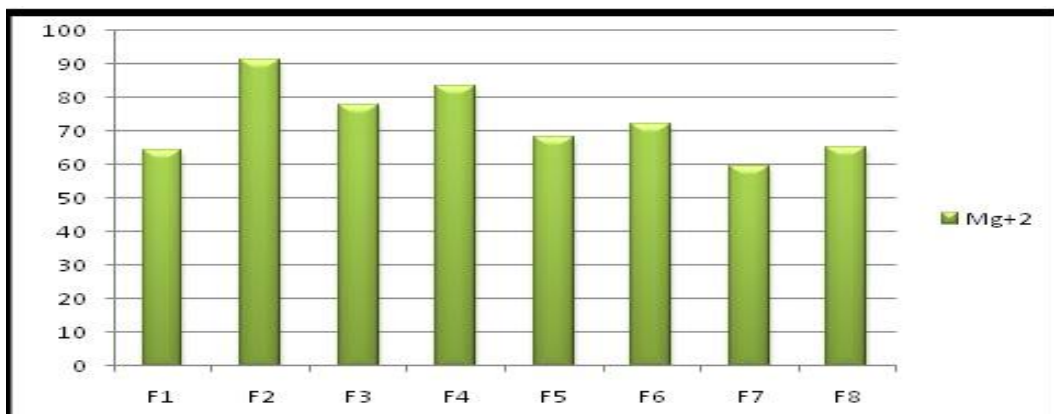


Figure.45: Histogramme la concentration de magnizium (Mg^{+2}) en mg /l.

3.2.8. Le Sodium (Na^{+}) : Le sodium est nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Mais trop de sodium peut augmenter le risque d'hypertension artérielle. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'a pas de valeur limite

standard, cependant les eaux trop chargées en sodium devient saumâtre prennent un goût désagréables. (RODIER, 1984)

La teneur de Sodium (Na^+) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab est varié entre 159.09 mg/l et 281.25 mg/l. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (200 mg/l).

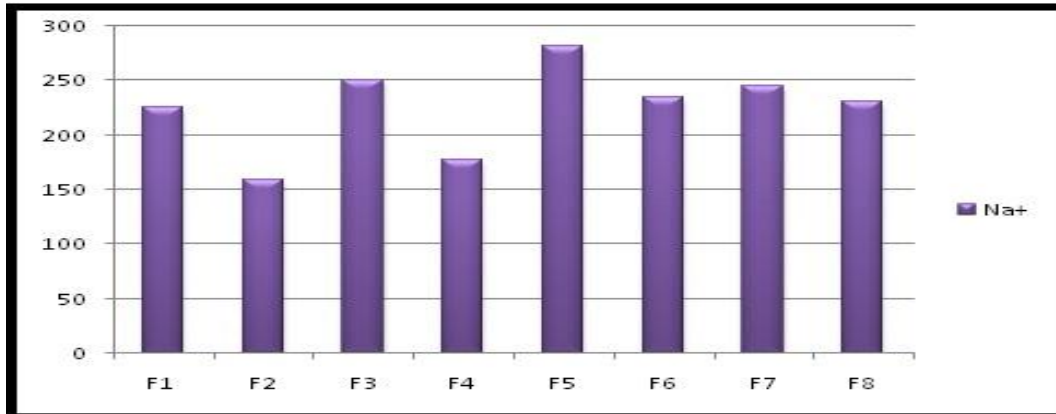


Figure.46 : Histogramme de la concentration de sodium (Na^+) en mg/l.

3.2.9. Le Potassium (K^+) .La teneur en potassium soit presque aussi important que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. Le potassium à faibles doses ne présente pas de risque significatif. Mais il est à signaler que l'excès du potassium dans le corps humain provoque une hyperkaliémie. Ses symptômes sont principalement une défaillance du cœur et du système nerveux central qui finit par un arrêt cardiaque. (RODIER, 1984)

La teneur de Potassium (k^+) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab est varié entre 8.75 mg/l et 12.5 mg/l. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (20 mg/l).

