

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : CHAHMA Safia

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique des
eaux souterraines dans les zones agricoles
de la wilaya de Ghardaia**

Soutenu publiquement le : 23 /09 / 2024

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------------------------|-----------|----------------|-------------------------|
| Mme.KEBBAB-GHOBRINI Leila | MAA | Univ. Ghardaia | Président |
| Mme.GUESSOUM Hadjer | MCA | Univ. Ghardaia | Directeur de mémoire |
| M.ACHOUR Mansour | Doctorant | Univ. Oran | Co-Directeur de mémoire |
| Mme.HADDAD Soumia | MC A | Univ. Ghardaia | Examineur 1 |

Année universitaire :

2023/2024

Remerciement

*Au terme de ce modeste travail, je tiens à exprimer mon
profonde gratitude et mes vifs remerciements tout
d'abord :*

***ALLAH** le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le
courage Et la volonté D'étudier, et la force de réaliser ce
travail.*

*Mon Encadreur : « **Mme. Guessoum Hadjer** », pour ses
orientations, ses précieux conseils et sa contribution
dans L'élaboration de ce travail.*

*« **Mr. ACHOUR Mansour** », mon co-encadreur, pour
son aide précieuse et pour le temps qu'il nous a
consacré.*

*« **Mme. KEBBAB-GHOBRINI Leïla** » et « **Mme.
HADDAD Soumia** » les membres du jury qui nous font le
grand honneur d'évaluer ce travail.*

je tiens également à remercier :

*« **Mr. CHOUIREB Makhlof** » ainsi à toute l'équipe de
laboratoire de l'ADE, unité de Ghardaïa pour
leur accueil pour leur soutien au cours du stage
pratique.*

*Et Tous ceux qui me ont aidés de près ou
de loin.*

Safia

Dédicace

À ma cher Maman Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour lessacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous dédie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

*À la mémoire de **mon père** J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde*

*A mon **cher mari** et ma **petite fille Rahaf.***

À Mes Chers frères et sœurs et leurs enfants

À mes amis et collègues.

À toutes les personnes qui ont participé à

l'élaboration de ce

travail, à tous ceux que j'ai omis de citer.

Safia

Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines dans les zones agricoles –Wilaya de Ghardaïa-

Résumé

La présente étude porte une évaluation sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines des zones agricoles destinées à la consommation humaine dans quelque commune de la -Wilaya de Ghardaïa- à long de deux mois (Mars et Avril 2024), au laboratoire de l'ADE unité de la wilaya de Ghardaia.

L'étude physicochimique des divers échantillons d'eau met en évidence qu'il existe un différence significative des concentrations en divers éléments soit physique ou chimique par rapport aux normes de l'OMS et les normes algériennes de qualité de l'eau à l'exception de de p10 à Berriane qui présent le K^+ par une valeur de (17mg/l) et le Cl^- qui est présent par une valeur estimé par (265,90 mg/l) et le nitrate au P6 à Metlili par une valeur de (83,92mg/l) qui ont dépassé les normes déclarées par l'OMS et les normes algériennes ainsi le TH qui est élevées dans tous les eaux analysées .

Les eaux des huit puits étudiés sont caractérisées par une minéralisation variable qui respecte les normes de l'OMS et les normes algériennes, ce qui les rend propres à la consommation humaine. Alors que les autres puits (P10 à commune de Berriane et P6 aux communes de Metlili) sont caractérisés par une forte minéralisation et dépasse les normes déclarées par l'OMS et les normes algériennes, ce qui les rend impropres à la consommation humaine.

Mots clés : eaux souterraines, qualité, physico-chimique, zones agricoles, Ghardaïa.

تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الزراعية - ولاية غرداية-

ملخص:

تناولت الدراسة الحالية تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية المتواجدة في المناطق الزراعية المخصصة للاستهلاك البشري لبعض البلديات - ولاية غرداية - لمدة شهرين (مارس و افريل 2024)، حيث أجريت التحاليل على مستوى مخبر الجزائرية للمياه وحدة غرداية.

تظهر الدراسة الفيزيائية الكيميائية لمختلف عينات المياه التي تم تحليلها انه يوجد تباين ملحوظ في تركيزات العناصر المختلفة سواء الفيزيائية منها او الكيميائية مقارنة بمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية OMS والمعايير الجزائرية لجودة المياه. الا بخصوص (p10) لبريان الذي ظهر بها البوتاسيوم بنسبة (17 مغ/ل) والكلور بنسبة (265,90مغ/ل) و نترت في (P6) في بلدية متليلي قدرت ب (83,92 م/ل) الذين فاقوا المعايير المصرح بها من OMS والمعايير الجزائرية وكذا TH الذي كان مرتفع في كل عينات الابار المدروسة.

تتميز مياه ينابيع الابار الثمانية المدروسة بتنوع في التمعدن ضمن حدود المعايير القابلة للاستهلاك البشري، مما يجعلها صالحة لذلك. بينما يوجد بئرين (P10 في بلدية بريان و 6P في بلدية متليلي) يحتويان على نسبة معادن عالية وخارجة عن معايير مصرحة بها من OMS والمعايير الجزائرية، مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الجودة، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المناطق الزراعية، غرداية.

Assessment of the physicochemical quality of groundwater in agricultural areas – Wilaya of Ghardaïa –

Abstract

This present study focuses on the evaluation of physico-chemical quality of groundwater in agricultural areas intended for human consumption in some communes of the Ghardaïa wilaya over a two-month period (March and April 2024), at the ADE laboratory in the Ghardaïa wilaya unit.

The physicochemical study of the various water samples shows that there is a significant difference in the concentrations of various elements, both physical and chemical, compared with WHO standards and Algerian water quality standards, with the exception of (P10) of Berriane, where (K⁺) is present at a value of (17mg/l), Cl⁻ a value estimated (265, 90 mg/l) and nitrate of (P6) in Metlili with a value of (83.92mg/l), which exceeded the standards declared by the WHO and Algerian standards, as well as TH, which was high in all the waters analysed.

The water from the eight wells studied is characterised by variable mineralisation that complies with WHO and Algerian standards, making it suitable for human consumption. The other wells (P10 in the commune of Berriane and P6 in the commune of Metlili), on the other hand, are characterised by high mineralisation and exceed WHO and Algerian standards, making them unsuitable for human consumption.

Key words: groundwater, quality, physico-chemical, agricultural areas, Ghardaïa.

Liste des figures

| N° | Titre | Page |
|-----------|--|-------------|
| 01 | Localisation géographique de Ghardaïa | 05 |
| 02 | Carte géomorphologique de la wilaya de Ghardaia | 07 |
| 03 | Carte du réseau hydrographique de la région de Ghardaïa | 08 |
| 04 | Présentation graphique de la température moyenne pendant 2014-2023. | 09 |
| 05 | Présentation graphique de la précipitation moyenne pendant 2014-2023. | 10 |
| 06 | Présentation de l'humidité dans la région d'étude entre 2014 et 2023 | 11 |
| 07 | Présentation graphique de la variation de la vitesse de vent pendant 2014-2023 | 11 |
| 08 | Diagramme Ombrothermique du Bagnouls et Gaussien de la région de. Ghardaïa pour la période (2013-2023) | 12 |
| 09 | Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2023) | 14 |
| 10 | Approche méthodologique | 16 |
| 11 | Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux souterraines au niveau de wilaya de Ghardaïa | 19 |
| 12 | Variation de la teneur de PH des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia. | 26 |
| 13 | Variation de la teneur de la turbidité des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia. | 27 |
| 14 | Variation de la teneur de Conductivité électrique des eaux de souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia. | 28 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 15 | Variation de la teneur de TDS des eaux souterraines des zones agricoles de quelques communes de la wilaya de Ghardaia. | 29 |
| 16 | Variation de la teneur de calcium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia. | 30 |
| 17 | Variation de la teneur de Magnésium des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia | 31 |
| 18 | Variation de la teneur de sodium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 32 |
| 19 | Variation de la teneur de Potassium des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 33 |
| 20 | Variation de la teneur de chlorure des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 34 |
| 21 | Variation de la teneur de Nitrate des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 35 |
| 22 | Variation de la teneur d'Ammonium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 36 |
| 23 | Variation de la teneur de fer des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia. | 37 |
| 24 | Variation de la teneur de phosphore des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 38 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 25 | Variation de la teneur TH des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 39 |
| 26 | Variation de la teneur TAC des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia | 40 |

Liste des Tableaux

| N° | Titre | Page |
|-----------|---|-------------|
| I | Dairates et communes de la Wilaya de Ghardaïa (D.P.S.B, 2020). | 04 |
| II | Localisation des points de prélèvement des puis dans la wilaya. | 18 |

Liste des Abréviations

| | |
|-----------------------|--|
| ANRH | Agence nationale des Ressources hydriques. |
| A.D.E | Algérienne des Eaux |
| °C | Degré Celsius |
| cm | Centimètre |
| CE | Conductivité électrique |
| DPAT | Direction planification et l'aménagement de territoire |
| EDTA | Ethylène Diamine Tétra Acétique |
| Fig | Figure |
| h | Heure |
| Km² | Kilomètre carré |
| L | Litre |
| NA | Normes Algériennes |
| nm | Nanomètre |
| O.M.S | Organisation Mondiale de la Santé |
| PH | Potentiel d'hydrogène |
| P | Puit |
| P | Phosphore |
| RS | Résidus secs |
| T.A.C | Titre Alcalin Total |
| T.H | Titre hydrotimétrique |
| U.V | Ultra-Violet |
| µS/cm | Micro Siemens par centimètre |

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| <i>Chapitre I. Présentation de la région d'étude</i> | |
| I .1-Présentation de la région d'étude | 4 |
| I.1.1-Situation géographique de la willaya de Ghardaïa | 4 |
| I.2 Milieu physique | 5 |
| I.3- Géomorphologie | 5 |
| I.4. La pédologie | 7 |
| I.5 Hydrographie | 7 |
| I.5.1. Réseau hydrographique | 8 |
| I.5.2. Le sous bassin versant d'oued M'Zab | 8 |
| I.6. Synthèse climatique et bioclimatique | 8 |
| I.6.1. Le climat | 8 |
| I.6.2. La température | 8 |
| I.6.3. Les précipitations | 9 |
| I.6.4. Humidité relative | 10 |
| I.6.4. Le vent | 11 |
| I.6.5. Synthèse climatique | 12 |
| I.6.5. Climagramme d'EMBERGER | 13 |
| I.7 Agriculture | 14 |
| <i>Chapitre II. Matériel et Méthodes</i> | |
| II.1. Approche méthodologique | 16 |
| II.2. Choix des sites d'étude | 17 |
| II.3. Echantillonnage | 17 |
| II.3.1. Zone d'échantillonnage | 17 |
| II.3.2. Technique de prélèvement | 19 |

| | |
|---|----|
| II.3.3. Transport et conservation des échantillons | 19 |
| II.4. Paramètre physique | 20 |
| II.4.1. PH | 20 |
| II.4.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS | 20 |
| II.4.3. Turbidité | 21 |
| II.5. Paramètres chimiques | 22 |
| II.5.1. Dosages des anions | 22 |
| II.5.1.1 - Calcium et magnésium | 22 |
| II.5.1.2 - TH (titre hydrométrie) | 22 |
| II.5.1.3 - Sodium et potassium | 22 |
| II.5.1.4 -Ammonium | 23 |
| II.5.1.5 - Fer | 23 |
| II.5.2 Dosages des anions | 23 |
| II.5.2.1-Nitrates | 23 |
| II.5.2.2-TAC (Titre alcalimétrique complet) | 23 |
| II.5.2.3-Chlorures | 24 |
| II.6. Outils d'analyse des données | 24 |

Chapitre III. Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| III.1. Paramètres physiques | 26 |
| III.1.1. Potentiel d'Hydrogène PH | 26 |
| III.1.2. Turbidité | 27 |
| III.1.3. La conductivité électrique CE | 27 |
| III.1.4. Sels Totaux Dissous TDS | 28 |
| III.2. Paramètres chimiques | 29 |
| III.2.1. Calcium | 29 |
| III.2.2. Magnésium | 30 |
| III.2.3. Sodium | 31 |

| | |
|--|-----------|
| III.2.4. Potassium | 32 |
| III.2.5. Chlorures | 33 |
| III.2.6. Nitrates | 34 |
| III.2.7. Ammonium | 35 |
| III.2.8. Fer | 36 |
| III.2.9. Phosphore | 37 |
| III.2.10. Titre hydrométrique (TH) | 38 |
| III.2.11. Titre alcalimétrique complet TAC | 39 |
| Conclusion | 42 |
| Références bibliographiques | 45 |
| Annexes | |

Introduction

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe au recyclage. Évaporation l'énergie solaire, les précipitations, le ruissellement de surface et souterrain sont les étapes du cycle. Le problème de l'eau est un problème de quantité et de qualité, qui est ce sont les ressources et la pollution. Ainsi, l'eau peut contenir une multitude de composants chimiques d'origine naturelle ou anthropique. Donc, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques (substances toxiques, matières minérales et organiques en excès) susceptibles de provoquer des maladies à transmission hydrique, à plus ou moins long terme (John & Donald, 2010).

Les eaux souterraines sont une partie essentielle du cycle hydrologique et une ressource naturelle extrêmement précieuse, car plus de 1,5 milliard de personnes dans le monde comptent sur les eaux souterraines pour leur eau potable. La plupart des gens considèrent l'eau souterraine comme une source pure d'eau potable qui ne peut pas être polluée parce qu'ils croient qu'elles sont naturellement protégées de la pollution par des couches de sol et de roches ; alors que cette évidence n'est pas toujours absolue, puisqu'en réalité la pollution des eaux a été toujours existé, en raison de son lien étroit avec les activités de l'homme, qui se produisent généralement à l'intérieur ou à proximité d'une entité géographique appartenant à un bassin versant (S. ZEREG,2019)

Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture (Nouayti et *al.*, 2015).

Seule source d'eau potable de qualité, ces eaux souterraines conditionnent la sécurité alimentaire de ces populations. Près de la moitié de la population africaine compte sur l'eau souterraine (CARTER et PARQER, 2009).

Aussi, cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un potentiel économique important particulièrement pour générer et entretenir la prospérité à travers certaines activités telles que l'agriculture (L'irrigation), la production d'énergie, l'industrie, le transport et le tourisme (PATURELJE et *al.*, 2010).

La qualité de l'eau correspond à un ensemble de critères physico chimiques qui détermine son degré de pureté et par conséquence sa vocation aux divers usages (RAMAD, 1998).

Cette étude s'intéresse à identifier et d'évaluer les caractéristiques physicochimique et e d'eaux souterraines dans les zones agricoles destiné à la consommation humaine dans des différents communes de la wilaya de Ghardaia.

Afin d'atteindre notre objectif, cette recherche s'articule autour de trois chapitres, dont :

Le premier chapitre : représente la région d'étude et ces caractéristiques.

Le deuxième chapitre : méthodes d'études, représente la méthode d'échantillonnage et l'approche suivi dans les analyses physicochimiques au niveau de laboratoire l'ADE unité Ghardaïa.

Le troisième chapitre : qui résume les principaux résultats et leur interprétation de notre travail.

Finalement, on a tiré une conclusion correspond à ce travail.

Chapitre I :
Présentation de la
région d'étude

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

I.1-Présentation de la région d'étude :

Dans ce chapitre nous allons traiter les caractéristiques de la région de Ghardaïa, particulièrement sa situation géographique ; au tant qu'écologistes, nous intéressons par les facteurs climatiques et biologiques qui caractérisent notre zone d'étude.

