

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique
Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences et Technologies
Département de tronc communs en sciences et technologies



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la Matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Intitulé

Évaluation de la qualité des eaux albiennes de la région de l'oued M'zab à l'aide de l'indice de qualité des eaux

Présenté par :

- **TAHAR IKRAM**
- **SENDJAL CHOUROUK**

Membres du jury :

Daoud monir	MCA	Université de Ghardaia	Président
BABAAMER Zohra	Pr.	Université de Ghardaia	Directrice
Babaarbi ilias	MAA	Université de Ghardaia	Examineur
Moulai kerroumia	MAA	Université de Ghardaia	Examinatrice

Année universitaire 2024 / 2025

Résumé :

Les ressources d'eau d'oued M'Zab sont des eaux souterraines non renouvelables à cause du climat sec de la région. Une compagnie d'échantillons de 18 puits de différents points de l'amont vers l'aval de la vallée d'oued M'Zab. Les analyses physico-chimiques ont été faites en laboratoire (ADE), et l'Indice de Qualité de l'Eau (IQE) a été calculé à l'aide d'un programme Excel basé sur les équations mathématiques internationales et des normes algériennes. Les résultats montrent que l'eau de la région est globalement de bonne qualité avec un IQE moyen de 48,06, 62 % des puits en eaux de bonne qualité et 38 % en eau de mauvaise qualité. Les bonnes qualités d'eau se trouvent principalement à Daïa et Ghardaïa, tandis que les mauvaises qualités sont observées à l'aval, surtout à El' Atteuf, zone agricole où se trouve les eaux stagnantes et l'activité agricole. Tous les échantillons dépassent les normes algériennes pour les sulfates et la dureté tandis que les éléments de pollution sont négligeables à cause de la forte minéralisation.

المخلص:

في هذه الدراسة تم تحليل 18 بئرا موزعة على مختلف البلديات, من أعالي الى أسفل وادي مزاب. ثم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية في مخبر تحاليل المياه (ADE) غرداية، كما تم حساب مؤشر جودة المياه (IQE) باستخدام برنامج Excel يعتمد على معادلات رياضية دولية ومعايير جزائرية .

أظهرت النتائج أن مياه المنطقة تعتبر عمومًا ذات جودة جيدة، حيث بلغ متوسط مؤشر الجودة 48.06 حيث 62% من الآبار مصنفة كمياه ذات جودة جيدة تتمركز بشكل أساسي في منطقتي الضاية وغرداية و38% من الآبار مصنفة كمياه ذات جودة سيئة تتمركز في المناطق السفلية من الواد خصوصا في العطف وهي منطقة صناعية تعاني من النفايات والمياه الراكدة

كما أظهرت جميع العينات نسبة مرتفعة من الكبريتات و الصلابة تجاوزت المعايير الجزائرية لمياه الشرب .

Remerciement

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et Nos vifs
remerciements tout d'abord,*

*ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le
courage Et la volonté D'étudier,*

*Et grand remerciement a Notre Encadreur **Dr. BABAAMER**
Zohra , pour tous ses précieux conseils, pour son écoute
active, sa disponibilité.*

*A les membres du jury **Dr . Daoud mounir et Dr . Moulai**
kerroumia et Dr Babaarbi ilias*

qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail

Est Son oublié .l'équipe de laboratoire de l'ADE

Dédicace

À mon cher père et à ma chère mère,

Pour leur amour, leur confiance, leurs sacrifices et leur soutien
inestimable. Sans vous, rien n'aurait été possible.

À mes chers frères Ismaïl, Lahcen et Djawad, et à ma sœur
Assia, Merci d'être toujours présents dans ma vie, pour votre
amour et vos encouragements.

À ma copine et ma sœur Ikram, ainsi qu'à sa petite famille
généreuse,

Merci d'avoir été une lumière sur mon chemin. Votre soutien
m'a profondément touchée.

Ce diplôme, je le partage avec vous. Merci du fond du cœur.

chourouk

Dédicace

À mon père, ma force dans cette vie.

À ma mère, la lumière de mon existence.