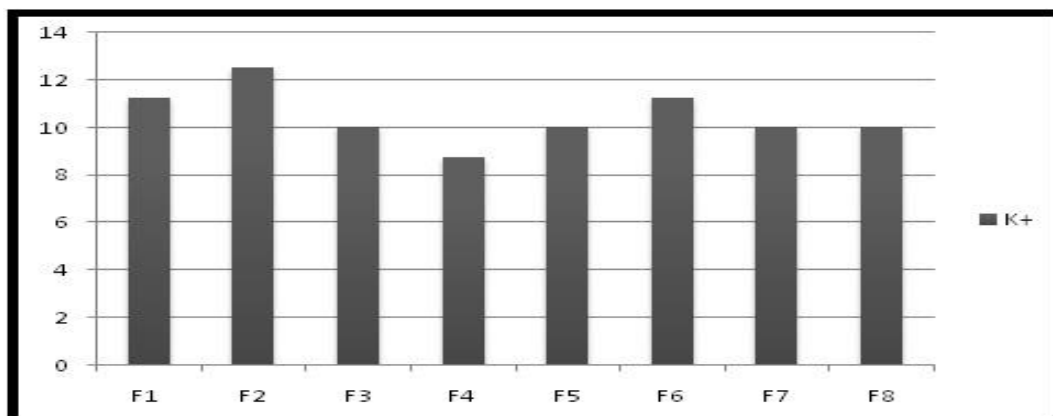


Figure.47 : Histogramme de la concentration de potassium (k^+) en mg/l.

3.2.10. Les Sulfates (SO_4^{-2}) : La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est variables, leur présence résulte de légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfures dans les roches (pyrites), des matières organiques par l'origine animale, la teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation suivant ceux-ci, et selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfate dans l'eau peut entraîner des troubles gastro-intestinaux en particulier chez l'enfant. La propriété principale des sulfates sur la santé est une action laxative est plus importante en présence de magnésium et de sodium, utilisées d'ailleurs dans le thermalisme.

La teneur de Sulfates (SO_4^{-2}) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab est varié entre 372.32 mg/l et 905.41 mg/l. Elles dépassent la norme algérienne de l'eau potable (400 mg/l).

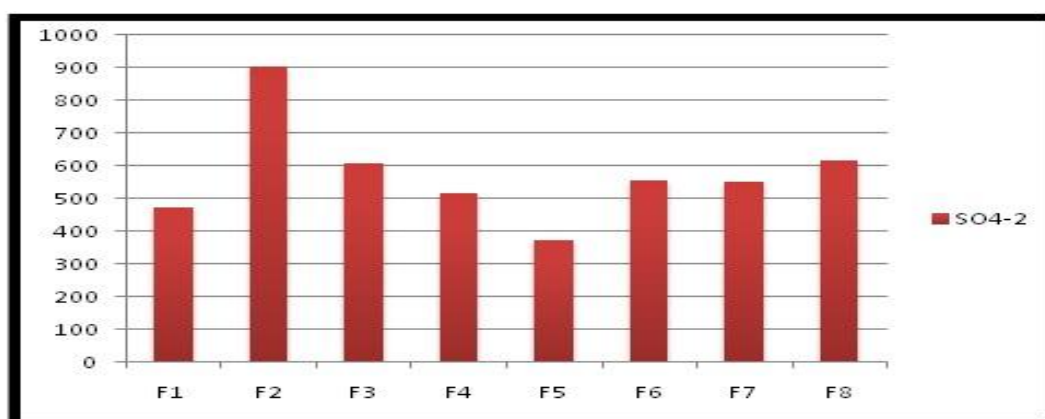


Figure.48 : Histogramme de la concentration de sulfate (SO_4^{-2}) en mg/l.

3.2.11. Chlorure (Cl^-) : Les teneurs en chlorure dans l'eau sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium et considère comme un gros inconvénient, Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé, sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé. Cependant, les chlorures sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier les éléments en acier inoxydable pour lesquels le risque s'accroît à partir de 50 mg/l.

La teneur de Chlorure (Cl^-) dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'Zab est varié entre 266.6 mg/l et 475.07 mg/l, Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (500 mg/l).