I.1.1-Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie nord du Sahara. Elle est issue du dernier découpage administratif du territoire de décembre 2019. Elle totalise une superficie de 26.165 Km² avec une population de plus de 409.660 habitants, est composée de 08 daïrates et 10 Communes (D.S.A, 2021 ; HAMEL, 2023).

Les limites :

GHARDAIA est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200Km).
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300Km).
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km).
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350Km).
- Au Sud par la Wilaya de El meniaa (270Km).

Tableau I : Daïrates et communes de la Wilaya de Ghardaïa (D.P.S.B, 2020).

| Dairates | Nombre de communes | Communes |
|-----------------|---------------------------|----------------------|
| Ghardaia | 01 | Ghardaia |
| Metlili | 02 | Metlili – Sebsab |
| Berriane | 01 | Berriane |
| Guerrara | 01 | Guerrara |
| Bounoura | 02 | Bounoura – El Atteuf |
| Daya | 01 | Daya |
| Zelfana | 01 | Zelfana |
| Mansoura | 01 | Mansoura |

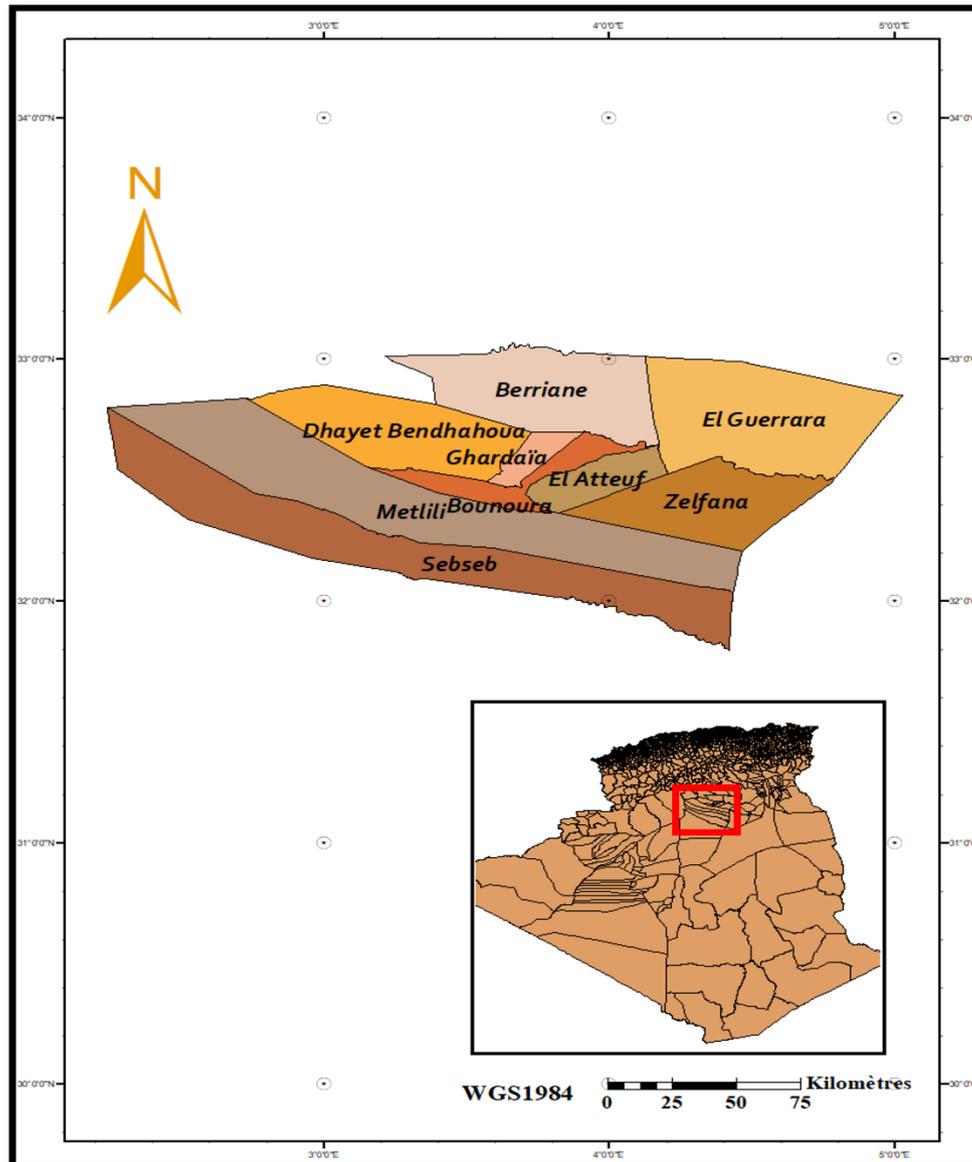


Figure 01 : localisation géographique de Ghardaïa (LAGHOUITER M,2024)

I.2 Milieu physique :

Le milieu physique comporte la géomorphologie de la région qui présente des spécificités et des particularités bien distinctes la caractérisant des autres régions Sahariennes (BENSAMOUNE, 2008).

I.3- Géomorphologie :

On caractérise généralement par la présence en surface de quantités importantes d'argiles de type « Hamada », plus abondantes dans les dépressions du fait de l'accumulation de sédiments alluvionnaires (OULED ALI et NADJEM,2023).

Sur le plan géomorphologique, la province de Ghardaïa est caractérisée par des plaines terminales continentales, des terres sablonneuses, la Chebka et toute la région centrale, s'étendant sur environ 450 km du nord au sud et sur environ 200 km d'est en ouest (Oulmane, 2016 ; OULED ALI et NADJEM,2023). Ne couvre qu'une petite fraction (environ 20 %) du paysage dans tous les paysages. Les hamadas et les regs représentent l'essence du paysage, les alluvions et les encroûtements ne sont que des phénomènes locaux (Ozenda, 1991 ; Monod, 1992). Dans la zone de Ghardaïa, on distingue trois types de formations géomorphiques qui sont :

- **Le M'Zab Chabka** : couvre une superficie d'environ 8000 km², qui constitue 21% de la superficie du M'Zab (Coyne, 1989 ; OULED ALI et NADJEM,2023).
- **Daïas** : occupe une petite partie de la région de Ghardaïa, située dans la commune de Guerrara. Il s'étend de la partie sud de l'Atlas saharien d'une part et du méridien de Laghouat d'autre part (Coyne, 1989 ; OULED ALI et NADJEM,2023).
- **Ergs** : située à l'est de la zone d'étude et socle géologique pliocène. Il est représenté par une abondance de Regs qui sont des sols fermes caillouteux. La zone est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El-Atulf (Coyne, 1989 ; Djilali, 2019 ; OULED ALI et NADJEM,2023).
- Le sol de la zone de Ghardaïa est fragile en raison de l'érosion éolienne. Cependant, elles se caractérisent généralement par la présence en surface de quantités importantes d'argiles de type « Hamada », plus abondantes dans les dépressions du fait de l'accumulation de sédiments alluvionnaires (OULED ALI et NADJEM,2023).

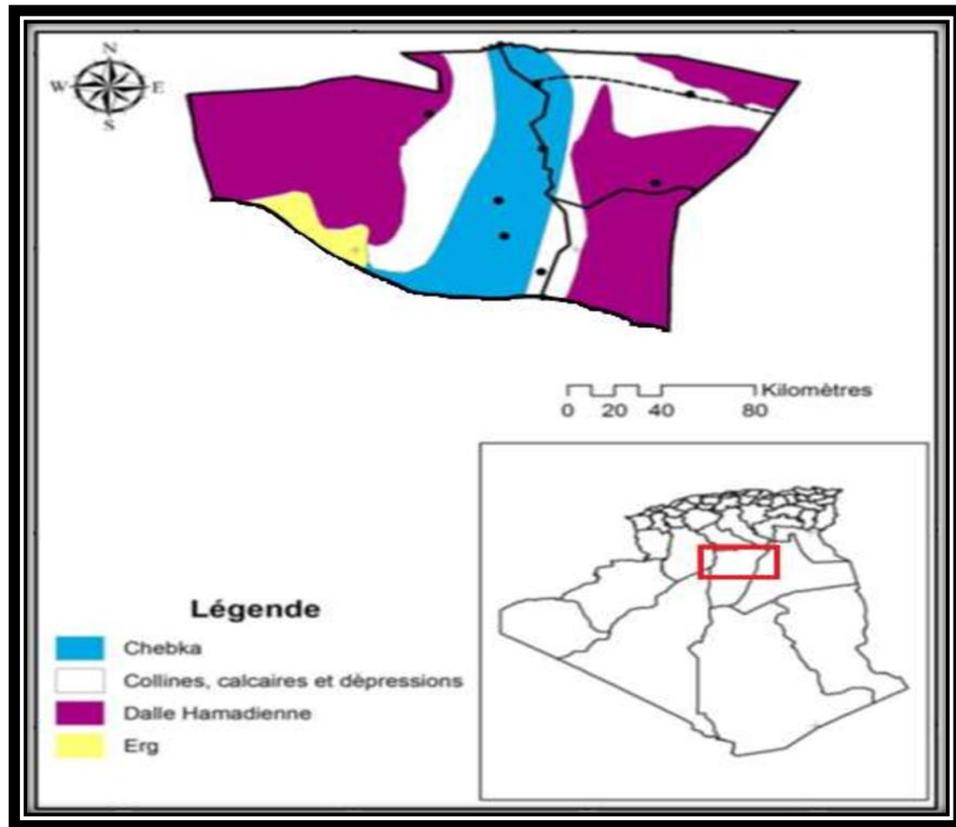


Figure 02 : Carte géomorphologique de la wilaya de Ghardaia
(KRAIMAT, 2019 ; modifiées)

I.4. La pédologie

Dans le Sahara septentrional algérien, on trouve des sols dénudés par des mouvements éoliens violents laissant sur place des concentrations de matériaux grossiers d'ablation (reg) ou hamada. Cet important agent morphogénétique qui est le vent, transporte les particules fines issues de l'altération mécanique des roches (fragmentation et ablation) pour former de vastes couvertures sableuses et des champs de dunes (erg). (BENSLAMA, 2021)

I.5 Hydrographie

Dans les régions arides les précipitations sont extrêmement variables et qui ont généralement des effets dévastateurs et néfastes à travers les crues des cours d'eau. Les oueds sahariens sont des réseaux qui n'ont pas d'écoulement permanents et ils sont l'origine de l'alimentation des aquifères. La fréquence de ces cours d'eau est dépendue du régime pluviométrique du fait que sont très variables durant une année à une autre (Chabour, 2006 ; BENSLAMA, 2021).

I.5.1. Réseau hydrographique

Ensemble des canaux de drainages naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, par où s'écoulent les eaux provenant du ruissellement ou restituées par les nappes souterraines. (BENSLAMA, 2021)

I.5.2. Le sous bassin versant d'oued M'Zab

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds (Figure 4) dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir (A.N.R.H., 2011 ; BENSLAMA, 2021).

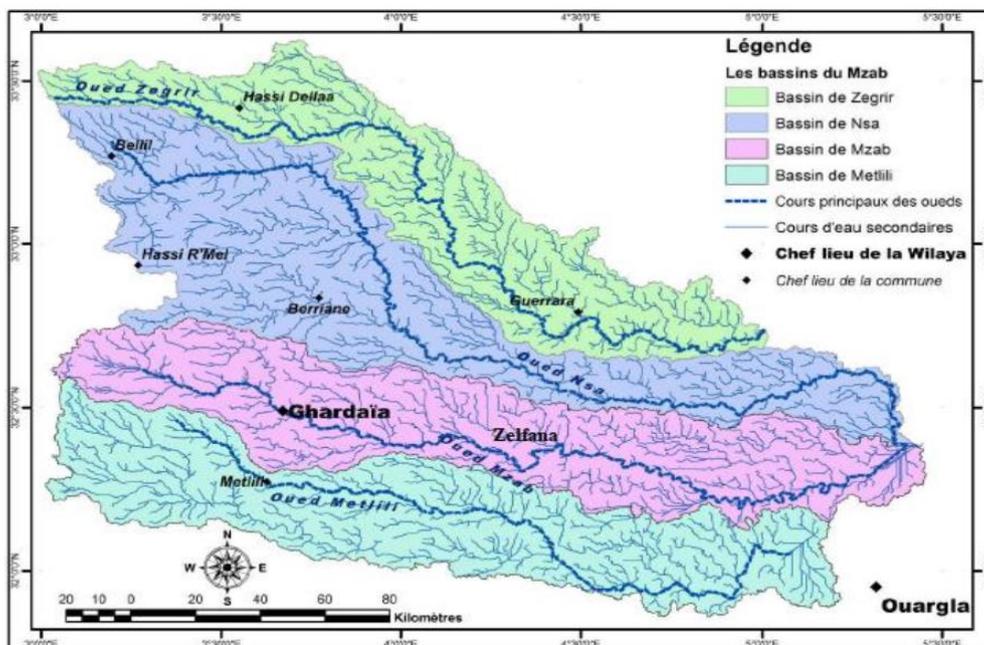


Figure 03 : Carte du réseau hydrographique de la région de Ghardaïa (source de la carte : Djili B, 2018 ; BENSLAMA 2021 ; modifié)

i.6. Synthèse climatique et bioclimatique

I.6.1. Le climat

Le climat de Ghardaïa est un climat particulièrement aride, cette aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. (BENSLAMA, 2021)

I.6.2. La température :

À Ghardaïa, les étés sont caniculaires, aride et dégagé et les hivers sont frisquets, sec et dégagé dans l'ensemble. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6 °C à 40 °C et est rarement inférieure à 3 °C.

Pour la région de Ghardaïa, les mois les plus froids sont janvier (11°C) et février (13°C). Alors que, la température moyenne des mois les plus chauds sont enregistrés en Juillet ($T_{\text{moy}} = 35,07^{\circ}\text{C}$). Cette région se caractérise par des maximas très élevées, enregistrées en mois de juillet de l'ordre de 41,57°C. (Fig.04).

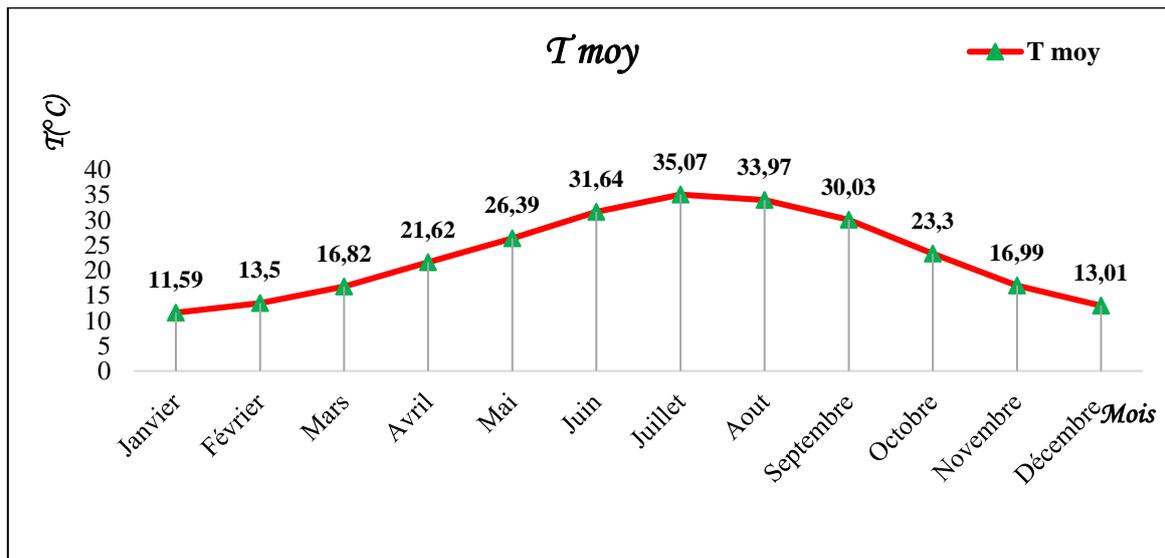


Figure 04 : présentation graphique de la température moyenne pendant 2014-2023.