À mon frère Farouk, mon bras droit ;et ma sœur ritaj

À mes chères tantes, laila et hamida

*Et bien sûr, à celle qu'il ne faut jamais oublier : ma copine et
sœur de cœur, chourouk . Et sa famille.*

Ikram

Liste des tableaux

Tableau 1 : Disponibilité des ressources en eau on l'Algérie	8
Tableau 2: Données climatiques de la région de Ghardaïa, période 2015-2024	14
Tableau 3 : Les points de prélèvement	21
Tableau 4: Les paramètres physico-chimique	22
Tableau 5: Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines	28
Tableau 6: Normes recommandées pour la qualité de l'eau potable, poids et poids relative des paramètres	30
Tableau 7: programme de calcul de l'indice de qualité de l'eau IQE	31
Tableau 8: resultants statistiques de 18 échantillons d'Oued M'Zab	38
Tableau 9 : Risque de salinisation Classification de l'eau d'irrigation, selon Ayers et Wescott, 1976	39
Tableau 10: Type de l'Eau à partir de l'alcalinité	43
Tableau 11: classification de l'eau selon (IQE)	49
Tableau 12: indice de Qualité de l'Eau de Daïa	49
Tableau 13: indice de Qualité de l'Eau de Ghardaïa	49
Tableau 14: indice de Qualité de l'Eau de Bounoura	51
Tableau 15: indice de Qualité de l'Eau de L'Atteuf	52
Tableau 16: L'indice de La vallée de M'Zab	53
Tableau 17: l'indice de qualité de l'eau de chaque puits	54

Liste des figures

Figure 1: cycle de l'eau dans la nature	5
Figure 2: cycle de l'eau dans la nature	6
Figure 3: situation géographique de la zone d'étude	10
Figure 4: les limites de la wilaya de Ghardaïa	11
Figure 5: vallée d'Oued M' Zab	11
Figure 6: Coupe schématique de la géologie de la région du M'Zab	13
Figure 7 : Les températures moyennes mensuelles	15
Figure 8: Variation des précipitations de région de Ghardaïa (2015-2024)	16
Figure 9: Les vents moyens mensuels	16
Figure 10: Humidité moyenne mensuelle	17
Figure 11: Localisation de la zone d'étude et des sites d'échantillonnage	20
Figure 12: Papier pH indicateur	23
Figure 13: Conductimètre	23
Figure 14: Turbidimètre	24
Figure 15: Spectrophotomètre à flamme	25
Figure 16: Spectrophotomètre UV-Visible	27
Figure 17: le diagramme piper	32
Figure 18: le diagramme piper	36
Figure 19: la variation de Ph	37
Figure 20: La variation de la turbidité de l'eau	37
Figure 21: la variation de résidu sec de l'eau	38
Figure 22: variation de la conductivité électrique	38
Figure 23: variation de La Dureté totale	39
Figure 24: variation de calcium	40
Figure 25: variation de magnésium	40
Figure 26: variation des chlorures	41
Figure 27: variation de sulfates	42
Figure 28 : variations de Fer	42
Figure 29: variation de Nitrites	43
Figure 30: les paramètres physicochimiques des communes de la vallée	44
Figure 31: le diagramme de piper	45
Figure 32: diagramme de schoelle	46
Figure 33: le diagramme de Riverside	47
Figure 34: le diagramme de Wilcox	48
Figure 35: La Variation de L'indice de Qualité de L'eau	53

Liste des abréviations

NA:	Normes algériennes
C.I:	Nappe du continental intercalaire
C.T:	Nappe du complexe terminal
NTU:	Néphélogétrie turbidity unites.
IQE:	Indice de la Qualité de l'Eau
pH :	Potentiel d'hydrogène
TAC:	Titre Alcalimétrique complet
TDS :	Sels Totaux Dissous
ADE:	l'Algérienne Des Eaux
CE :	conductivité électrique

Table des Matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'EAU.....	
1.1 Introduction.....	5
1.2 Formes De L'eau Sur Terre.....	5
1.3 Cycle De L'eau Dans La Nature.....	5
1.4 Source En Eau.....	6
1.4.1 Eaux De Surfaces	6
1.4.2 Eaux souterraines	6
1.4.2.1 Les Facteurs Influençant La Qualité De L'eau Souterraine	7
1.4.2.1.1 Facteurs Naturels	7
1.4.2.1.2 Facteurs humains	7
1.5 Ressources En Eau On l'Algérie.....	7
1.6 Potabilité De L'eau Et La Santé	8
1.7 Conclusion.....	8
CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude	
2.1 Introduction	10
2.3 Oued M'zab.....	11
2.4 Etude Géologique.....	12
2.4.1 Lithostratigraphie	12
2.5 Etude Hydrogéologiques	13
2.5.1 Les Ressources En Eau Dans La Vallée	13
2.5.1.1 Les eaux de surfaces	13
2.5.1.2 Les eaux souterraines.....	13
2.6 Étude Climatique.....	14
2.6.1 La température	15
2.6.2 Les précipitations	15
2.6.3 Le vent	16
2.6.4 L'humidité.....	17
2.7 CONCLUSION.....	17
CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES.....	
3.1 Introduction	20
3.2 Échantillonnage De L'eau	20
3.3 Les Points De Prélèvement	20