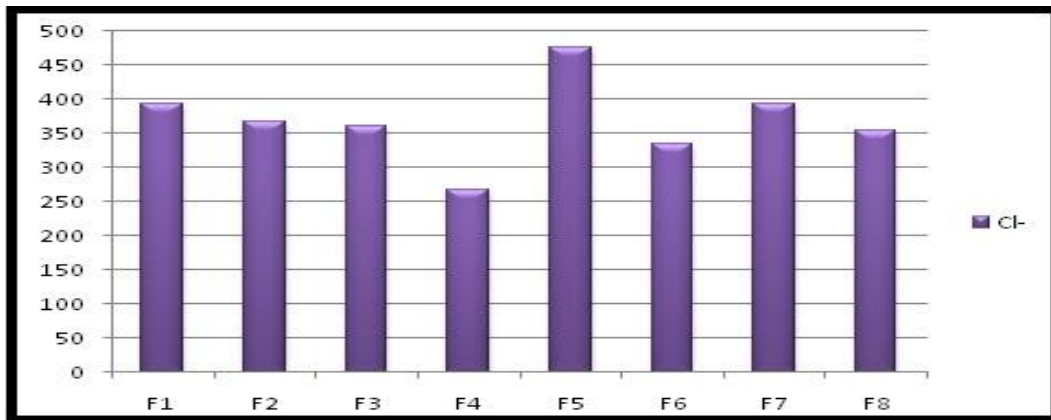


Figure.49 : Histogramme de la concentration de Chlorure (Cl^-) en mg/l

3.2.12. Bicarbonates (HCO_3^-) : La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomite....etc.) par des eaux chargées en gaz carbonique. Les pH alcalins de l'eau inférieurs à 8.3, maintiennent l'eau dans le domaine de stabilité vis-à-vis des bicarbonates dans tout le système aquifère du CI.

Les concentrations enregistrées dans les eaux de continental intercalaire révèlent des concentrations ne dépassant pas la valeur guide de l'OMS pour l'eau de boisson (300 mg/l). Nous signalent que la norme algérienne d'eau potable ne donne aucune limite pour le bicarbonate.

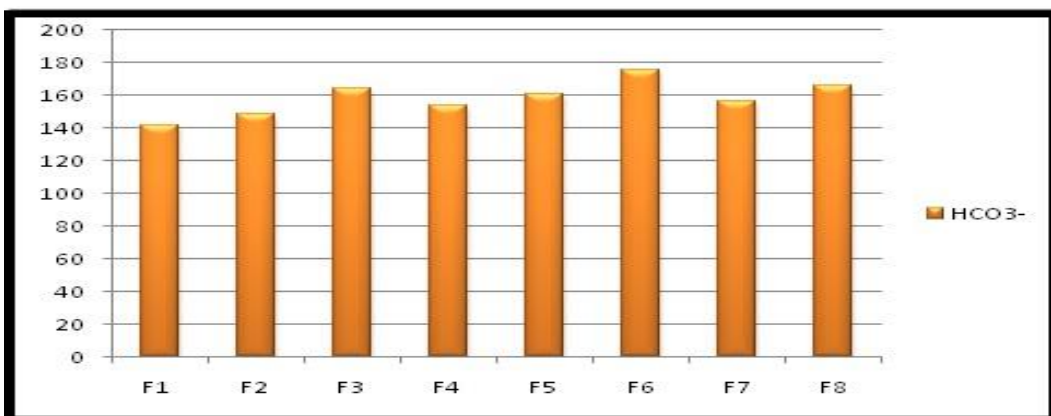


Figure.50 : Histogramme des variations du (HCO_3^-) en mg /l.

3.3. Les substances indésirables

3.3.1. Les nitrates (NO_3^-) : Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, et c'est la forme la plus soluble de ce dernier. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe la concentration maximale en nitrates dans l'eau potable à 50mg/l. Les teneurs en nitrates observées, sont relativement moyennes à très faible dans les eaux de CI. Elles sont inférieures à la norme algérienne d'eau potable (50 mg/l). Des concentrations de nitrate dans les eaux de continental intercalaire (CI) de la vallée de M'zab indiquant une contamination par les eaux de la nappe phréatique, même que le phénomène reste indéfini (drainance ou infiltration à travers les forages mal réalisés ou détériorés). La plage de concentration rencontrée s'étale entre 0.3 mg/l et 20.72mg/l. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (50 mg/l).