I.6.3. Les précipitations :

Les précipitations dans la région de Ghardaïa sont rares et irrégulières, les mois de Février et Septembre sont les plus pluvieux avec des précipitations respectives 7,66 mm et 7,15 mm alors on distingue 05 mois de sécheresse (des mois secs). Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 64,34 mm pour les années 2014 à 2023. (Fig.05)

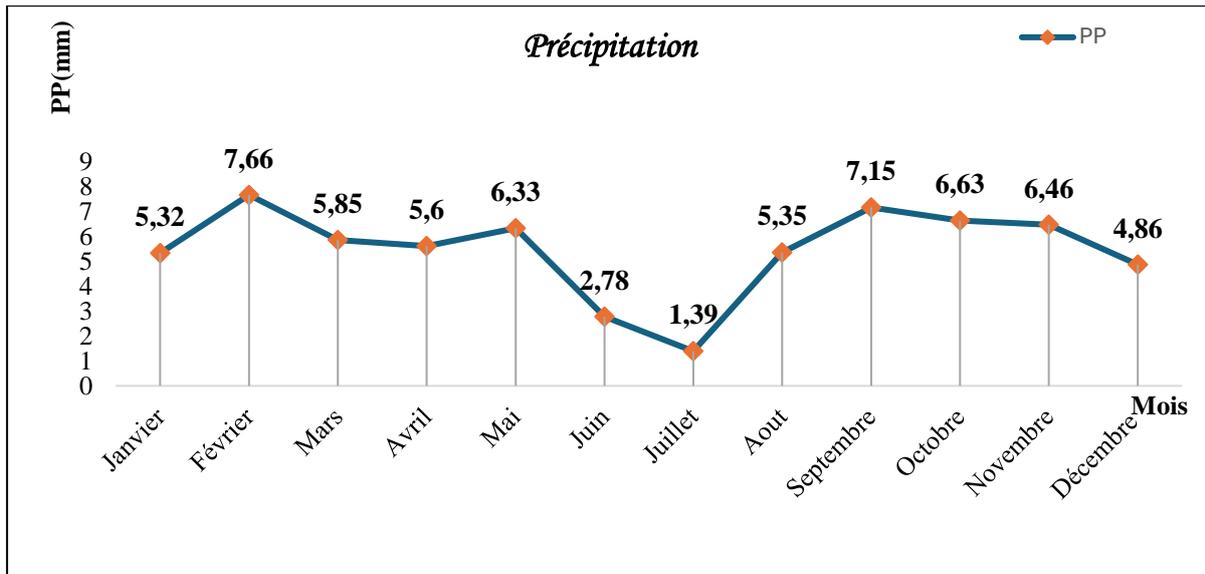


Figure 05 : présentation graphique de la précipitation moyenne pendant 2014-2023.

I.6.4. Humidité relative :

L'humidité et la pluviométrie constituent des facteurs écologiques liés et se sont d'une importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes. L'humidité est définie par la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. La teneur en vapeur d'eau de l'air, exprimée en g d'eau /m³ d'air, est appelée humidité absolue. Le rapport entre cette teneur d'eau et la masse théorique des vapeurs d'eau que reforme théoriquement l'atmosphère à une température et à une pression donnée relative (Chedad,2021).

Les valeurs d'humidité relative de la région d'étude entre 2014 et 2023 sont tracés dans le graphe (Fig.06).

Les taux d'humidité les plus élevées sont marqués au mois de décembre par une valeur estimée de 44,44% et les plus faibles sont marqués au mois de juillet estimé par 15,03%.

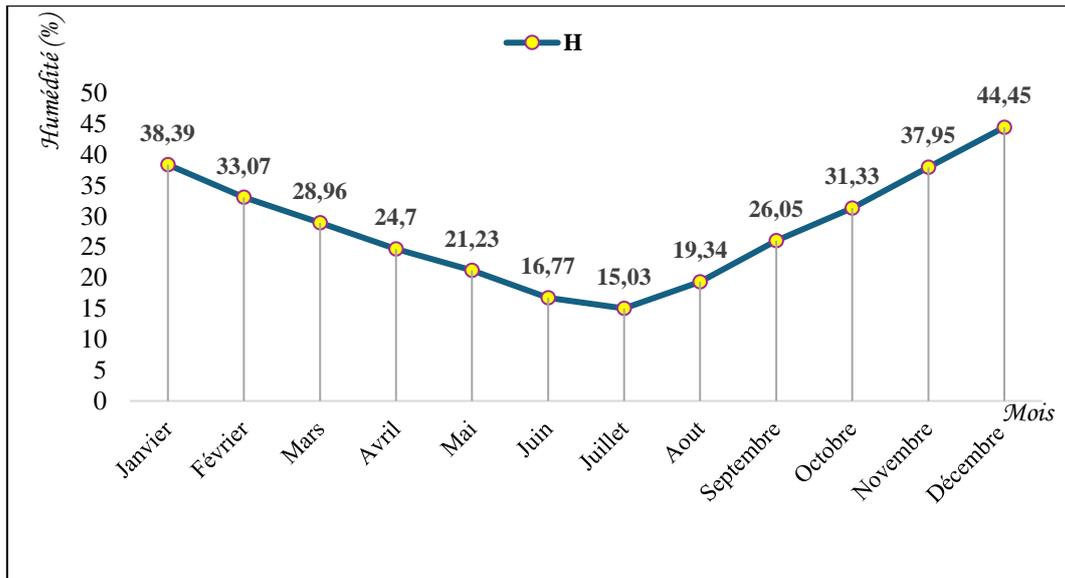


Figure 06 : présentation de l'humidité dans la région d'étude entre 2014 et 2023.

I.6.4. Le vent :

La vitesse horaire moyenne du vent à Ghardaia connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 6,3 mois, du 31 décembre au 10 juillet, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,9 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux à Ghardaia est avril, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 16,5 kilomètres par heure. (Fig.07)

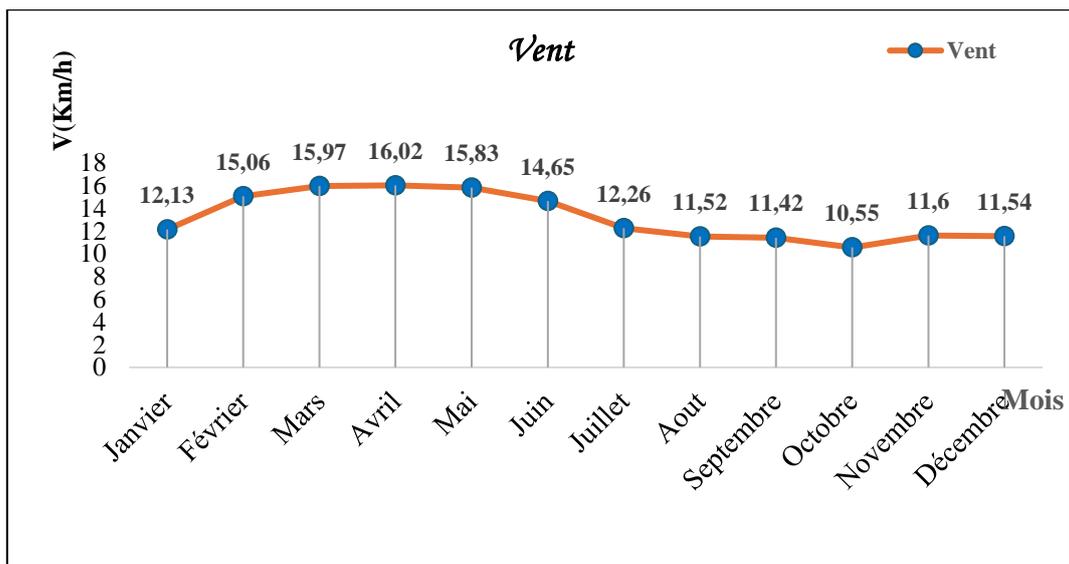


Figure 07 : présentation graphique de la variation de la vitesse de vent pendant 2014-2023.

I.6.5. Synthèse climatique

Selon les figures précédentes des données climatiques précédentes qui se basent sur l'enregistrement des données de Précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les Variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté dans (Fig.09).

Les mois de l'année sont représentés sur l'axe des abscisses.

- ♣ L'axe ordonné pour les précipitations en mm et les températures moyennes en °C.
- ♣ Une échelle de $P=2T$.
- ♣ L'aire compris entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de

Ghardaïa nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

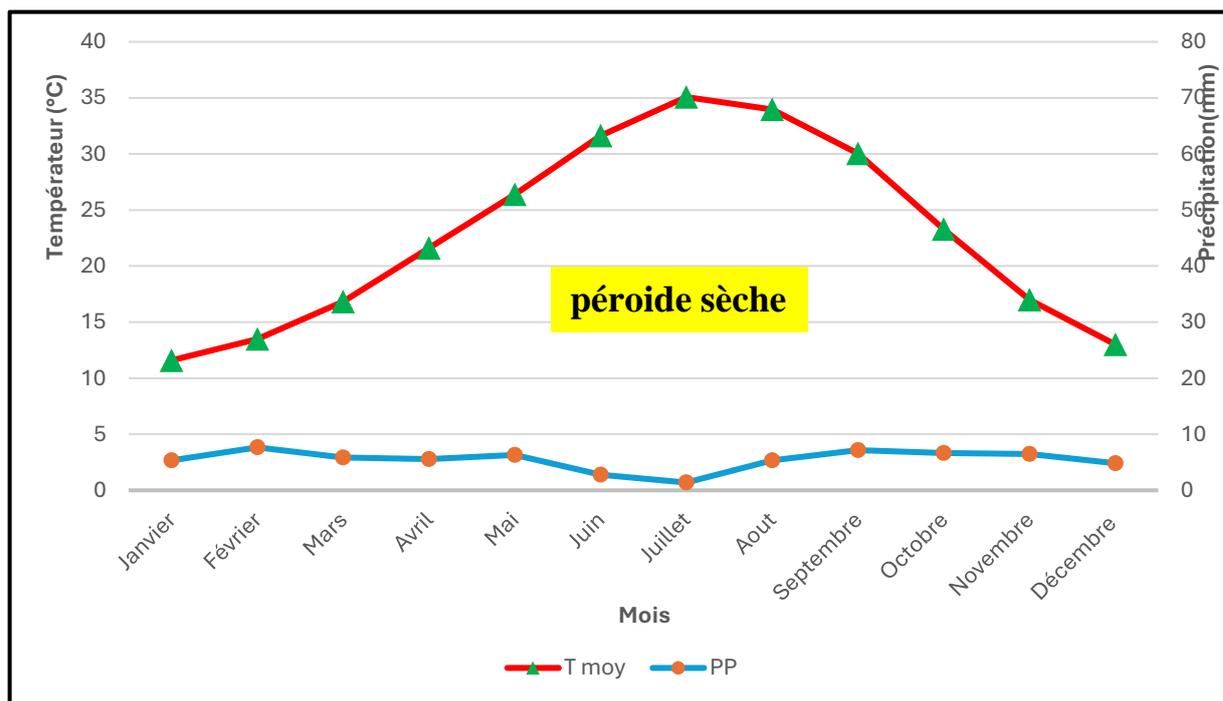


Figure 08 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2014 - 2023).

I.6.5. Climagramme d'EMBERGER

Emberger a établi quatre étages climatiques principaux en utilisant un indice climatique basé sur la pluviosité moyenne annuelle, la température minimale annuelle moyenne du mois le plus froid et la température maximale moyenne du mois le plus chaud. Ces étages sont approximativement définis en fonction des niveaux de précipitations annuelles suivants :

- Etage aride : 300-500 mm
- Etage semi-aride : 500-700 mm
- Etage subhumide : 700-1 000 mm
- Etage humide : > 1 000 mm (F. White 1986).

✚ D'après le facteur d'Emberger qui est développé en 1969 par la relation Suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Où :

- **Q** : est le facteur de précipitations d'Emberger
- **P** : est les précipitations annuelles
- **M** : est la température du mois le plus chaud
- **m** : est la température minimale du mois le plus froid. (BEN SEMAOUNE 2008).
- Selon l'application de l'équation on trouve que la Wilaya de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien-doux Où $Q_2=6,30$. (Fig. 04).

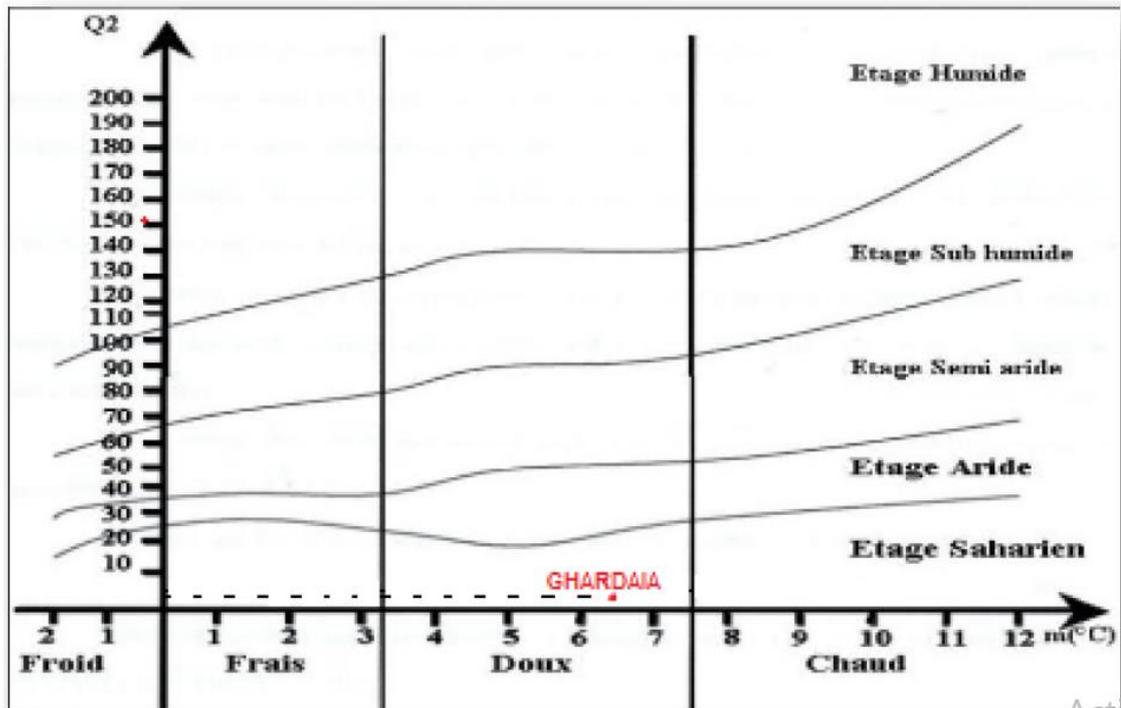


Figure 09 : Climagramme d'Emberger pour la région de Ghardaïa (2023).

I.7 Agriculture

Dans la Wilaya de Ghardaïa, le secteur agricole est limité ; il est à vocation phoénicicole. Sur les 8 466 012 hectares couverts par la superficie de la Wilaya, 1 370 911 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 32 745 hectares. À cause des faibles précipitations, la SAU exploitée se limite aux superficies qui bénéficient d'une ressource hydrique (forages, puits), le reste est constitué de pacages et parcours de 1337 994 hectares et de terres improductives des exploitations agricoles s'étendant sur 172 hectares.