3.4 Les Paramètres D'analyse D'eaux	21
3. 4.1 Les paramètres physiques	22
3.4.1.1 La température	22
3.4.1.2 Le pH.....	22
3.4.1.3 Le résidu sec	23
3.4.1.4 La conductivité électrique.....	23
3.4.1.5 La turbidité.....	24
3. 4 .2 les paramètres chimiques	24
3.4 .2.1 La dureté totale TH (degré hydrométrique)	24
3.4.2.2 Le calcium.....	25
3 .4.2.3 Le magnésium	25
3. 4.2.4 Les chlorures	25
3. 4 .2. 5 Les sulfates.....	26
3. 4 .2. 6 L'ammonium (NH ₄ ⁺)	26
3.4.2.7 Le fer	26
3. 4 .2. 8 Les phosphates	27
3.4 .2.9 Titre Alcaline Complet (TAC)	27
3.4.2.10 Les Nitrites.....	27
3.5 Qualité de l'eau.....	28
3.5.1 La qualité globale Des eaux souterraines	28
3 .5 .2 l'Indice De Qualité De l'Eau (IQE).....	28
3.5.3 Programme de calcul de l'indice de qualité de l'eau	31
3.6 Le Diagramme De Piper	32
3.7 Conclusion.....	33
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....	
4.1 Introduction	35
4.2 Etude D'analyse Physico-Chimiques De La Vallée Oued M'Zab	35
4.2.1 .L'étude Des Paramètres Physiques d'Oued M'Zab	36
4.2.1.1 Température	36
4.2.1.2 le pH	37
4.2.1. 3 la turbidité.....	37
4.2.1.4 Le résidu sec	38
4.2.1.5 La conductivité électrique (CE)	38
4.2.2.6 La Salinité.....	39
4.2.2 L'étude Des Paramètres Chimiques D'oued M'Zab	39
4.2.2.1 Dureté totale TH.....	39

4.2.2.2 Le calcium.....	40
4.2.2.3 Le magnésium	40
4.2.2.4 les Chlorures	41
4.2.2.5 les sulfates.....	41
4.2.2.6 L'ammonium (NH ₄ ⁺).....	42
4.2.2.7 Le Fer.....	42
4.2.2.8 les Nitrites	43
4.2.2.9 Le Risque D'Alcalinité	43
4.3 Etude D'analyse Physico-Chimiques De Les Communes De La Vallée	44
4.4 Diagramme Piper Et Diagramme Schoeller.....	45
4.5 Diagramme De Riverside Et Wilcox :.....	47
4.6 L'indice De Qualité De L'eau (IQE) De La Vallée De Oued M'Zab.	48
4.6.1 L'indice de qualité de l'eau de l'amont de la vallée (Daïa)	49
4.6.2 L'indice de qualité de l'eau de Ghardaïa (se situe en medium) la vallée de oued M'Zab	50
4.6.3 L'indice de qualité de l'eau de Bounoura (se situe en medium)	50
4.6.4 L'indice de qualité de l'eau de l'aval de la vallée (L'Atteuf)	51
4.6.5 L'indice de qualité de l'eau de La vallée d'Ouad M'Zab.....	52
4.6.6 L'indice de qualité de l'eau de chaque puits d'Ouda M'Zab.....	54
4.7 Conclusion.....	55
CONCLUSION GENERALE	57
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE	58

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour l'homme, les animaux et les plantes, utilisée à de multiples fins domestiques, industrielles et agricoles. Au cours des dernières décennies, la pollution de l'eau est devenue un grave problème mondial et elle constitue une véritable menace pour l'environnement et bien sûr pour la santé humaine [1].

L'eau est une ressource rare et fragile qui doit donc être protégée et gérée avec soin. Notamment dans les régions arides (désertiques). L'eau est l'élément prépondérant à la surface de la Terre [2].

L'eau potable est celle que nous pouvons boire parce qu'elle est propre et saine. Ce type d'eau n'a ni odeur, ni saveur, ni couleur. En outre, elle doit être exempte de toute substance susceptible de nuire à notre santé, comme certains minéraux, composés chimiques et microorganismes pathogènes (qui causent des maladies) tels que les bactéries et les virus. Si vous vivez en ville, l'eau arrive chez vous par un réseau de canalisations souterraines et sort d'un robinet pour que votre famille puisse cuisiner, faire la lessive, prendre des douches et aller aux toilettes. Mais avant cela, l'eau a parcouru un long chemin [3].