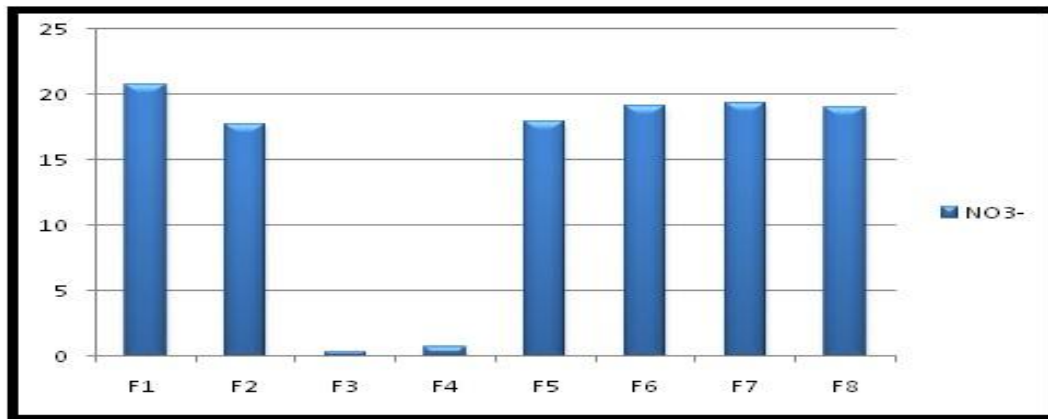


Figure.51 : Histogramme la concentration de nitrates (NO_3^-) en mg /l.

3.3.2. Le Fer Fe^{++} : Les résultats indiquent que l'élément de fer présent a des teneurs réduites, on remarque que la valeur la plus petite est 0 mg/l au F4, et la valeur la plus élevée est 0.059 mg/l au F1. Elles ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (0.3mg/l).

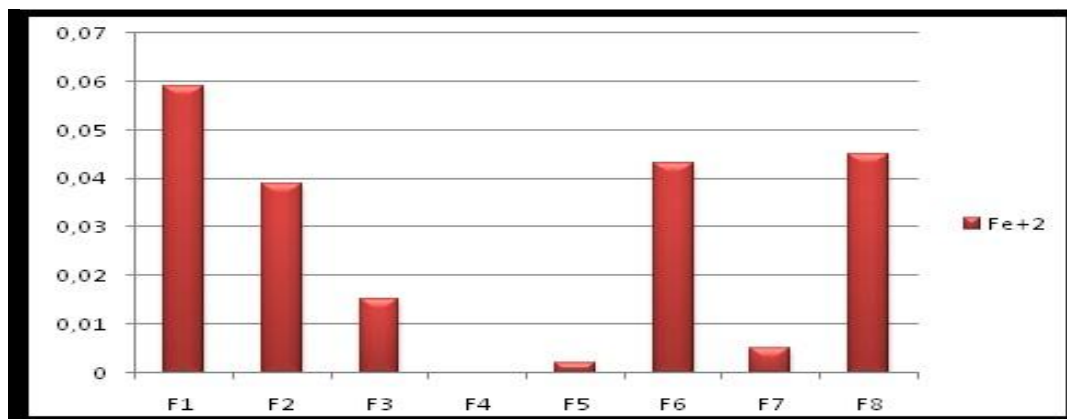


Figure.52 : Histogramme la concentration de Fer (Fe^{++}) en mg /l.