Le secteur de l'agriculture est caractérisé par 2 systèmes d'exploitation : Oasien de l'ancienne palmeraie et la mise en valeur. Le patrimoine phoénicicole de la Wilaya compte 1 224 810 palmiers dont 1 014 295 palmiers productifs pour une production annuelle moyennement de 50 000 tonnes dont 21 000 tonnes de type Deglet Nour. Avec l'extension des surfaces, le secteur de l'agriculture offre de grandes perspectives de développement (DSA, 2012).

La commune de Daya bendahoua abrite la seule palmeraie qui subsiste en amont de la vallée du M'Zab avec celle d'El Atteuf, située en aval. Elle s'allonge sur 7 km et comporte 200 000 palmiers (HADJ, 2020)

***Chapitre II : Matériel
et Méthode***

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité physico-chimique des eaux souterraines (eau de source provenant de la nappe phréatique) destinées à la consommation humaine dans certaines zones agricoles wilaya de Ghardaïa. Selon la méthodologie suivant (Fig10)

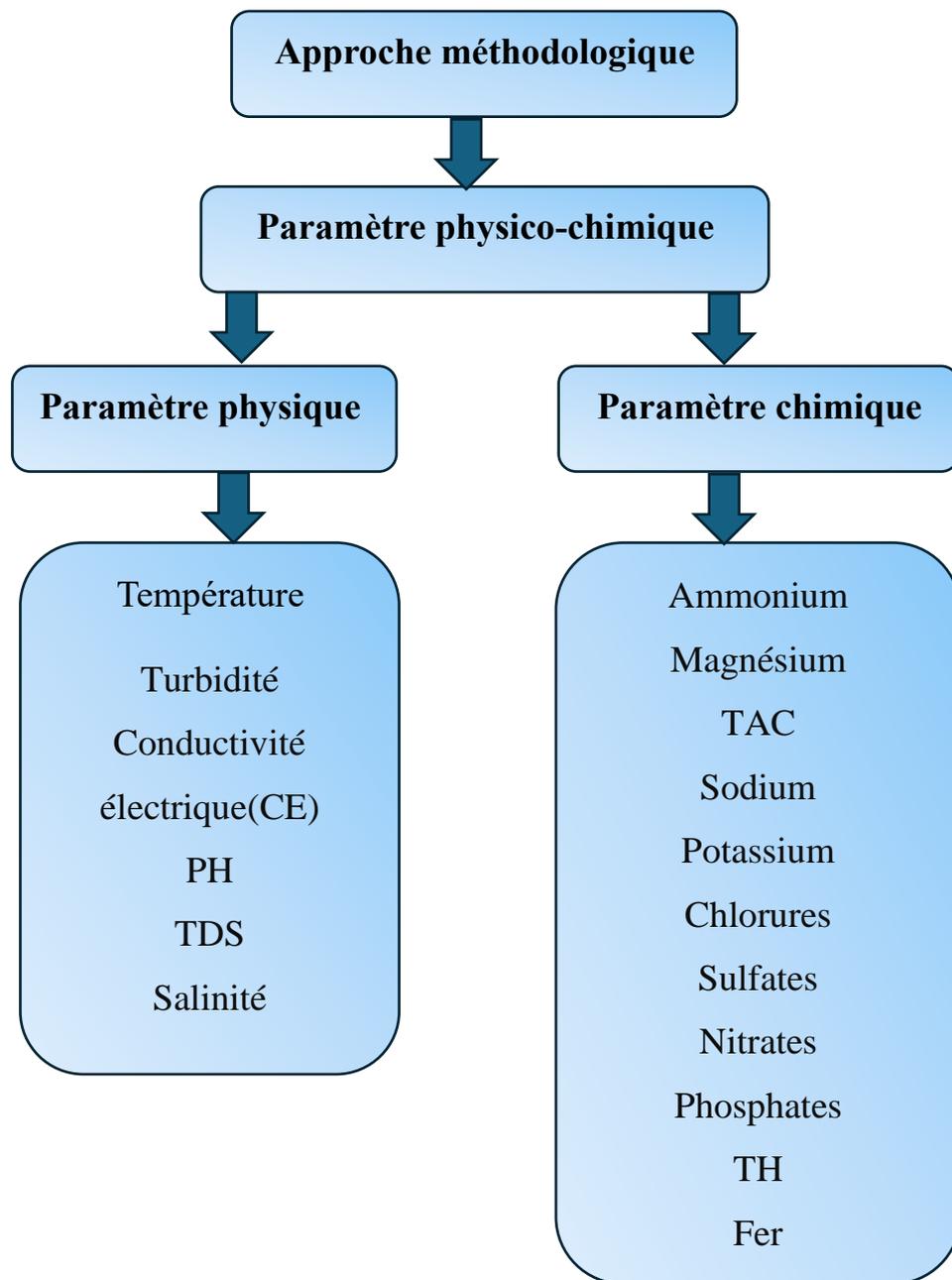


Figure 10 : Approche méthodologique.

II.2. Choix des sites d'étude

- ✚ Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères importants telle que :
 - La présence de l'eau qui est un facteur limitant de toute activité agricole dans la région.
 - La présence de puits à la nappe phréatique
 - L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable.

II.3. Echantillonnage

Le processus de collecte d'échantillons d'eau nécessite une grande prudence, car il influe sur les résultats analytiques et leur interprétation ultérieure. Il est crucial que l'échantillon soit homogène, représentatif et prélevé sans altérer les propriétés physico-chimiques de l'eau, comme les gaz dissous ou les matières en suspension. Étant donné que le préleveur est souvent distinct de l'analyste, il est primordial qu'il possède une connaissance précise des conditions d'échantillonnage et de leur impact sur la qualité des résultats analytiques (Imken, 2015).

Pour cette étude, des échantillons d'eau de puits ont été collectés dans diverses communes de la wilaya de Ghardaïa, en total de 10 puis de prélèvements. Ils ont été prélevés en Mars à Avril 2024 dans le but d'effectuer des analyses physico-chimiques au laboratoire de l'ADE de Ghardaïa. Selon les conditions :

- Matériel de prélèvement,
- Mode de prélèvement,
- Transport,
- Conservation, et l'étiquetage des échantillons.

II.3.1. Zone d'échantillonnage

Nous avons sélectionné 10 points d'eau pour la réalisation de ce travail dans des zones agricoles selon l'accessibilité de travail à ces zones dans la wilaya de Ghardaïa à l'aide d'un GPS, pour localiser les points d'eau retenus (Tab II, Fig.11).

Tableau II : Localisation des points de prélèvement des puits dans la wilaya.

| N° de puit | Commune | Nom | Cordonnées géographique | |
|------------|----------|-------------------------------|-------------------------|-----------|
| | | | Nord | Est |
| 01 | Ghardaia | Oued Nimel | 32°30'20" | 03°40'49" |
| 02 | Ghardaia | Laadira | 32°36'17" | 03°43'51" |
| 03 | Daia | Djdra Omer | 32°32'00" | 03°36'45" |
| 04 | Metlili | BenArab (Fouinice) | 32°17'29" | 03°36'13" |
| 05 | Metlili | Djafer Ali | 32°15'59" | 03°36'45" |
| 06 | Metlili | Tarach Taher | 32°16'47" | 03°36'10" |
| 07 | Sebseb | Laaour Mohammed (Argoub) | 32°10'47" | 03°34'58" |
| 08 | Sebseb | Laaour Aberrahmen (Argoub) | 32°09'32" | 03°35'58" |
| 09 | Sebseb | Ghazel | 32°08'49" | 03°34'53" |
| 10 | Berriane | Babaouaissa(Soudane) | 32°49'57" | 03°46'50" |

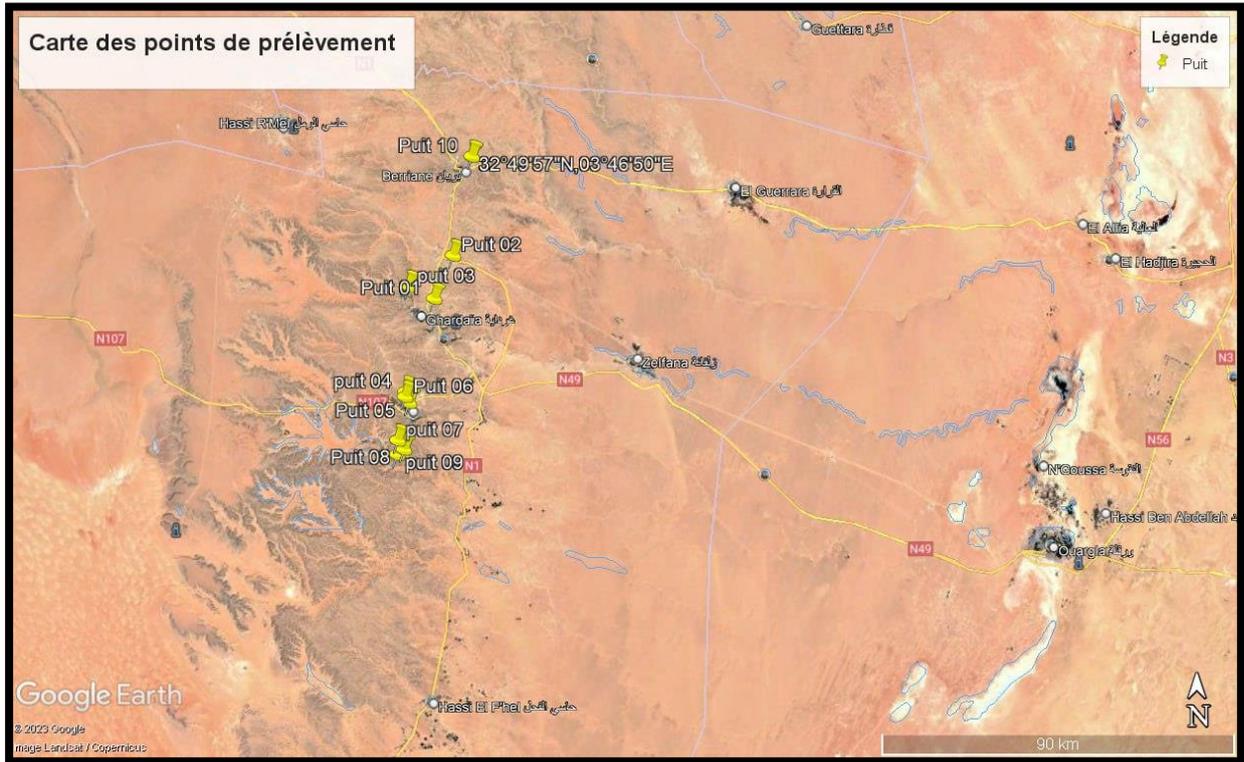


Figure 11 : Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux souterraines au niveau de wilaya de Ghardaïa

Les analyses physico-chimiques sont effectuées au niveau du laboratoire de l’A.D. E, unité de Ghardaïa.

II.3.2. Technique de prélèvement

Les échantillons des eaux sont mis dans des bouteilles d’eaux et étiquetés et transportés au laboratoire dans un délai court, ne dépassant pas 24 heures au maximum, selon les indications de RODIER, (2005): Ouvrir le robinet et rincer le flacon trois fois avec l’eau de robinet et placer le flacon sous le jet d’eau pour le remplir

II.3.3. Transport et conservation des échantillons

Les échantillons sont placés dans des glacières et envoyés rapidement au laboratoire. La conservation des échantillons est une étape cruciale visant à préserver leur intégrité depuis leur prélèvement jusqu’à leur analyse en laboratoire. Cette étape est indispensable car différents facteurs peuvent altérer les paramètres physiques ou provoquer des réactions chimiques dans le contenant, ce qui pourrait compromettre la qualité initiale de l’échantillon. Afin d’assurer que

les analyses reflètent fidèlement les conditions réelles de l'eau, il est nécessaire d'effectuer une conservation physique ou chimique des échantillons (Hébert 2000).

II.4. Paramètre physique

II.4.1. PH

La mesure du pH a été faite à l'aide d'un pH mètre.

➤ Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (ISO, 1984).

II.4.2. Conductivité électrique, température, salinité et TDS

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu S/cm$.

➤ Principe

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles. (Manuel des analyses, ADE)

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm.

La résistivité électrique en ohms-cm est

$$P = R \frac{S}{1}$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{S}$$

1/S : Est appelé constante de l'élément de mesure (ISO, 1984).

II.4.3. Turbidité

La mesure de la turbidité a été faite à l'aide d'un turbidimètre.

➤ Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'oeil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (ISO, 1984).

II.5. Paramètres chimiques

II.5 .1. Dosages des anions

II.5.1.1 - Calcium et magnésium

Titrimétrie à l'EDTA.

➤ **Principe**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tetraacétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur.

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair (ISO, 1984).

II.5.1.2 - TH (titre hydrométrie)

Titrimétrie à l'EDTA.

➤ **Principe**

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tetraacétique (EDTA) à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur (ISO, 1984).

II.5.1.3 - Sodium et potassium

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme.

➤ **Principe**

Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du sodium et du potassium présents

dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589.0 nm pour le sodium et de 766.5 nm pour le potassium (ISO, 1993).

II.5.1.4 - Ammonium

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

➤ **Principe**

Mesure spectrométrique, du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium) (ISO, 1986).

II.5.1.5 - Fer

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

➤ **Principe**

Addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe-rouge-orange à une longueur d'onde d'environ 510 nm (ISO, 1989).

II.5.2 Dosages des anions

II.5.2.1-Nitrates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

➤ **Principe**

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans un photomètre UV 440 µm avec le réactif sulfopérique (ISO, 1986).

II.5.2.2-TAC (titre alcalimétrique complet)

Le dosage de TAC est effectué par titrimétrie.

➤ **Principe**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (Rodier, 2005).

II.5.2.3-Chlorures

Le dosage des chlorures est effectué par titrimétrie.

➤ **Principe**

Le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge de chromate d'argent (ISO, 1989).

II.6. Outils d'analyse des données

Afin de caractériser les eaux phréatiques des puits échantillonnés, nous avons suivi les normes internationales de l'OMS et les normes algériennes de qualité des eaux potables (Annexe I).

Chapitre III :
Résultats et
Discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

Notre objectif consiste à évaluer la qualité physico-chimique des eaux souterraines brutes des zones agricoles dans quelque communes de la wilaya de Ghardaia. A cours de cette partie, nous allons présenter nos principaux résultats obtenus tout en les comparants avec les normes algériennes et celles de l’OMS.

III.1. Paramètres physiques

III.1.1. Potentiel d’Hydrogène PH :

La valeur de pH de l’eau affecte les propriétés physiques, chimique et bactériologique. L’eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des systèmes de plomberie, augmenter leur biodisponibilité et modifier leur toxicité. Cependant, les changements de toxicité causées par les changements de pH sont spécifiques a chaque métal et a chaque organismes (CFPTEP, 2015).

Dans le cas des eaux des zones agricoles analysées de notre région d’étude les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables. Elles varient entre 7,20 au niveau de puit de Ghazel à Sebseb et 8,04 au puit de Djafer Ali à Metlili (fig 12). On observe que les puits respectent les normes algériennes, qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 9. Les résultats de ce paramètre a mis en évidence que la qualité de l’eau au niveau de la région d’étude est bien en termes de ph.