Dans le cadre de la mise en œuvre d'un plan directeur de préservation de l'environnement contre la pollution, l'accent est aujourd'hui de plus en plus mis sur l'examen des effets des rejets de déchets agricoles dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Les enquêtes publiques indiquent qu'une pollution massive et incontrôlée par les matières naturelles organiques et les produits industriels est observée. La pollution est générée notamment par l'importante expansion démographique, et d'autre part par le boom économique dans toute la région, en Algérie. La pollution a été associée à une demande croissante en eau ces dernières années, et en raison de la faible pluviométrie [4].

Plus de 70 % des ressources en eau mobilisables à l'échelle mondiale sont utilisées dans le secteur agricole ; cette proportion peut atteindre 90 % dans de nombreuses zones arides et semi-arides des régions méditerranéennes et subsahariennes. Evidemment, d'autres facteurs contribuent à l'augmentation de la production alimentaire, notamment l'accroissement des revenus des petits exploitants agricoles, l'accès à la terre et aux technologies de production, les investissements... Toutefois, l'eau constitue un facteur limitant de la production alimentaire [5].

La région de nos études est Ghardaïa exactement la vallée d'oued M'Zab se situe dans la porte du désert Algérienne. Cette région dispose d'une richesse en eaux souterraines, qui constituent la principale source.

Elle contient d'importantes réserves d'eau souterraines dont les deux principales nappes sont la nappe du Continental Intercalaire (CI) et la nappe du complexe terminal (CT) du Sahara .Ces eaux souterraines jouent un rôle très important dans l'approvisionnement de la population en eau potable [5].

Dans cette étude nous avons évalué la qualité des puits d'eau de la région de l'oued M'Zab 2025 à l'aide de l'indice de qualité de l'eau (IQE) a partir des caractéristiques physico-chimiques.

PARTIE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
GENERALITE SUR L'EAU

1.1 Introduction

Les ressources en eau représentent l'un des besoins les plus essentiels à la vie et l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. La Terre possède d'importantes ressources en eau, sous de nombreuses formes et qualités, dans divers stocks et flux du cycle hydrologique. Globalement, la planète possède un stock d'environ 1,4 milliard de kilomètres cubes d'eau, dont la grande majorité (près de 97%) est de l'eau salée dans les océans. Les stocks d'eau douce les plus limités du monde sont estimés à environ 35 millions de kilomètres cubes [6].

1.2 Formes De L'eau Sur Terre

L'eau recouvre 72% de la surface de la terre, sous différentes formes :

- Liquide, dans les océans, les fleuves, les lacs, les rivières.
- Gazeuse, sous forme de vapeur d'eau dans l'air.
- Solide, sous forme de glace dans les glaciers, dans la banquise, les icebergs.

La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par le cycle de l'eau [7].

1.3 Cycle De L'eau Dans La Nature

L'eau circule sans arrêt sur la Terre. Elle s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie. Le soleil fait s'évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes. En se regroupant, elles forment des nuages qui, poussés par le vent, rencontrent des masses d'air froid et donnent naissance à la pluie. L'eau de pluie s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes phréatiques, les sources, les rivières, les fleuves, pour recommencer sans fin le même voyage, voir la figure 1[8,9].

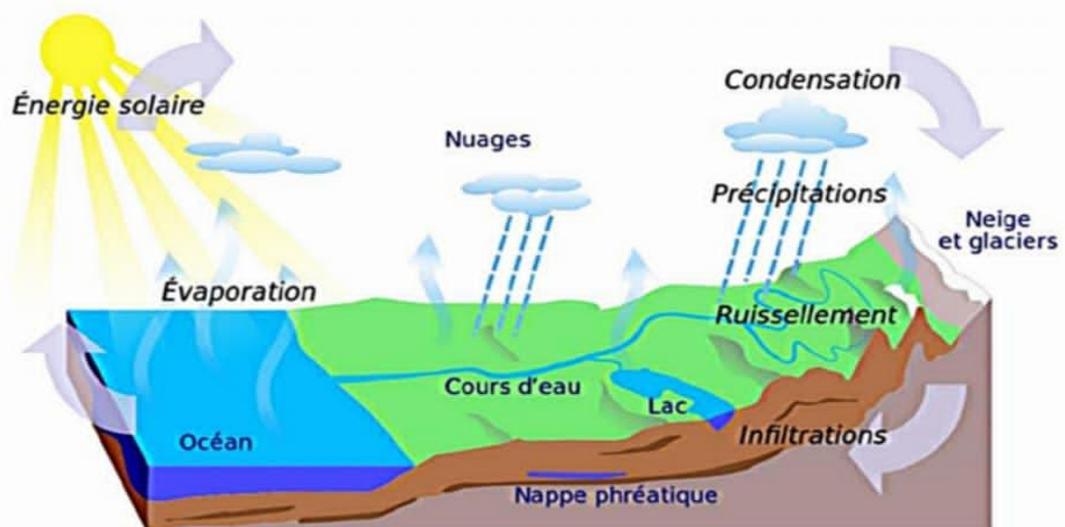


Figure 1 : cycle de l'eau dans la nature[8].