3.4. QUALITES DES EAUX DE LA NAPPE DE CI A L'IRRIGATION.

La conductivité électrique mesurée dans les échantillons des eaux de continental intercalaire oscille entre 1526 et 2250 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Le diagramme de Richards montre que les eaux de la nappe du CI, sont situées dans deux classes :

a. Classe moyenne à médiocre C_3-S_1 : A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

b. Classe médiocre à mauvaise C_3-S_2 : Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

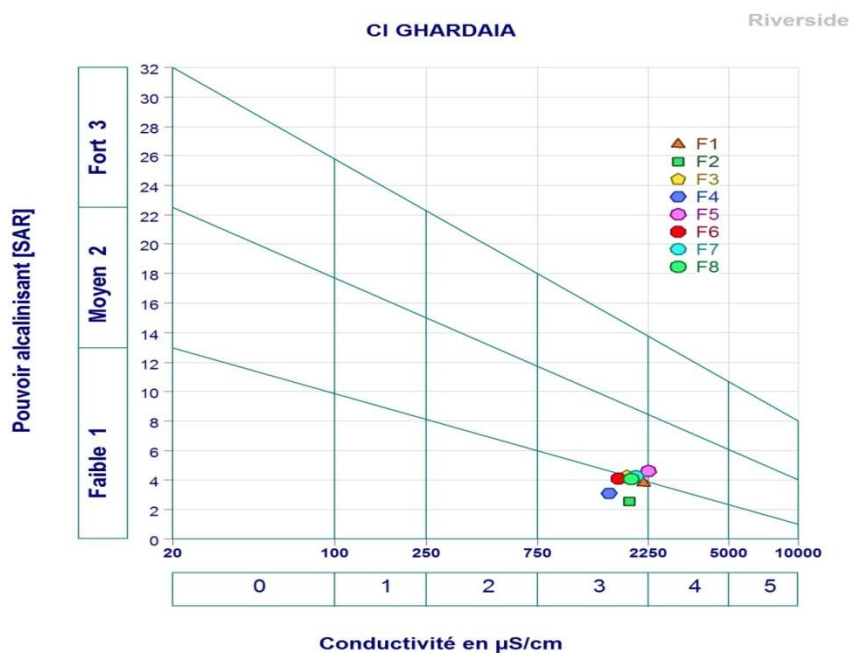


Figure.53:Le diagramme de Richards des eaux de la nappe du CI.

5. CONCLUSION

Les eaux de la nappe superficielle de la vallée de M'zab, sont non potable en référent aux normes de l'OMS et aux normes algériennes d'eau potable, car elles sont très minéralisées et très dure. Leurs faciès est chloruré magnésien, chloruré calcique, sulfaté calcique, sulfaté sodique et sulfaté magnésien. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de mauvaise à très mauvaise pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C_4-S_1 et C_4-S_3 .

Les eaux de continental intercalaire sont de faciès sulfaté calcique ou chloruré sodique en générale, elles sont potable en référent aux normes de l'OMS et aux normes algériennes. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre

qu'elles sont de qualité moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C₃-S₁ et C₃-S₂.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La région du M'zab, située à 600 km au sud de la capitale est considérée comme l'une des grandes oasis du Sahara algérien. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa, regroupant trois chefs lieu de communes, Ghardaïa, Bounoura et El Atteuf. La population pour l'ensemble des trois communes regroupées est estimée de 161 202 habitants. L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de culture ; culture des palmeraies, culture des arbres fruitiers et culture maraîchère et fourragère.

Le plateau du M'zab fait partie du bassin saharien en s'occupant une position de bordure, les formations géologiques qui affleurent dans la vallée de M'zab se montre comme un promontoire crétacé émergeant, autour duquel les atterrissements Mio-pliocènes et Quaternaires couvrent de vastes surfaces. On peut citer quatre formations lithologiques principales ; Les marnes inférieures, la barre carbonatée inférieure, les marnes supérieures et la barre carbonatée terminale.

Le climat de la zone d'étude est hyper aride de type saharien, la période sèche dure pendant toute l'année, Le bilan est déficitaire, l'excédent est nul et la RFU est épuisée durant toute l'année.

La zone d'étude fait partie de système aquifère du Sahara septentrional (SASS), qu'est composé de deux principaux réservoirs aquifères; Le complexe terminal au-dessus et le continental intercalaire le plus profonde.