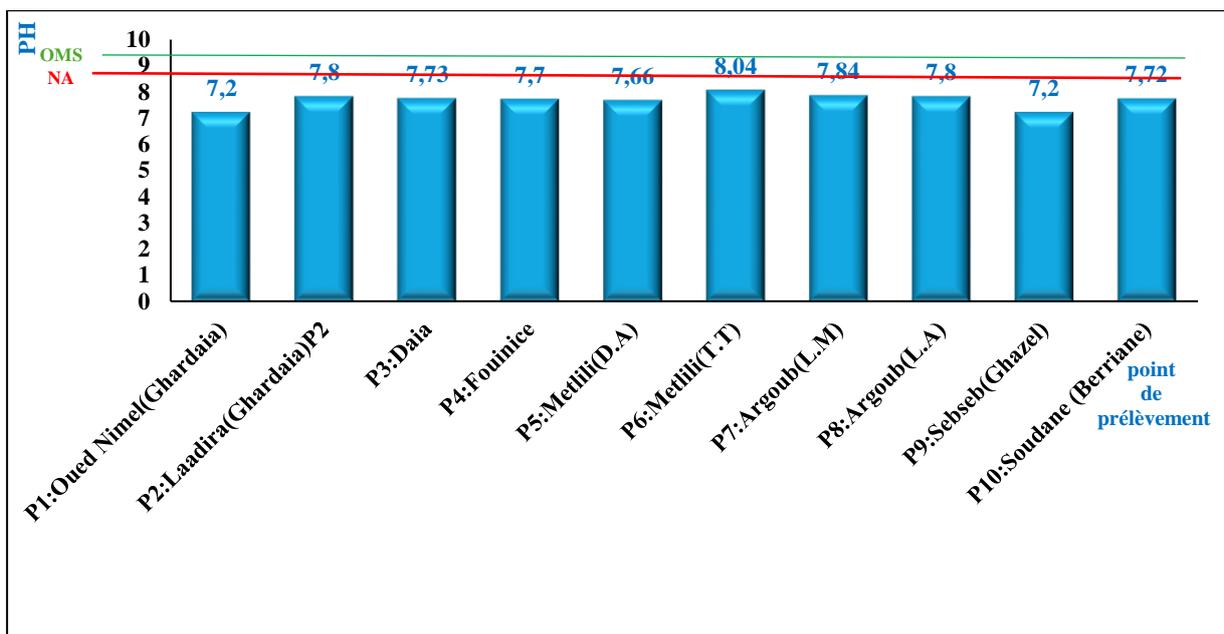


Figure12 : Variation de la teneur de PH des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia.

III.1.2. Turbidité :

La réduction de la transparence des eaux par la présence de matières non dissoutes (Ruban, 2008).

Les normes édictées par la réglementation OMS montrent que la valeur de la turbidité doit être inférieure à 5 NTU (Nouayti, 2015). Nous remarquons que, pour l'ensemble des quatre sites d'étude à différents puits de prélèvement, que la turbidité ne dépasse pas le 2 NTU (fig. 13).

Comparativement aux normes de L'OMS, ces eaux sont conformes aux normes de potabilité. Et généralement sont claires et limpides.

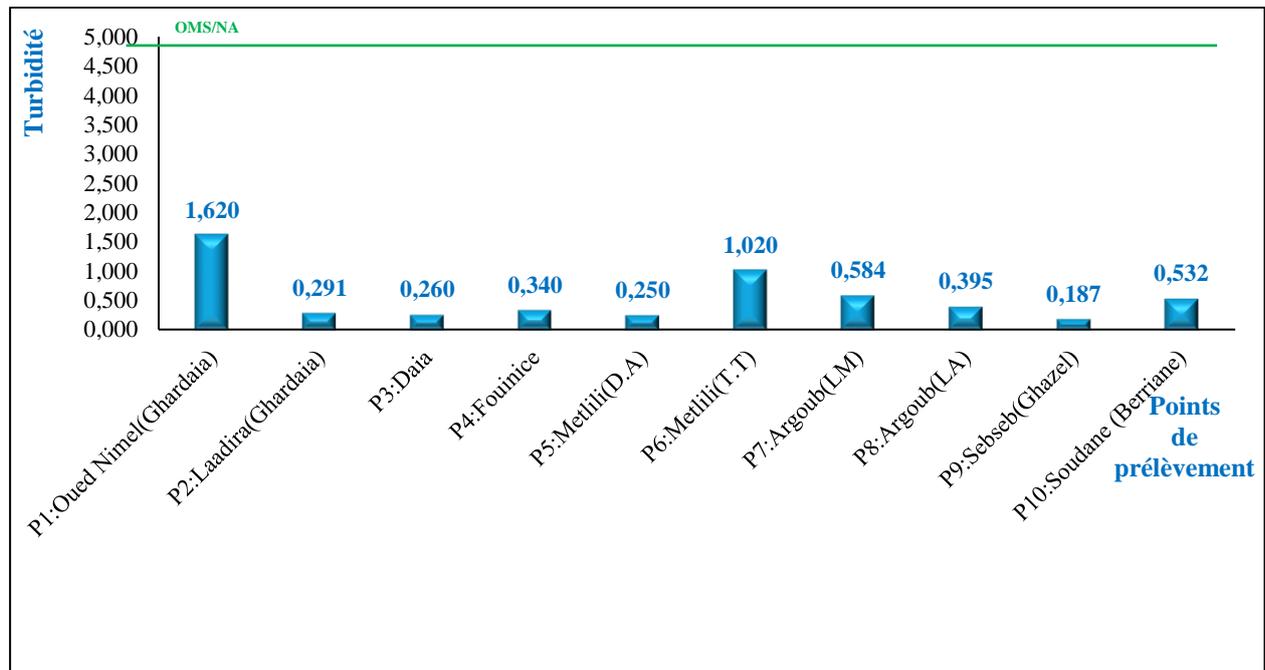


Figure13 : Variation de la teneur de la turbidité des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia.

III.1.3. La conductivité électrique CE

La conductivité électrique fait référence à la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes (N. Nouayti .2015)

Les résultats obtenus montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans les zones agricoles étudiées est généralement dans les normes elles varient entre (566 à 885 $\mu\text{S}/\text{cm}$). (Fig14)

Par contre au puit de Ghazel à Sebseb(P9) qui est représentée par 1436 $\mu\text{S}/\text{cm}$, qui dépasse les limites des normes de l'OMS mais il est répandu aux normes algériennes.

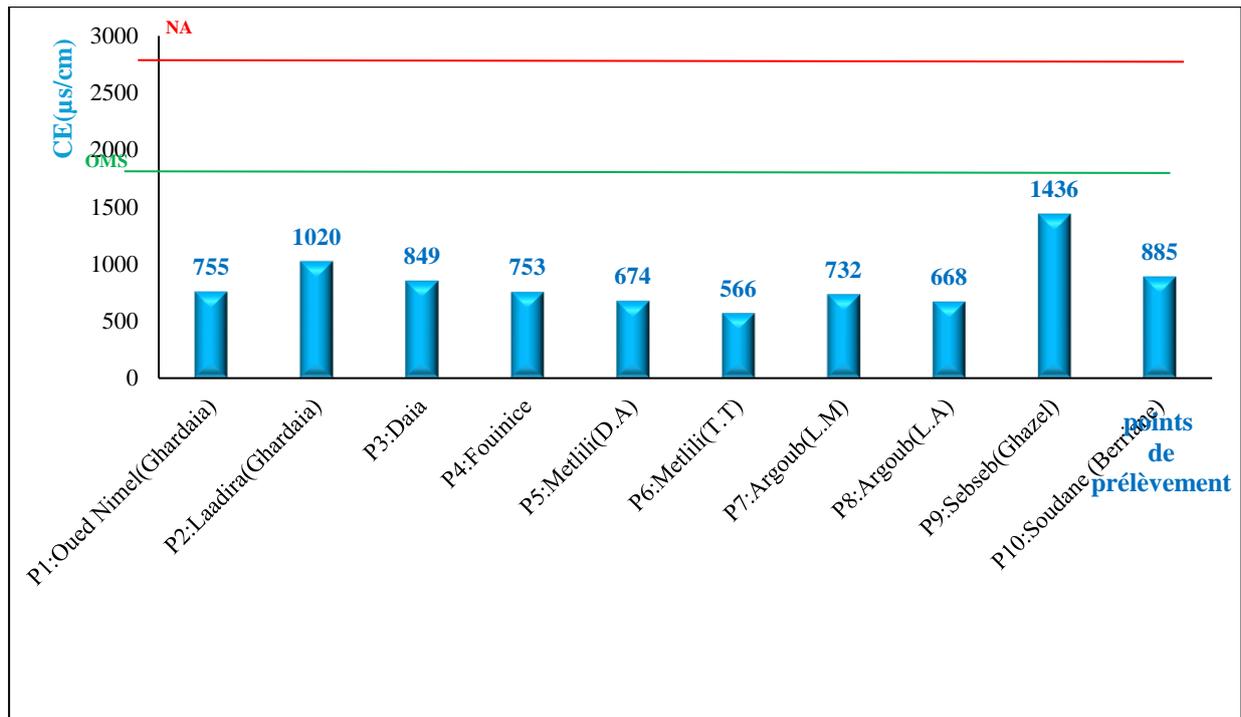


Figure14 : Variation de la teneur de Conductivité électrique des eaux de souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaïa.

III.1.4. Sels Totaux Dissous TDS

TDS exprime la dissolution des sels dans les eaux, (N. Nouayti, 2015). On remarque selon les résultats obtenu de notre travail que les valeurs de TDS varient entre 288 mg/l comme une valeur minimale à 802 mg/l comme une valeur maximal. Tous les puits ont conforme aux normes édictées par la réglementation de l'OMS qui est estimé par 1000 mg/l , la valeur maximale a été enregistré au (P9) estimé par (802 mg/l) et la valeur minimale pour (P6) estimé par 288 mg/l . (Fig15)

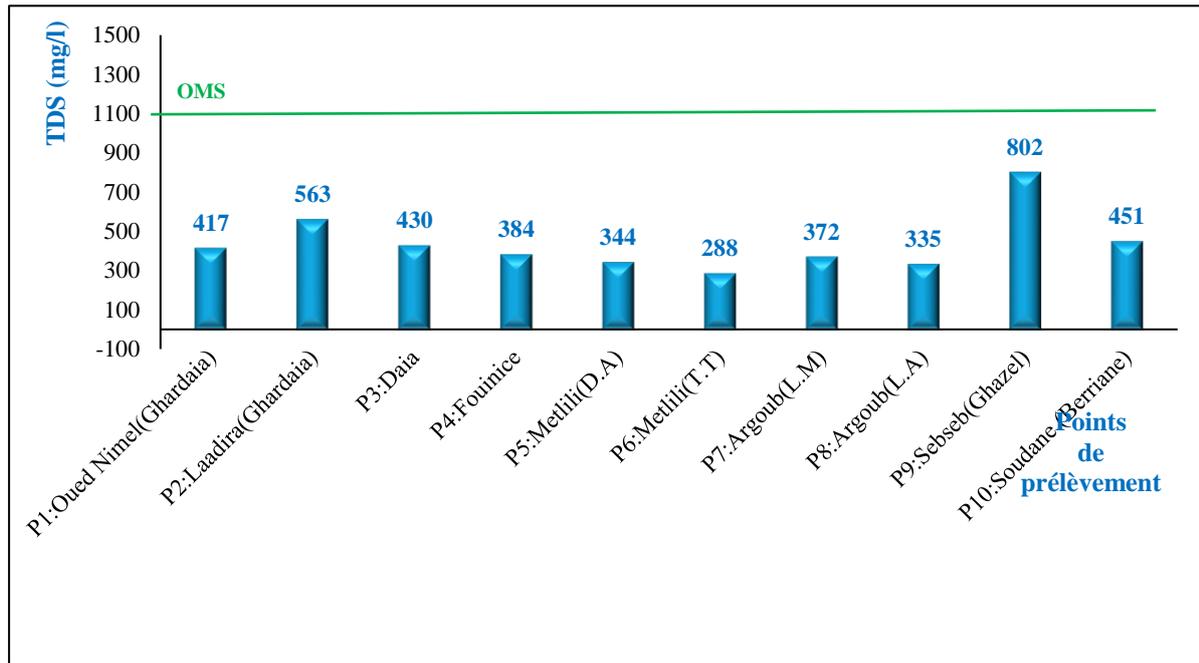


Figure 15 : Variation de la teneur de TDS des eaux souterraines des zones agricoles de quelques communes de la wilaya de Ghardaia.

III.2. Paramètres chimiques

III.2.1. Calcium

Le calcium est généralement considéré comme l'élément dominant de l'eau potable ; c'est un composant majeur de la dureté de l'eau (Ayad, 2016). Selon les directives de l'OMS en matière de potabilité des eaux, le calcium doit avoir une teneur inférieure à 200 mg/l dans les eaux destinées à la consommation humaine. (Ruban, 2008).

Dans nos points de prélèvements les résultats obtenus sont compris entre 62 mg/l (P6) à Metlili et 110 mg/l (P2) à Laadaira (Fig. 16). Ces valeurs répondent aux normes édictées par les OMS et les normes algériennes.

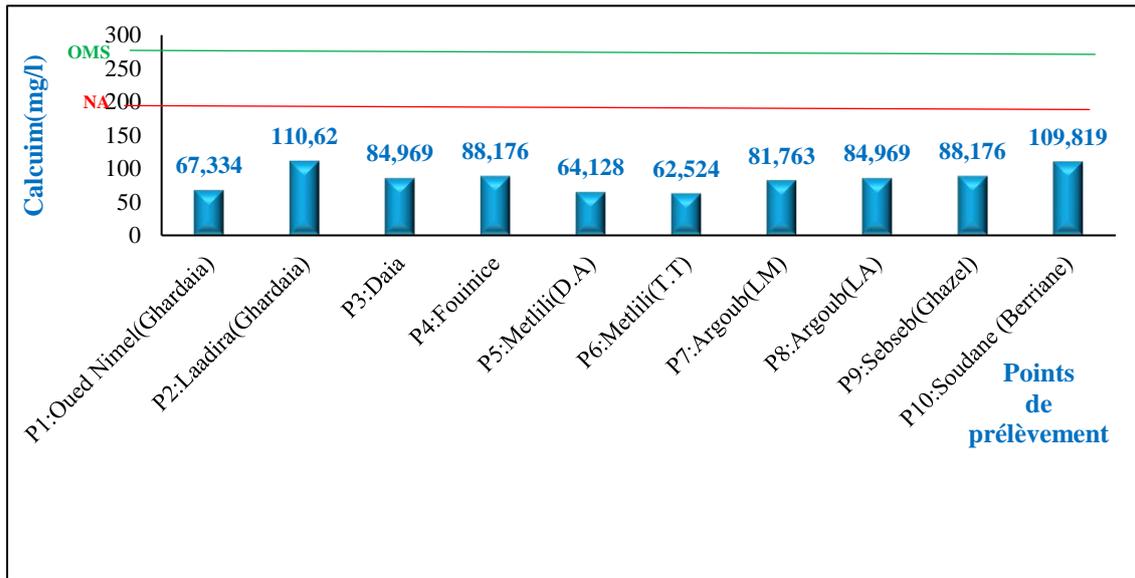


Figure 16: Variation de la teneur de calcium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia.

III.2.2. Magnésium

C'est un élément significatif de la dureté de l'eau, il donne un goût désagréable à l'eau, la majorité des eaux naturelles contiennent généralement une faible quantité de magnésium (Ayad,2016).

Les teneurs en magnésium pour les eaux analysées dans notre zones d'étude variaient entre 29.16(mg/l) qui est mentionné dans (P1) de Oued Nimef à Ghardaia et 114.21 mg/L qui est mentionné dans (P10) de Soudane à Berriane (Fig. 17), ces valeurs sont inférieures à la concentration maximale des normes algériennes et de L'OMS qui est 200 mg/L on peut dire que les eaux des puits étudiés sont des eaux potable revient à leur conformité avec les normes algériennes et les normes de OMS en terme de magnésium.