1.4 Source En Eau

Parmi les sources naturelles de l'eau on a les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

1.4.1 Eaux De Surfaces

Les eaux de surface, ou bien les eaux superficielles, sont celles circulant et constituées à la surface de sol. Contrairement aux eaux souterraines, elles sont constituées de toutes les masses d'eau, courantes ou stagnantes, douces, ou salées, contacter directement à l'atmosphère. Elles sont produites par la Ruissellement des précipitations aux pluviales ou par la remontée des eaux souterraines [10].

1.4.2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des eaux qui se trouvent sous la surface de la terre, dans les profondeurs entre les roches, le gravier et le sable. Elle représente un très grand pourcentage de l'eau douce totale qui répond à nos besoins quotidiens dans la vie, comme l'industrie et l'agriculture, etc... Nous les extrayons par le biais de forages de puits et de sources, voir la figure 2 [11].

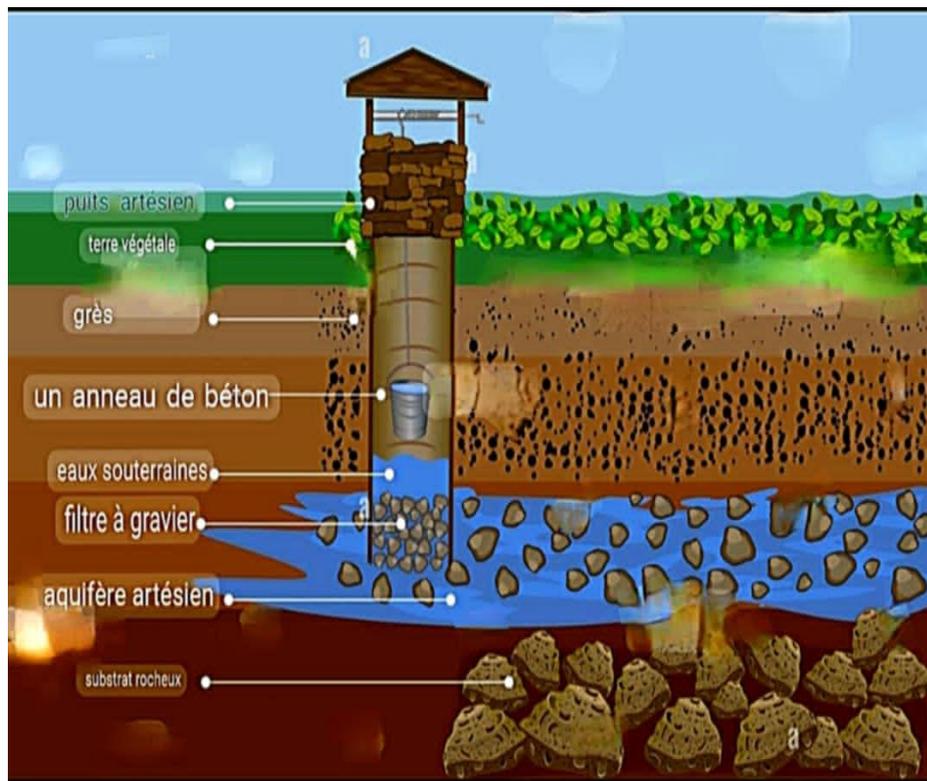


Figure 2 : les eaux souterraines [12].

1.4.2.1 Les Facteurs Influençant La Qualité De L'eau Souterraine

Parmi les facteurs qui affectent la qualité de l'eau, on trouve des facteurs naturels et humains.

1.4.2.1.1 Facteurs Naturels

La Composition des roches et du sol : Le type de roches traversées par l'eau affecte sa salinité et sa teneur en minéraux (tels que le calcium, le magnésium et le fer) [13].

Le temps géologique : Il existe une relation directe entre le temps pendant lequel l'eau a sous terre et son interaction avec les roches. Plus l'eau est présente longtemps, plus la concentration en sels et en minéraux est élevée [13].

Les pluies : Les quantités des pluies affectent le renouvellement des eaux souterraines et la concentration des sels [13].