Le Continental intercalaire dans la vallée du M'zab est composé de sables fins et de grés jaunâtres à gris à intercalations d'argiles, leur toit atteint la cote de 290 à 300 mètres. L'examen de la carte piézométrique (avril-mai 2011) montre une répartition spatiale assez régulière des courbes piézométriques, avec des fortes valeurs localisées à l'Ouest et au Nord-Ouest.

L'aquifère superficielle est formé d'alluvions et de sables du Quaternaire d'épaisseur peut atteindre 25 à 30 mètres reposent sur les couches calcaires du Turonien fissurés d'épaisseur de 40 à 100m. Cette nappe d'Inféro-flux, exploitée par des puits traditionnels, présente un intérêt très important dans le domaine agricole. L'examen de la carte piézométrique montre que l'écoulement général des eaux de la nappe se fait de l'Ouest vers l'Est, le long du lit de l'oued, il est identique aux écoulements de surface. Le gradient hydraulique est de 2,5‰ en amont et de 3,5‰ en aval.

Les eaux de la nappe superficielle de la vallée de M'zab, sont non potable en référent aux normes de l'OMS et aux normes algériennes d'eau potable, car elles sont très minéralisées et très dure. Leurs faciès est chloruré magnésien, chloruré calcique, sulfaté calcique, sulfaté sodique et sulfaté magnésien. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de mauvaise à très mauvaise pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C_4-S_1 et C_4-S_3 .

Les eaux de continental intercalaire sont de faciès sulfaté calcique ou chloruré sodique en générale, elles sont potable en référent aux normes de l'OMS et aux normes algériennes. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de qualité moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C_3-S_1 et C_3-S_2 .

Référence bibliographique

- A.N.R.H, 2005.** Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. Hyd., Ouargla, 19p.
- A.N.R.H, 2007.** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya d'Ouargla, Rapport de l'Agence nati. res. Hyd., Ouargla, 12P.
- A.N.R.H, 2009.** Rapport de fin du sondage, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa, 63p.
- A.N.R.H, 2010.** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. hyd. Ouargla, 10p.
- A.D.E ,2016.**algérienne des eaux.2p.
- ABDOUSE L ET BOUCHIBA D, 1982.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la chebka du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, Alger, U.S.T.H.B., 67p.
- MANSOUR ACHOUR,2014.** vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de la vallée du m'zab (ghardaia – algérie).mèmoir magistre univ d'oran.126p.
- AROUA A, 1977.** L'homme et son milieu, Ed 531 /77 ,75pp.
- BENZAYET B, 2010.** Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod Mém. Ing, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger, 78p.
- BEL F** Alger, algèrie, 24 planches, 22p. **& DEMARGNE F.(1966)** :étude géologique du Continental Terminal ;DEC ,ANRH
- BERNARD, 1999.** Que sais-je la pollution des eaux .Ed.46671, France, 7p.
- BONNARD et GARDAL (BG), 2002.** Etude d'assainissement et de protection contre les crues de la vallée de l'Oued M'Zab, Bonard et Gardal Ingénieur- conseil S A 2002.
- BOUDJEMA A, 1987.** Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire Paris XI Orsay, 290p
- BOUZIANI M, 2000.** L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON, ORON ,156-158pp.
- BRL ingénie, 1998.** Etude de plan directeur général de développement des régions sahariennes- connaissance d'Ensemble. Rapport, ANRH, Alger, Algérie.
- BOUSELSAL BOUALEM 2016.** Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère superficiel d'Oued Souf (SE Algérie). Thèse Doctorat Univ Annaba. 206p.
- CLAUDE A, BALLE F, BENOIT M, BONIFICAL A, BOURNEUF J , CASALIS D ,**
-