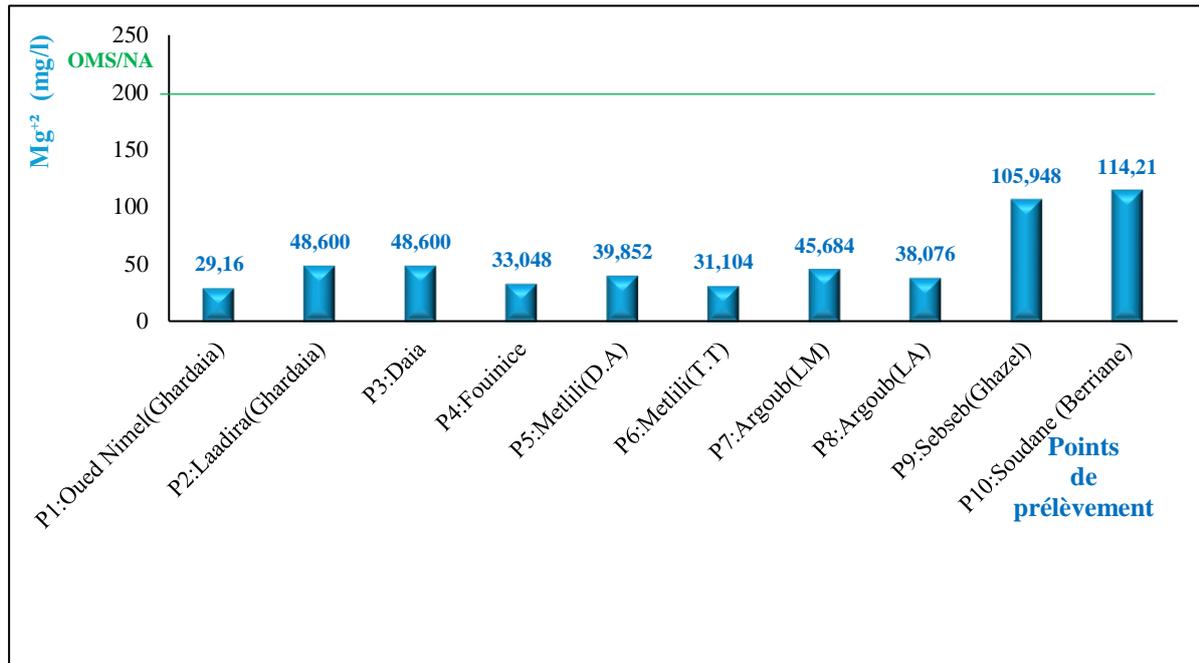


Figure 17: Variation de la teneur de Magnésium des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya de Ghardaia

III.2.3. Sodium

Le sodium est toujours présent dans les eaux naturelles en proportions très variables ; il provient principalement de la filtration des formations riches en NaCl (Benslimane, 2017).

Selon les directives de l’OMS les normes algériennes en matière de potabilité des eaux, le sodium dans les eaux destinées à la consommation humaine est 200 mg/L. La concentration de sodium mesurée dans les puits de sites d’étude de la région de Ghardaia est varié entre (26.36 mg/L à 65.71mg/L) (Fig 18), Les résultats montrent que tous les puits de prélèvement ont conforme aux normes approuvées par OMS et les normes algériennes.

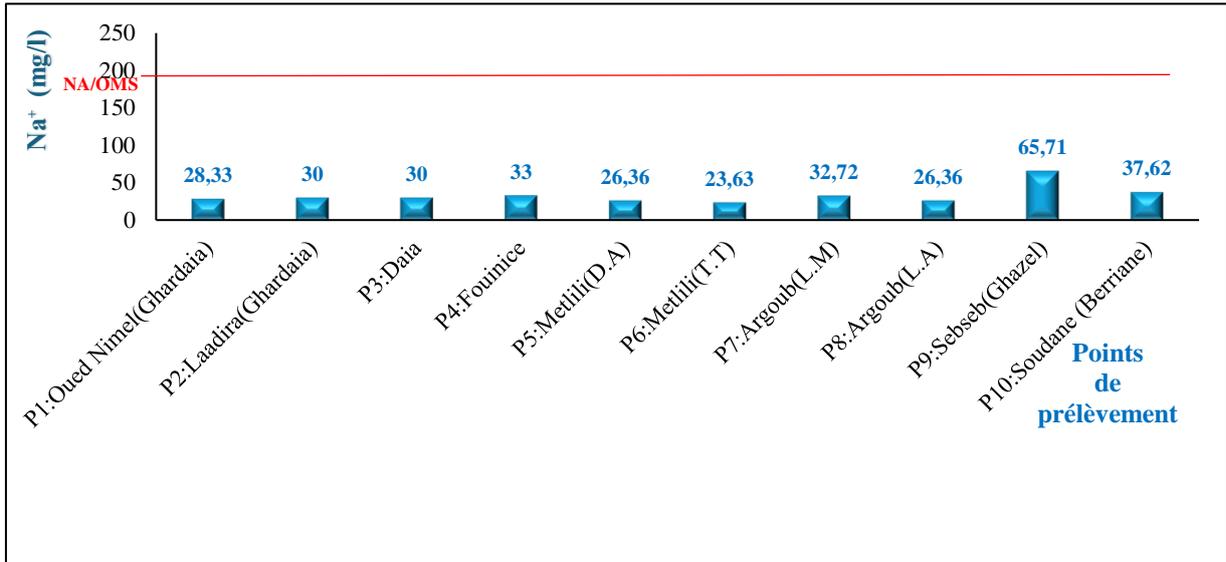


Figure 18 : Variation de la teneur de sodium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

III.2.4. Potassium

Le potassium se trouve à des concentrations plus faibles dans l'eau par rapport aux autres éléments (Zidi, 2021). Les normes édictées par les normes algériennes en matière de potabilité de l'eau recommandent une concentration de potassium qui est inférieur à 15 mg/L.

Les résultats obtenus lors des analyses de notre échantillons d'eau de la région d'étude varient entre 3,84 mg/L au (P9) à Sebseb et 17 mg/L au (P10) à Berriane. (Fig19) Les résultats montrent que la majorité des puits respectaient les normes approuvés, à l'exception puit de Babaouaissa (SOUDAN) en Berriane dépassée les normes algériennes par une valeur estimé par (17 mg/L), les concentrations plus élevées sont liées à l'interaction de l'eau avec les roches cristallines, les évaporites et les argiles (Touhari, 2015), ce qui indique que ces eaux sont de mauvaises qualité en terme de potassium et leurs consommation peut provoquer des effets négatifs pouvant se manifestés par une sécrétion accrue de l'aldostérone.

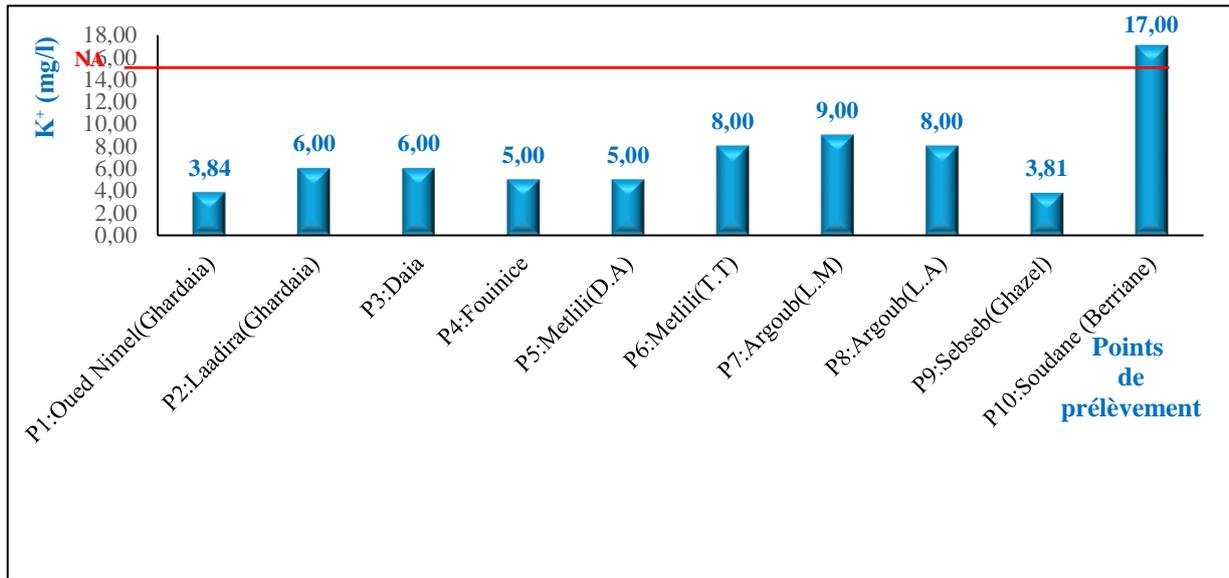


Figure19 : Variation de la teneur de Potassium des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

III.2.5. Chlorures

Les chlorures sont des ions inorganiques importants présents à des concentrations variables dans les eaux naturelles (Nouayti, 2015).

Selon les normes algériennes, la norme des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine est 500 mg/L.

La concentration du chlorure pour les différents eaux prélevées varie entre 35.45 mg/l (P6) à Metlili jusqu'à 265.9 mg/l (P10) à Berriane (Fig. 20). Le puits de Babaouaissa (SOUDAN) en Berriane présente des niveaux élevés de chlorure, peut-être en raison des activités humaines. La principale raison de leur liaison est la nature des terrains traversés. Selon HUMBERT et POMMIER (1988) et TARIK (2005), les eaux contenant une quantité excessive de chlorures sont laxatives et corrosives. Les concentrations dans les eaux naturelles peuvent varier en zones arides après le lessivage superficiel en cas de fortes précipitations. Selon DIB (2009), elles peuvent être causées par une contamination par les eaux usées.

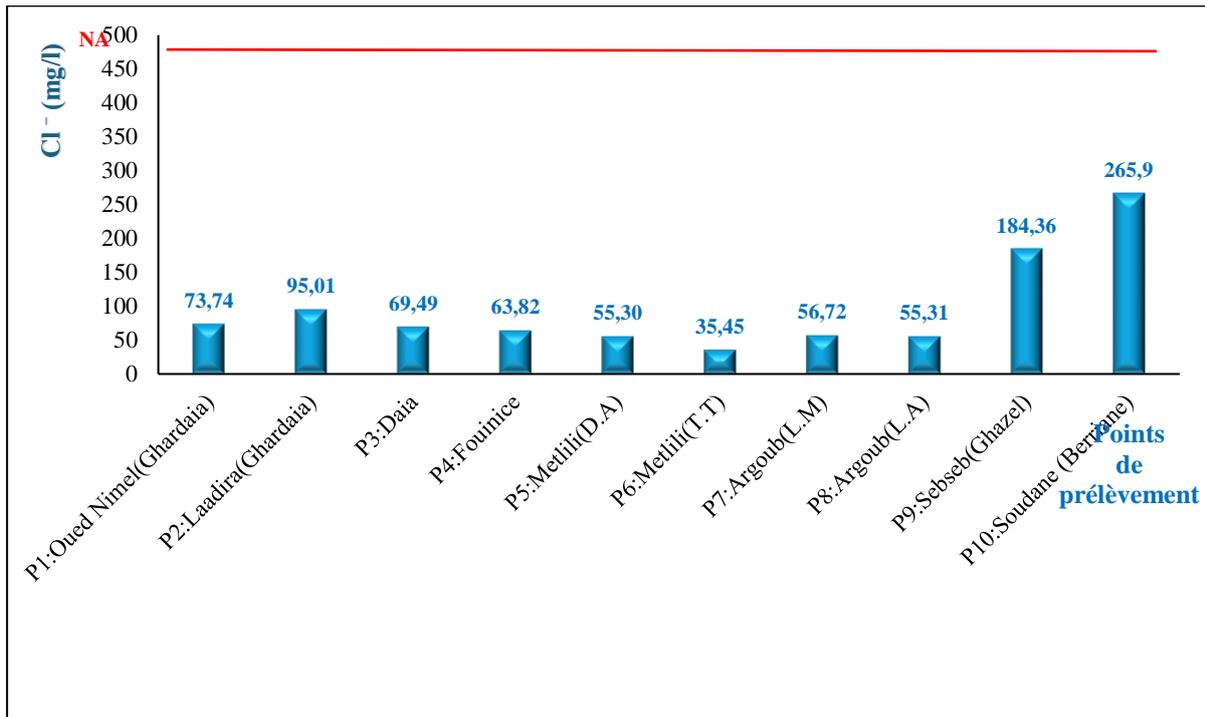


Figure 20: Variation de la teneur de chlorure des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

III.2.6. Nitrates

L'ion nitrate est l'ion polyatomique de formule chimique (NO_3^-). En chimie, le nitrate est un composé associant cet anion à un ou plusieurs cations. Autrement dit, c'est un sel ou un ester de l'acide nitrique. En minéralogie, les nitrates sont des minéraux dont la composition chimique est celle d'un nitrate.

Le suivi des teneurs en nitrates a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans le graphe présenté dans (la figure 21), et qui oscillent entre une teneur maximale de 83,92 mg/l enregistrée au puit de Tarach Taher à Metlili, une valeur minimale de 3,16 mg/l au puit de Djafer Ali à Metlili (Fig.21)

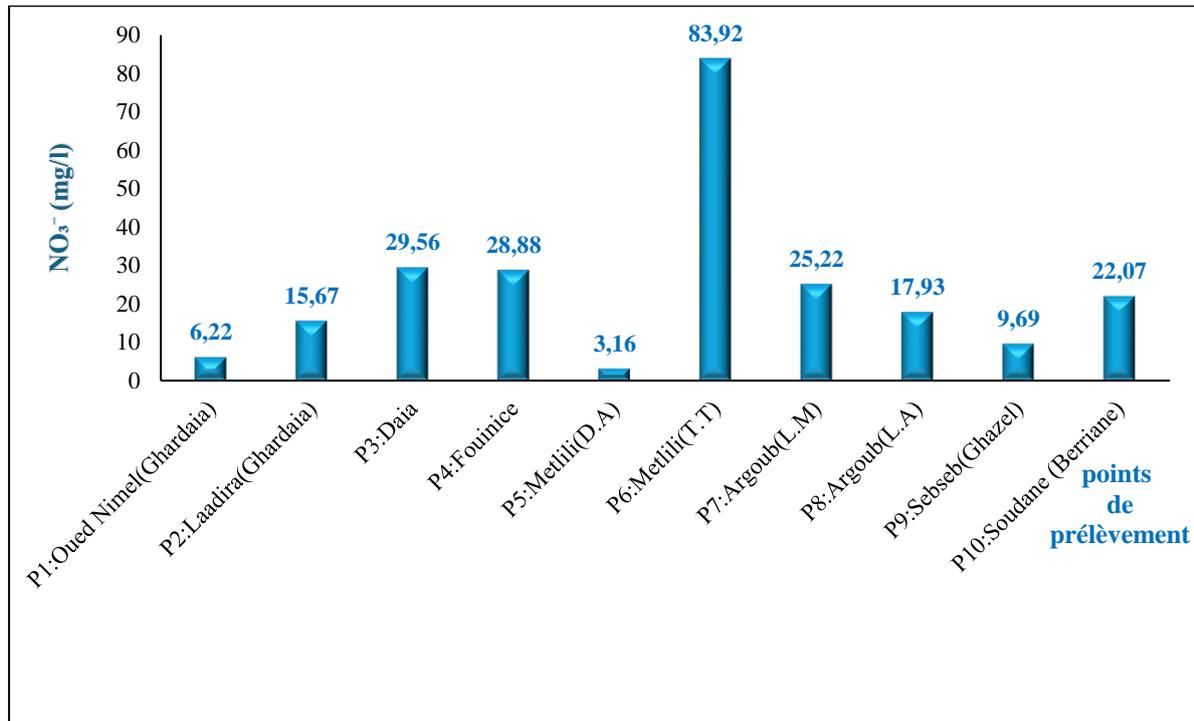


Figure 21: Variation de la teneur de Nitrate des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

Selon la réglementation OMS sur la potabilité de l'eau, il est recommandé d'avoir une concentration de nitrates inférieure à 50mg/L. La teneur en nitrates dans la région étudiée varie de 3.16mg/L à 83.92 mg/L, ce qui suggère que les puits sont potables. Cependant, le puits de Tarach Tahar (Metlili) présente une valeur de 83.92 mg/L, qui dépasse la norme de l'OMS et algérienne. Cela suggère que ces eaux sont imbuables et peuvent causer une méthémoglobinémie chez les nourrissons en cas de consommation prolongée. Cette augmentation des concentrations des eaux en nitrates peut être associée à l'utilisation intensive des engrais chimiques ou par les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles ou d'origine naturelle (Benslimane ,2017).