1.4.2.1.2 Facteurs humains

Engrais et pesticides : L'utilisation excessive d'engrais et de pesticides chimiques entraîne une augmentation du pourcentage de nitrates et de phosphates dans les eaux souterraines.

Les eaux usées : Les fuites d'eaux usées dans le sol contaminent les eaux souterraines avec des bactéries et des métaux lourds.

Activités industrielles : Les déchets industriels peuvent contenir des matières toxiques qui s'infiltreront dans le sol [13].

1.5 Ressources En Eau On l'Algérie

Les ressources en eau en l'Algérie sont réparties de manière déséquilibrée du nord à sud en raison de la nature géographique et le climat de la région .voir le tableau 1

- Au nord, il y a des ressources de surface (rivières, barrages et eaux de pluie).
- Au sud, il existe des ressources en eaux souterraines non renouvelables [14].

Tableau 1 : Disponibilité des ressources en eau on l'Algérie [14].

La Zone	Volume(Milliards De Mètres Cubes)	Ressource En Eau
Nord et sud	11	<i>Eaux de surface renouvelables</i>
Nord	2.5	<i>Eaux souterraines renouvelables</i>
SUD	6.1	<i>Eaux souterraines non renouvelables</i>

1.6 Potabilité De L'eau Et La Santé

La qualité de l'eau affecte sur la santé des organismes vivants de manière négative ou positive. Si l'eau est potable, elle crée un écosystème sain et sécurisé, mais si l'eau est polluée et de mauvaise qualité, elle nous cause de nombreuses maladies et problèmes environnementaux. La qualité de l'eau est déterminée à l'aide de plusieurs critères physiques et chimiques [14].

1.7 Conclusion

L'eau est un élément très important dans vie et il joue un rôle essentiel dans l'équilibre de l'écosystème. Les sources d'eau se divisent en deux grandes catégories : les eaux de surface comme (les rivières, les lacs et les mers...ect.). Et les eaux souterraines, qui se trouvent sous la surface de la terre. La qualité de cette eau est affectée par des facteurs naturels et humains qui provoquent une pollution de l'eau, entraînant des risques pour les organismes vivants (les humains, les animaux et les plantes). Il est donc nécessaire d'évaluer et de surveiller cette qualité avant sa consommation.

CHAPITRE II :

Présentation de la zone d'étude

2.1 Introduction

La vallée du Mzab est une vallée située dans la wilaya de Ghardaïa, au sud de l'Algérie, connue comme la « porte du désert ». Récemment, cette région a divisé à une nouvelle division étatique montée la wilaya d'El- Menia anciennement rattachée à Ghardaïa.

Dans ce chapitre, nous avons étudié la situation géographique et l'étude géologique de la vallée du Mzab dans la wilaya de Ghardaïa et découvrir le climat de cette région désertique.

Ghardaïa est située à environ 600 km² de la capitale de l'Algérie et se situe au nord du désert. Après la nouvelle division étatique, une superficie passe de 19 729 km² à 86 560 km². Et sa densité populaire de 363598 habitants/km², voir la figure 3[.15 16].

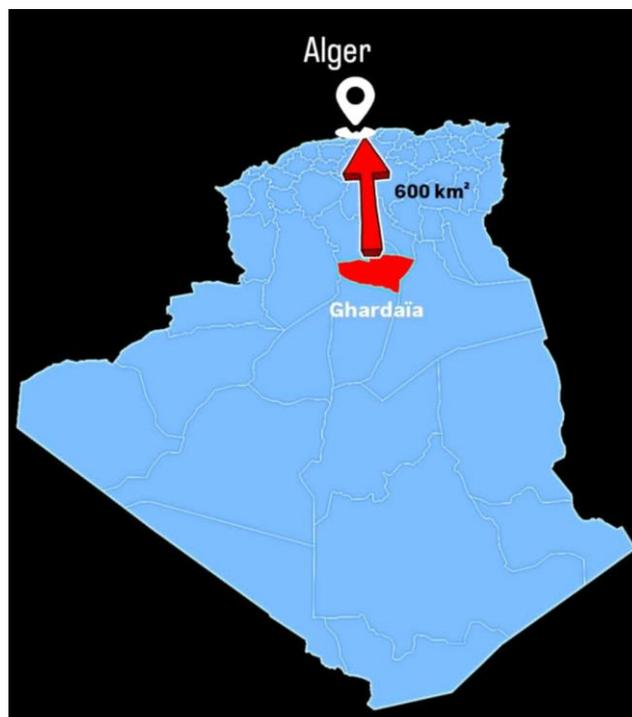


Figure 3 : situation géographique de la zone d'étude [16].