- CHABRIER E , DALBANNE J ET DEMAY F, 1980.** La petite Larousse ed laibrairie.
- D.P.A.T., 2008.** Annuaire statistique 2007. Rapport annuel, 14p.
- D.P.A.T., 2010.** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15^{ème} édition, volume I, 84p.
- DADDI BOUHOUN M, 1997.** Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse Magister, El-Harrach, I.N.A, 180p.
- DAJOZ R, 1982.** Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503 p.
- DAOUD Y et HALITIM A, 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse 5(3), pp.151-160.
- DEGREMOT, 1989.** Mémento technique d'eau. Ed. DEREMOT, PARIS. 233-339-358pp.
- DUBIEF J, 1963.** Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques, 457p.
- DUBOST D, 1991.** Ecologie, aménagement et développement des oasis Algériennes thèse univ. Tours, France 550P.
- DUBOST, 1980.** Contribution à l'amélioration de l'utilisation agricole des eaux chaudes du continental intercalaire (Albien) dans la cuvette du Bas Sahara Algérien, In B ull. Agr. Sahar., 5, pp. 61 -109.
- DURAND J. H, 1958.** Les sols irrigables –Etude pédologique .Ed. Imbert, Alger.190 p.
- FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P, 1984.** Ecologie. Ed. Baillièrre J. B., Paris, 168 p.
- GOMELA C ET GUERREE H, 1974.** La distribution dans les agglomérations urbaines et rurales .Ed. eyrolles, PARIS.
- GUERRADI H et FARADJI O, 2007.** éochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mémoire d'ingénieur, Ouargla, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 66p.
- KEMASSI A et OUANOUGHIS, 1997.** Chloration organique et effet de la minéralisation. Mémoire. d'ing uni .Mohammed Khaider Biskra, 13-14-26.43pp.
- KETTAB A, 2000.** Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Ed, 2000, 25-33pp.
- KHADRAOUI A ET TALEB S, 2008.** Qualité des eaux dans le sud algérien .Ed ,2008 khayam.Constantine, 367p.
- KOULE N ET BASSOU E, 2003.** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des
-

eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla. Mémoire. d'ing uni .Ouargla, 8-10-11pp.

l'U.S.S.L, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Salinity Laboratory U.S.D.A, Handbook N° 60, Washington, 160 p.

MELLAK D, 2009. Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P, 89p.

MUTIN G, 1977. La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606 p.

O.R.G.M., 1999. Livr et des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaia, Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès, 34p.

ONM Ghardaïa, 2016. Office national de Météo.

OSS, (2003). "Système aquifère du Sahara septentrional - gestion commune d'un bassin transfrontière".

Ould Baba Sy, M. (2005). "Recharge et paléo-recharge du système aquifère du Sahara septentrional", thèse de doctorat, université de Tunis. Ilèe du m'Zab(Ghardaia-Algérie).Mémoire de magistère.univ oran.155p.

RAMADE F, 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed DUNOD. France.

REMINI B, 2005. Problématique de l'eau dans l'algérie,Ed 2000.12-15pp

RODIER J, 2005. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 1383p.

Rodier, (1984). Analyse de l'eau .Ed, 7. 1383p.

Ville, (1872). Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Paris, Imprimerie Nationale, 540p.

Résumé.

La vallée du M'zab, située dans le sud algérien, est soumise à un climat saharien aride. L'accroissement démographique et le développement agro-industriel ont engendré une très forte demande en eau, nécessitant une grande mobilisation de ces ressources en eau exploitables. Objectif de ce travail c'est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de différentes aquifères vis à vis aux normes de l'OMS et aux normes algériennes de potabilité, et de leur aptitude à l'irrigation.

Dans la région du M'Zab il existe deux aquifère ; L'aquifère superficielle est formé d'alluvions et de sables du Quaternaire d'épaisseur peut atteindre 25 à 30 mètres reposent sur les couches calcaires du Turonien fissurés d'épaisseur de 40 à 100m, et un aquifère continental intercalaire dans la vallée du M'zab est composé de sables fins et de grès jaunâtres à gris à intercalations d'argiles, leur toit atteint la cote de 290 à 300 mètres.

Les eaux de la nappe superficielle de la vallée de M'zab, sont non potable en référence aux normes de l'OMS et aux normes algériennes d'eau potable, car elles sont très minéralisées et très dure. Leurs faciès est chloruré magnésien, chloruré calcique, sulfaté calcique, sulfaté sodique et sulfaté magnésien. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de mauvaise à très mauvaise pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C_4-S_1 et C_4-S_3 .