III.2.7. Ammonium

Les normes édictées par la réglementation OMS et algérienne en matière de potabilité de l'eau recommandent une concentration d'Ammonium qui est inférieure à 0.5mg/l.

La concentration d'ammonium varie entre 0,01 mg/l à 0.06 mg/l, on peut dire que les teneurs en ammonium pour les eaux étudiées au niveau des différents sites d'étude conviennent aux normes approuvées et ces eaux sont potables vis-à-vis l'Ammonium. (Fig 22)

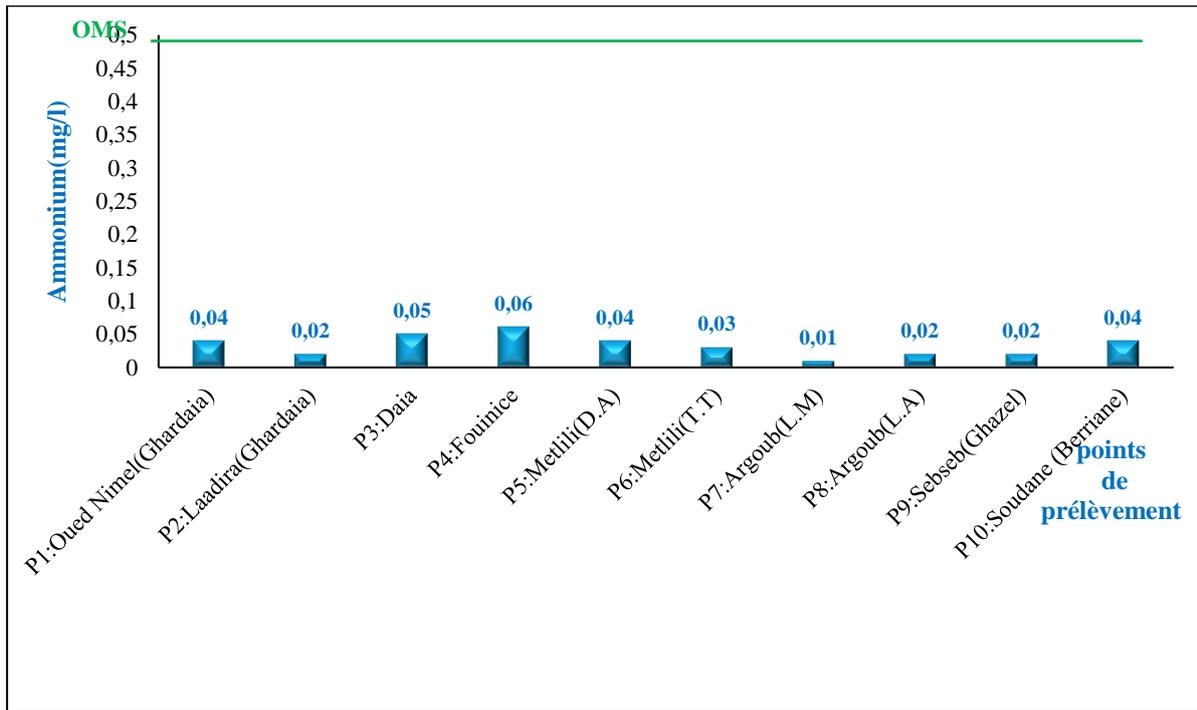


Figure22: Variation de la teneur d'Ammonium des eaux souterraines des Zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

III.2.8. Fer

Selon les directives de l'OMS et algérienne, la norme de fer dans les eaux destinées à la consommation humaine est 0.3 mg/l .

La concentration de Fer mesurée dans les puits de notre région varie entre 00 mg/l et 0.16 mg/l . Les résultats montrent que tous les puits ne dépassent pas les normes approuvées (Fig23).

Donc ce sont des puits conformes aux normes de l'OMS et normes algériennes et accicible à la consommation humaine en termes de Fer.

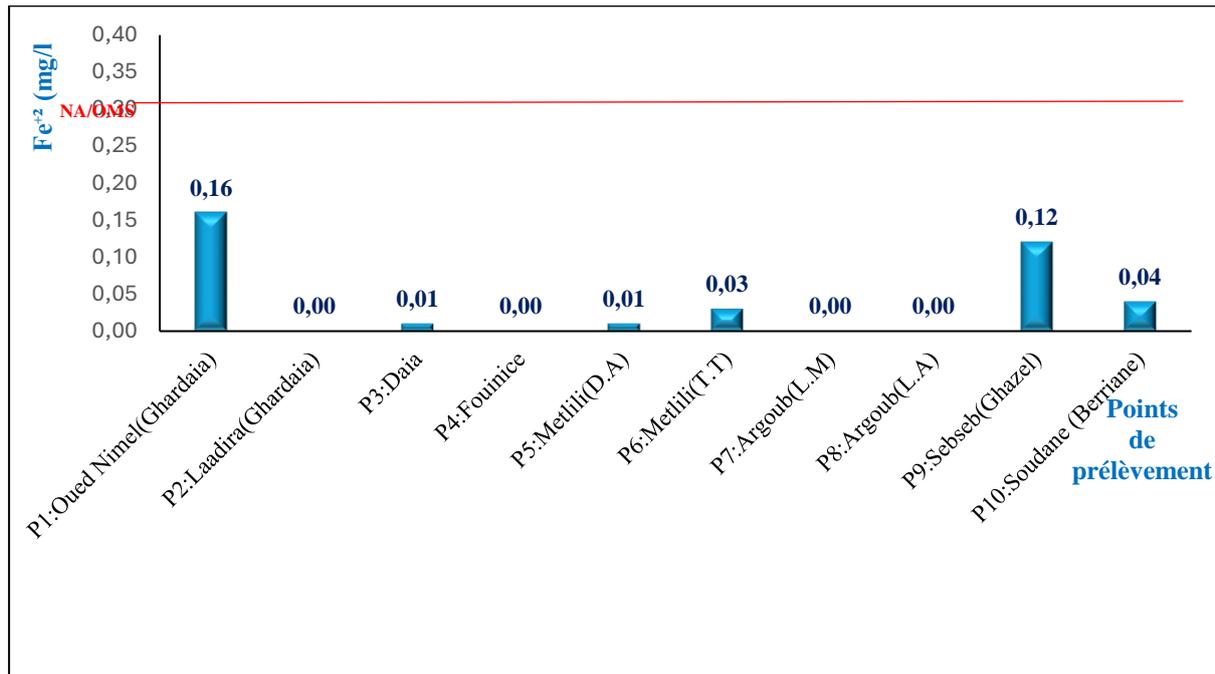


Figure 23 : Variation de la teneur de fer des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia.

III.2.9. Phosphore

La concentration de phosphore varie entre 00mg/l à 0.26 mg/l , on peut dire que les eaux des puits analysés sont acceptables pour la consommation humaine en terme de phosphore (Fig 24) selon la comparaison avec les normes algériennes qui mentionne la norme de phosphore dans l'eau consommable ne dépasse pas 5 mg/l .

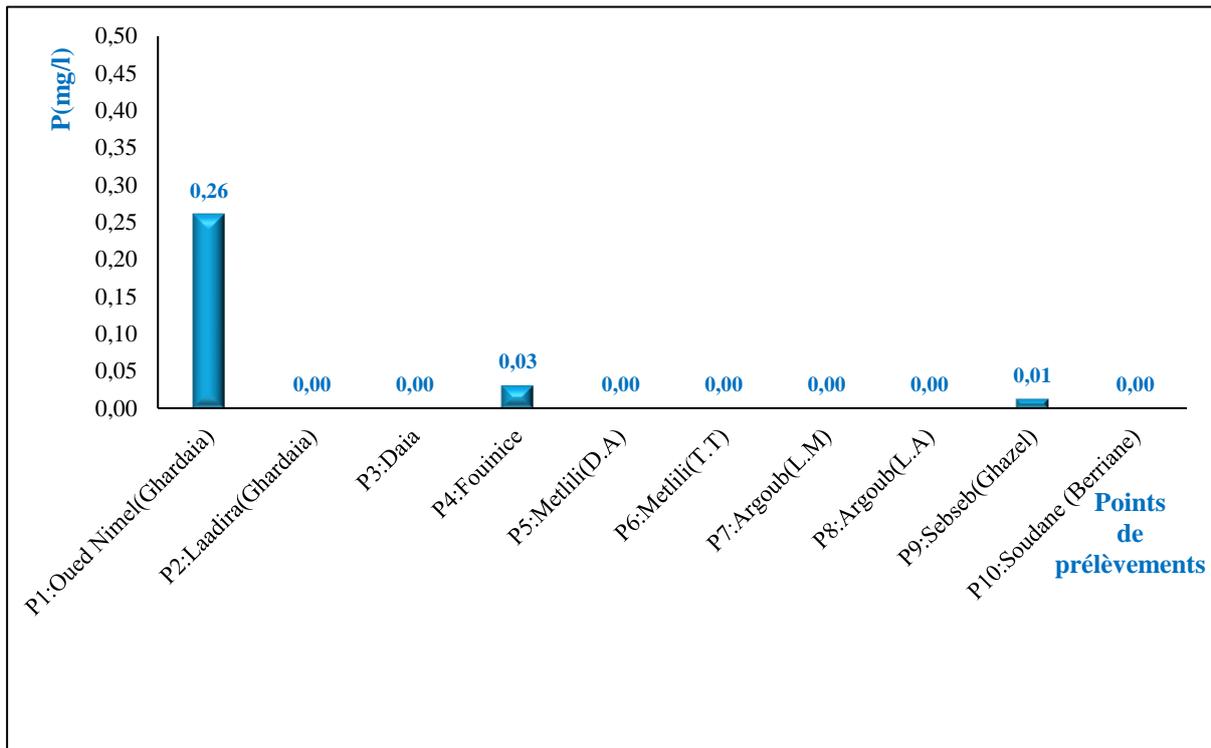


Figure 24 : Variation de la teneur de phosphore des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

III.2.10. Titre hydrométrique (TH) :

Les normes édictées par la réglementation de l'OMS en matière de potabilité de l'eau recommandent une concentration de TH qui est inférieure à 200 *mg/l*. (Nouayti, 2015).

Selon la figure 25 on remarque que les valeurs obtenues de la dureté totale varie entre 284 *mg/l* à 744 *mg/l*

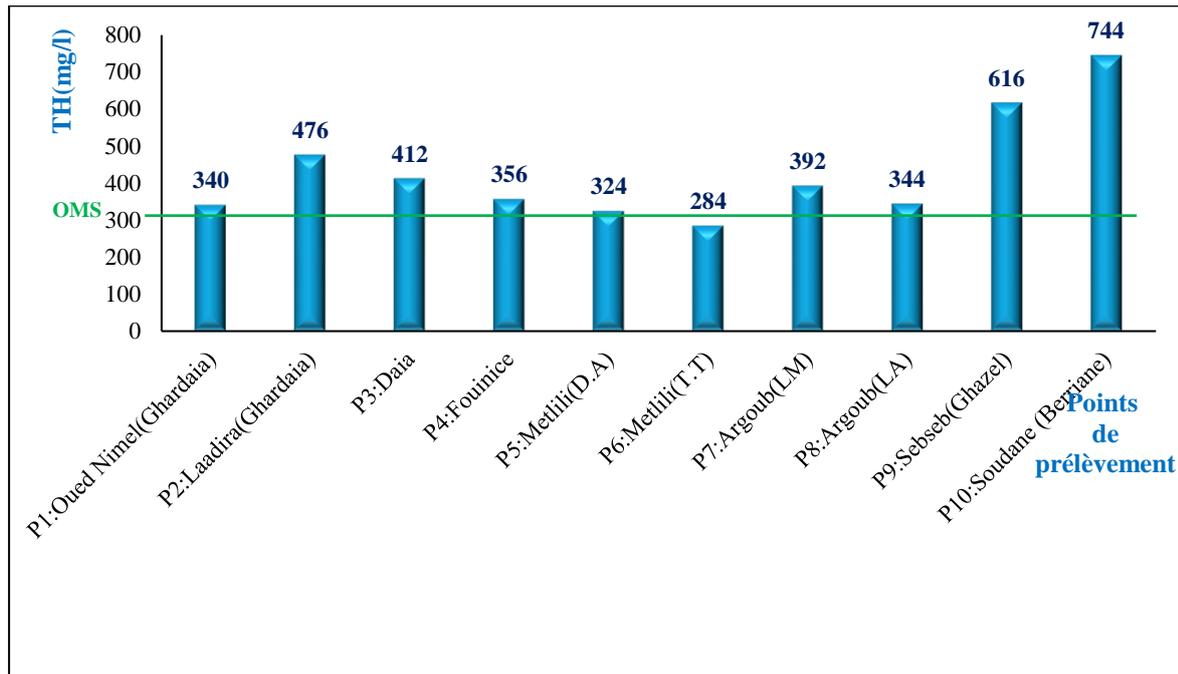


Figure 25 : Variation de la teneur TH des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

Tous les puits d'eau analysés ont une valeur de TH élevée ils sont très durs, ce qui explique leurs valeurs supérieures à la norme maximale admissible par l'OMS, alors que la consommation de ces eaux pourrait se traduire une augmentation des cas de lithiase urinaire et diverses autres maladies liées à la dureté. Les eaux issues de terrains calcaires ou principalement de terrains gypseux peuvent être responsables de cette augmentation, car elles peuvent présenter des duretés très élevées pouvant atteindre 1g/l (RODIER et *al.*, 2005 ; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés.

III.2.11. Titre alcalimétrique complet TAC

Le titre alcalin complet présente des faibles valeurs selon les normes OMS, il correspond à la teneur en alcalin libre carbonates, hydroxyle, et hydrogencarbonates ; pour un PH inférieur à 8.3, l'alcalinité entraînée par l'ion CO₃⁻ et OH⁻ est nulle (FIGARELLA et LEYRAL, 2002)

Le titre alcalimétrique complet des eaux souterraines de la région d'étude est bicarbonate avec un pH souvent inférieur à 8.3 (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

Tous les échantillons analysés ont des valeurs de titre alcalimétrique complet inférieur à la norme admissible par l'OMS et les normes algériennes (Fig.26), ce qui indique que ces eaux sont acceptables à la consommation selon les normes de comparaison en termes de titre alcalin complet.