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au nord par Laghouat et Djelfa.
- A l'Est par Ouargla.
- A l'ouest par El - Bayad.
- Au sud par El - Menia. Voir la figure 4

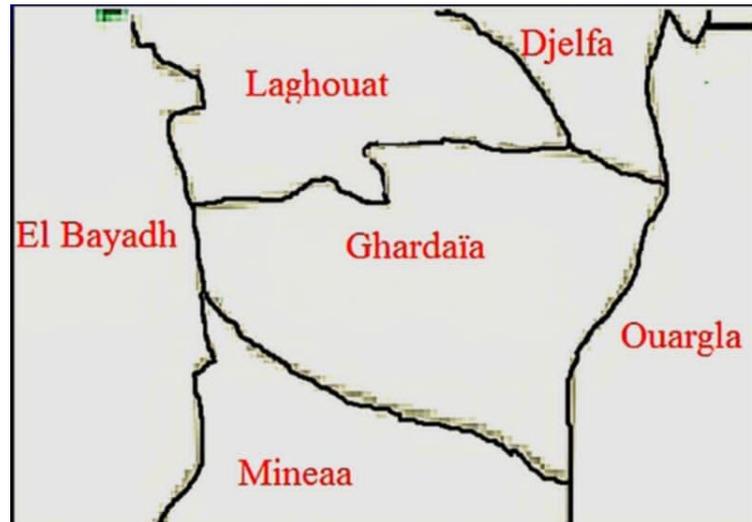


Figure 4 : les limites de la wilaya de Ghardaïa [16].

2.3 Oued M'zab

La vallée de l'oued M'Zab s'étend depuis la amont (Daïa Ben Dahoua) jusqu'au l'aval (El Atteuf), couvre une superficie de 6114 km² de la longueur 301.4 km .Il est rejoint par d'autres en aval par N'tissa, qui traverse la palmeraie de Beni-Isguen sur sa rive droite et Azouil sur sa rive gauche, qui traverse les jardins de Bounoura voir la figure 5 [17].

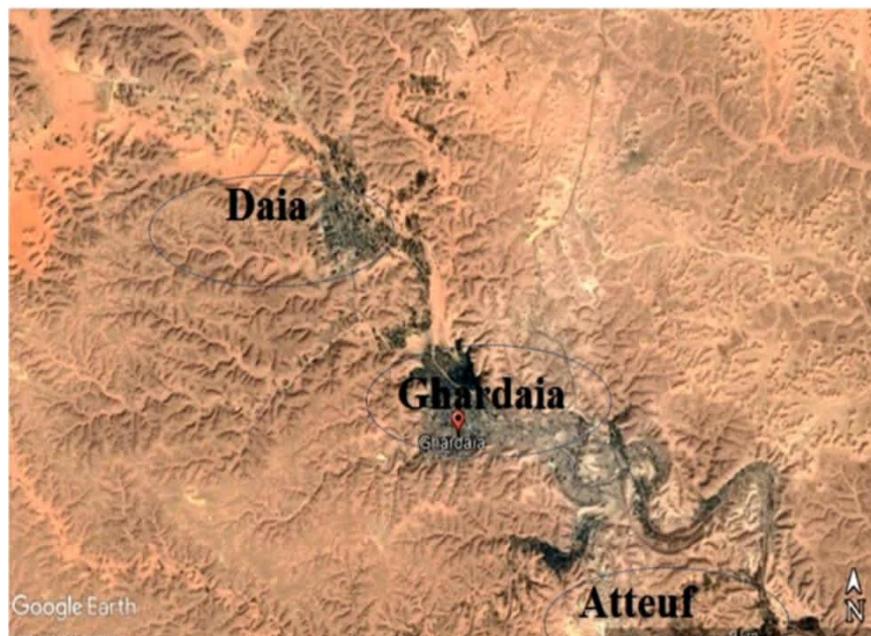


Figure 5 : vallée d'Oued M' Zab [18].

2.4 Etude Géologique

Le bassin sédimentaire secondaire du désert du Sahara est situé sur ses marges occidentales, la vallée du M'Zab, dans un grand plateau presque horizontal, constitué de calcaire [18].

2.4.1 Lithostratigraphie

- L'Albien

L'étage Albien est le plus essentiel aquifère dans l'oued Mzab. Elle est constituée d'argile et des sables fins à moyenne, avec une épaisseur de 500 mètres [18].

- Cénomaniens

Le Cénomaniens recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite [18].

- Turonien

L'étage Turonien forme le plateau rocheux des dorsales de M'Zab. Il est constitué de calcaire et calcaire dolomitiques silicifiée [18].