Les eaux de continental intercalaire sont de faciès sulfaté calcique ou chloruré sodique en générale, elles sont potable en référence aux normes de l'OMS et aux normes algériennes. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de qualité moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes $C_3 S_1$ et $C_3 S_2$.

Mots clés: Vallée de M'zab, norme de potabilité, continental intercalaire, nappe superficielle.

Abstract.

Mzab Valley, located in southern Algeria, is subject to an arid Saharan climate. Population growth and the agro-industrial development have led to a very high water demand, requiring a mobilization of these exploitable water resources. Objective of this work is to evaluate the physical and chemical quality of water from different aquifers overlooked with WHO standards and Algerian drinking water standards, and their suitability for irrigation.

In the M'Zab region there are two aquifer; The shallow aquifer is formed from alluvium and thick Quaternary sands can reach 25 to 30 meters based on the limestone layers Turonian cracked thickness of 40 to 100m, and an intercalary continental aquifer in the valley M ' zab is composed of fine sand and sandstone yellowish to gray interbedded clays, their roof reaches the score of 290-300 meters.

The waters of the shallow aquifer of the M'Zab Valley, are not drinking in reference to WHO standards and Algerian standards for drinking water, because they are highly mineralized and very hard. Their facies is a chloride magnesium, calcium chlorinated, calcic sulfated sodium sulfated and sulfated magnesium. The representation of these waters on Richards diagram shows that they are very poor to very poor for irrigation because they are in the $C_4-C_4-S_1$ and S_3 classes.

Continental interlayer water facies are the calcium sulfate or sodium chloride-general, they are drinking in reference to WHO standards and Algerian norms. The representation of these waters on the Richards diagram shows that they are poor to average quality for irrigation because they are in the $C_3 S_1$ and $C_3 S_2$ classes.

Keywords: Valley Mzab, potability standard, intermediate continental surface water table.

الملخص.

يقع وادي مزاب في جنوب الجزائر حيث يخضع لمناخ الحار . وقد أدى النمو السكاني والتنمية الزراعية والصناعية إلى الطلب المرتفع جدا للمياه، الأمر الذي يتطلب تعبئة هذه الموارد المائية القابلة للاستغلال. الهدف من هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية من الجيوب الجوفية المختلفة المياه حسب معايير المنظمة العالمية ومعايير مياه الشرب الجزائرية، ومدى ملاءمتها لأغراض الري

في منطقة مزاب هناك نوعان من طبقة المياه الجوفية . يتم تشكيل طبقة المياه الجوفية الضحلة من الطمي والرمال الرباعية السميكة يمكن أن تصل إلى 25 إلى 30 مترا يتموضع على طبقات الحجر الجيري التيروني المتصدع ذو سمك من 40 إلى 100 متر

تتكون المياه الجوفية القارية في وادي مزاب من الرمل الناعم والحجر الرملي الأصفر حتى يصل إلى الرمادي والطين المتعاقب، حيث يتراوح سطحه من 290 إلى 300 متر

مياه الجوفية الضحلة في وادي مزاب غير صالحة للشرب حسب معايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية للمياه الصالحة للشرب، لأنها تحتوي على معادن كثيرة ثقيلها للمغايه. السحنة التي بها هي كلوروري مغنيزيوم وكلوروري كالسيوم، كبريتات الكالسيوم، كبريتات الصوديوم وكبريتات المغنيزيوم. التمثيل على الرسم البياني لريتشاردز يظهر ان هذه المياه سيئة وسيئة جدا للزراعة لتواجدها في الطبقات C_4-S_1 et C_4-S_3

سحنة المياه الجوفية القارية هي كبريتات الكالسيوم أو كلوروري صوديوم بصفة عامه ، وهي صالحة للشرب حسب معايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية للمياه. يظهر التمثيل على الرسم البياني ريتشاردز هذه المياه أنها فقيرة إلى متوسط الجودة للري لأنها في الطبقات $C_3 S_1$ و $C_3 S_2$.

كلمات البحث: وادي مزاب، ومعايير الصلاحية للشرب، وسيطة القاري منسوب المياه السطحية.