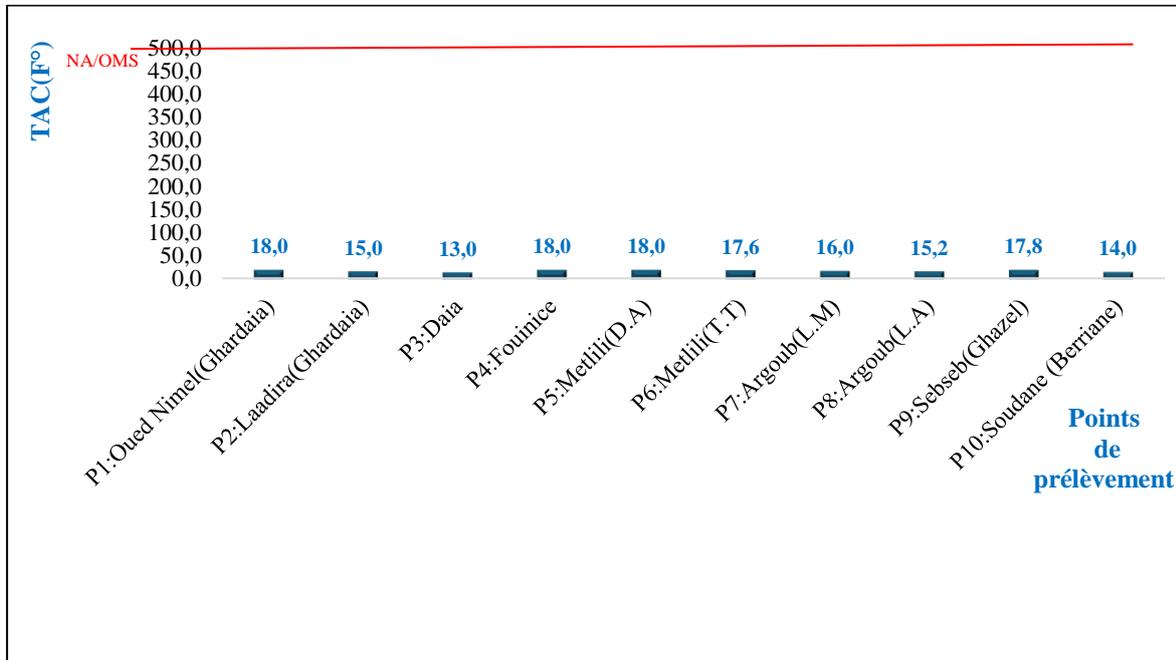


Figure 26: Variation de la teneur TAC des eaux souterraines des zones agricoles dans quelques communes de la wilaya Ghardaia

Conclusion

Notre modeste travail a pour but d'évaluer la qualité physicochimique des eaux souterraines dans les zones agricoles des quelques communes de la wilaya de Ghardaia, ce qui a nous permis d'avoir quelques caractéristiques de ces puits et de nous ramène à faire plusieurs constatations et recommandations.

A cet effet, les résultats des analyses réalisées sur les eaux de dix puits (Oued nimel et Ladiraa à commune de Ghardaia, puit de Djdra Omer à commune de Daia, puits de Founice ; BenArab et de Djafer Ali aux communes de Metlili, puits de Laaour Mohammed et Laouaar Abderrahmen et Ghazel à la commune de Sebseb et puit de Babaouaissa à la commune de Berriane) exploités pour la consommation humaine, nous ont permis d'avoir quelques caractéristiques de ces puits :

Toutes les eaux des puits analysées sont caractérisées par un pH neutre ($7,20 \leq \text{pH} \leq 7,80$). Concernant la conductivité électrique tous les puits ont une conductivité ($566 \mu\text{S}/\text{cm}$ à $1436 \mu\text{S}/\text{cm}$) ils ont conformé aux normes Algérienne ($2800 \mu\text{S}/\text{cm}$) et aux normes de OMS ($1000 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Les eaux des puits sont claires et compatibles aux normes de la turbidité qui ne dépasse pas 2 NTU. Concernant les paramètres de pollution (l'ammonium, le phosphate et le fer), tous les puits ne dépassent pas les normes Algériennes ce qui montre l'absence de contamination de ces eaux.

Selon les l'indices d'évaluation de qualité des eaux des échantillons prélevés, l'eau de cette région possède un caractère de bonne à moyenne qualité des eaux mais toujours besoin des évaluations et des analyses annuelles pour la protection de la santé de leur consommateur vis-à-vis aux changements anthropiques ils ont reste toujours dans le cadre menacé par la pollution.

Il est important de prendre en compte le risque d'essor de certains composés dans l'eau potable, qui pourraient causer des problèmes de santé chez l'homme, comme par exemple : Les nitrates peuvent causer une méthémoglobine en se transformant dans l'organisme en nitrites, tandis que le potassium peut pénétrer dans le cœur et le système nerveux central.

Les recommandations ci-dessous visent à éclairer certains problèmes qui ont été observés :

- ◆ Le drainage de sol, peut être utilisé pour modifier le sol et le rendre moins lourds en minéraux et plus perméable de sorte que l'eau ne gèle pas au niveau de la racine et le protéger contre l'asphyxie et prévenir la mort des plantes.
- ◆ Optimiser l'utilisation des eaux souterraines et sensibiliser les agriculteurs à améliorer leurs pratiques agricoles.
- ◆ Il faut aussi menant des campagnes de sensibilisation en matière de préservation et de protection des eaux souterraines utilisées en irrigation agricole.

Et comme des perspectives à notre modeste travail nous souhaitons de voir une meilleure version qui accomplir notre travail par l'étude d'un nombre plus vaste des échantillons des différents communes de la région et aussi l'étude des analyses bactériologiques aux ces eaux.

Références

Bibliographie

- **ADE, 2010.** Algérienne des eaux
- **ANRH,2016.** le rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques "secteur de Ghardaïa"
- **A.D.E, 2008.** Algérienne Des Eaux. Analyse physico-chimio-bactérie d'eau.p. 2-55
- **A.D.E, 2022.** Algérienne Des Eaux. Normes de qualité d'eau de boisson. En Zone de Tizi Ouzou
- **Ayad W., M. J. J. o. M. Kahoul, and E. Science,** "Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (NE-Algérie) [Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (NE-Algeria 2016)
- **BENSEMAOUNE Y. (2008).** Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale:(S.A.G.E.) - cas de la région de Ghardaïa- Mém. de Magister en agronomie Saharienne. U.K.M.–Ouargla, 33p.
- **BENSLAMA A., 2021.** Qualité des eaux d'irrigation et salinisation des sols dans une palmeraie dans la région de Ghardaïa – cas de Zelfana. Thèse de doctorat, université de ghardaïa,144p.
- **Benslimane S. ,2017.** "Etude chimique des eaux naturelles en Algérie (région de Batna)," UB1, 2017.
- **CFPTEP,2015.** Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, <<https://www.canada.ca/content/dam/hcsc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian>-drinking-water-quality-guidelinetechnical-document-ph-fra.pdf>. Consulté le 19/05/2021
- **Chabour, N. (2006).** Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire.
- **COYNE A., 1989.** Le M'Zab Ed. Adolphejourdon, Algérie, 41p.
- **D.P.A.T., 2005** - Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Ghardaïa. Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia
- **D.P.A.T., 2014** - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa
- **D.P.S.B., 2020.** Direction de la programmation et du suivi budgétaires. Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa.

- **DAJOZ R, 1982.** Précis d'écologie. Paris, Bordas
- **FIGARELLA J et LEYRAL G, 2002.** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris
- **HADJ C., 2020.** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique entre eau de puits de Si Abdelghani (Tiaret) et Puits de Daïa (Ghardaïa), Mémoire de Master en Génie chimique, Université Ghardaïa
- **HAMEL I., 2023.**Caractérisation et cartographie des propriétés physicochimiques des sols de la région de Ghardaia (cas de la palmeraie de ZELFANA) Algérie. Thèse de doctorat .181p.
- **Hélène R., 2000.** Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : Exigences et conception d'un suivi adapté. Mémoire de l'Ecole Nationale de Santé publique, France. p81.
- John, P. et Donald, A. (2010) : Microbiologie, 3ème Édition, p1216.
- **Nouayti N.,et D. Khattach, M. J. J. o. M. Hilali, and E. Science,** "Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc)[Assessment of physico-chemical quality of groundwater of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco)]," , 2015.
- **Ouled Ali S.et Nadjem C., 2023.**biologie de la reproduction de tourterelle turque « Streptopelia decaocto » dans la région d'oued Mzab Ghardaia. Mémoire de Master .42p.
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009.** Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod, Paris. 1526p.
- **RODIER, J. ,2005.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer : Chimie, physicochimie, biologie, interprétation des résultats. Paris Dunod.
- **Ruban G., Joannis C., M.-C. Gromaire, J. Bertrand-Krajewski, and G. J. T. S. M. Chebbo,** "Mesurage de la turbidité sur échantillons : application aux eaux résiduaires urbaines, », 2008.
- **Touhari F.,** "Etude de la qualité des eaux de la vallée du Haut Cheliff," Ecole nationale supérieure d'hydraulique-Arbaoui Abdellah Blida, 2015.

- **ZEREG S.**,2019. "Impacts de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines des regions semi-arides. Cas de la région de Tébessa," Université de Batna 2, 2019.
- **Zidi A.and Senoussi M. M.**, "Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux d'oued Méskiana (Oum El Bouaghi) sur les sols de la région de Méskiana," 2021

ANNEXES

Annexe I : Normes des paramètres physico-chimiques de qualité de l'eau potable en Algériennes et des OMS (Rodier et *al*, 2009 ; Jora, 2011)

| Paramètres | Unité de Paramètre | Normes Algérienne | Normes OMS |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| Ph | - | >6.5 et <9 | 6.5 et 9.5 |
| Conductivité | µS/cm | 2800 | 1500 |
| TAC | mg/l | 500 | 500 |
| Dureté | mg/l | 200 | - |
| Phosphore | mg/l | 5 | - |
| Calcium | mg/l | 200 | 270 |
| Magnésium | mg/l | 200 | 200 |
| Sulfate | mg/l | 400 | 250 |
| Sodium | mg/l | 200 | 200 |
| Chlorure | mg/l | 500 | - |
| Fer | mg/l | 0.3 | 0.3 |
| Matière Minérale | g/l | 1500 | 1500 |
| Matière Organique | g/l | 0.834000 | 0.798500 |
| Température | C° | 40.044000 | 43.9900 |



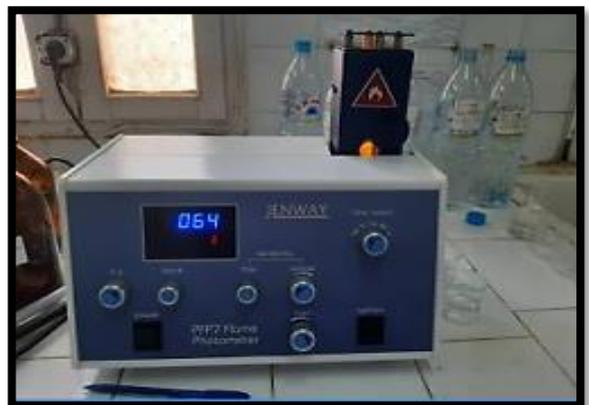
Ph metre



Conductimètre



Turbidimetre



Spectrophotomètre a flamme



Spectrophotomètre DR 6000



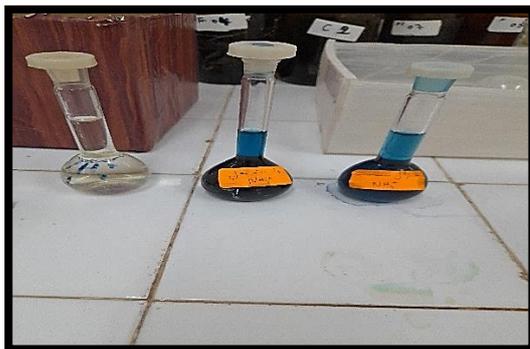
Titration



Les échantillons



Analyse de Ca²⁺



Analyse d'Ammonium



Analyse de Fer



Analyse de nitrat NO₃

La présente étude porte une évaluation sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines des zones agricoles destinées à la consommation humaine dans quelque commune de la -Wilaya de Ghardaïa- à long de deux mois (Mars et Avril 2024), au laboratoire de l'ADE unité de la wilaya de Ghardaïa.

L'étude physicochimique des divers échantillons d'eau met en évidence qu'il existe une différence significative des concentrations en divers éléments soit physique ou chimique par rapport aux normes de l'OMS et les normes algériennes de qualité de l'eau à l'exception de p10 à Berriane qui présente le K^+ par une valeur de (17mg/l) et le Cl^- qui est présent par une valeur estimée par (265,90 mg/l) et le nitrate au P6 à Metlili par une valeur de (83,92mg/l) qui ont dépassé les normes déclarées par l'OMS et les normes algériennes ainsi le TH qui est élevée dans tous les eaux analysées .

Les eaux des huit puits étudiés sont caractérisées par une minéralisation variable qui respecte les normes de l'OMS et les normes algériennes, ce qui les rend propres à la consommation humaine. Alors que les autres puits (P10 à commune de Berriane et P6 aux communes de Metlili) sont caractérisés par une forte minéralisation et dépasse les normes déclarées par l'OMS et les normes algériennes, ce qui les rend impropres à la consommation humaine.

Mots clés : eaux souterraines, qualité, physico-chimique, zones agricoles, Ghardaïa.

تناولت الدراسة الحالية تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية المتواجدة في المناطق الزراعية المخصصة للاستهلاك البشري لبعض البلديات - ولاية غرداية - لمدة شهرين (مارس و افريل 2024), حيث أجريت التحاليل على مستوى مخبر الجزائرية للمياه وحدة غرداية.

تظهر الدراسة الفيزيائية والكيميائية لمختلف عينات المياه التي تم تحليلها انه يوجد تباين ملحوظ في تراكيز العناصر المختلفة سواء الفيزيائية منها او الكيميائية مقارنة بمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية OMS والمعايير الجزائرية لجودة المياه. الا بخصوص (p10) لبريان الذي ظهر بها البوتاسيوم بنسبة (17مغ/ل) والكلور بنسبة(265,90مغ/ل) ونترت في (P6) في بلدية متليلي قدرت ب (83,92م/ل) الذين فاقوا المعايير المصرح بها من OMS والمعايير الجزائرية وكذا TH الذي كان مرتفع في كل عينات الابار المدروسة.

تتميز مياه ينابيع الابار الثمانية المدروسة بتنوع في التمدن ضمن حدود المعايير القابلة للاستهلاك البشري, مما يجعلها صالحة لذلك.بينما يوجد بئرين (P10 في بلدية بريان و P6 في بلدية متليلي) يحتويان على نسبة معادن عالية و خارجة عن معايير مصرح بيها من OMS و المعايير الجزائرية للمياه, مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية : المياه الجوفية، الجودة، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المناطق الزراعية، غرداية.

The present study focuses on the evaluation of physico-chemical quality of groundwater in agricultural areas intended for human consumption in some communes of the Ghardaïa wilaya over a two-month period (March and April 2024), at the ADE laboratory in the Ghardaïa wilaya unit.

The physicochemical study of the various water samples shows that there is a significant difference in the concentrations of various elements, both physical and chemical, compared with WHO standards and Algerian water quality standards, with the exception of (p10) of Berriane, where (K^+) is present at a value of (17mg/l), Cl^- a value estimated (265, 90 mg/l) and nitrate of (P6) in Metlili with a value of (83.92mg/l), which exceeded the standards declared by the WHO and Algerian standards, as well as TH, which was high in all the waters analysed.

The water from the eight wells studied is characterised by variable mineralisation that complies with WHO and Algerian standards, making it suitable for human consumption. The other wells (P10 in the commune of Berriane and P6 in the commune of Metlili), on the other hand, are characterised by high mineralisation and exceed WHO and Algerian standards, making them unsuitable for human consumption.

Key words: groundwater, quality, physico-chemical, agricultural areas, Ghardaïa.