- Sénonien supérieur et inférieure

Le Sénonien supérieur est composé des calcaires marneux à argile. Le Sénonien inférieur est constitué des argiles marneuses à intercalations de banc important de gypse et d'anhydrite [18].

- Mio-pliocène

Cette couche est composée de dépôt des sables, d'argile et de calcaire gris, dont l'épaisseur est très variable [18].

- Quaternaire

Cet étage est composé de sables, d'alluvions et d'argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, avec une épaisseur variée entre 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent la nappe phréatique [18].

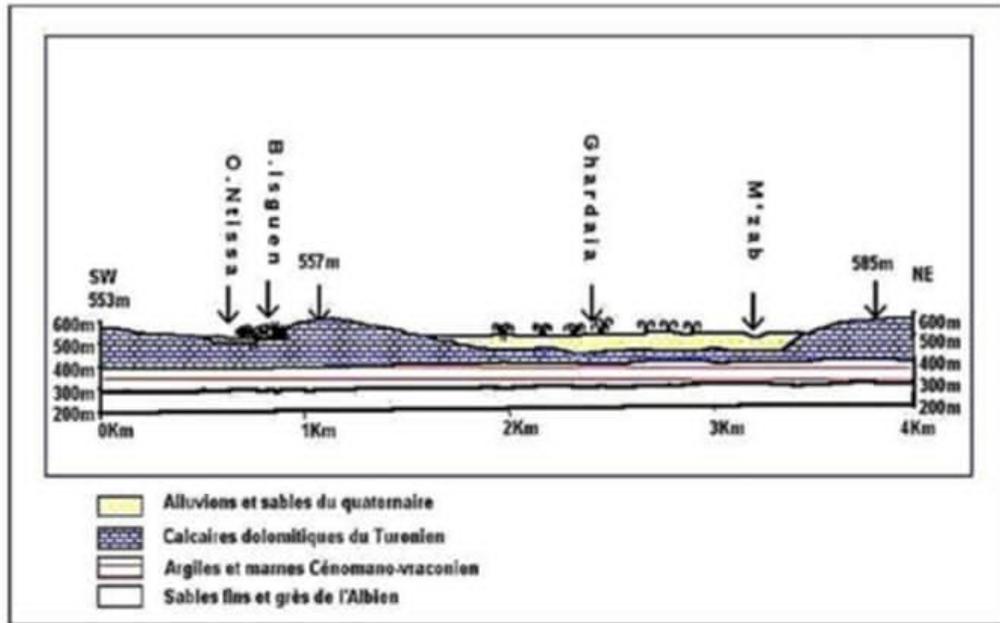


Figure 6 : Coupe schématique de la géologie de la région du M'Zab [18].

2.5 Etude Hydrogéologiques

Les études hydrologiques dans le Sahara montrent que les eaux souterraines sont abondamment, Il représente une ressource stratégique importante.

2.5.1 Les Ressources En Eau Dans La Vallée

Le Sahara algérien parmi les plus grands déserts du monde. Elle se caractérise par un climat sec, marqué par de faibles précipitations et des températures élevées plus de 40 c°, ce qui rend les eaux de surface presque rares dans la plupart de ses régions. et ne répondent pas aux besoins de la population. Par contre le désert Algérien est riche en ressources en eaux souterraines non renouvelables [18].

2.5.1.1 Les eaux de surfaces

Les eaux de surface à Ghardaïa sont très rares, et limitées, et ne constituent pas une source d'eau principale et de base [18].

2.5.1.2 Les eaux souterraines

Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales : nappe du complexe terminal et nappe du continental intercalaire [19].

- Le continental intercalaire (CI)

Désigne la série de formations détritiques groupées du Crétacé inférieur intercalée entre deux séries marines ; celle du Paléozoïque au-dessous, et la série du Crétacé supérieur au-dessus [20].

- Le Complexe Terminal (CT)

Désigne l'ensemble peu homogène incluant les formations carbonatées du Crétacé supérieur et les dépôts sablo-gréseux du Tertiaire, principalement du Miocène [20].

- La nappe Albienne

S'étend dans des formations gréseuses profondes (250 à 1000 m). Sa recharge est très faible et provient des pluies tombant sur les piémonts de l'Atlas Saharien. Selon les zones, elle peut être artésienne ou nécessiter un pompage dépassant parfois 120 m de profondeur [18].

- La nappe phréatique

La nappe phréatique se trouve dans les alluvions des oueds et est alimentée par infiltration grâce aux digues et à un réseau de puits. Sa profondeur varie entre 10 et 55 mètres. Elle est exploitée par pompage, anciennement avec la traction animale, aujourd'hui à l'aide de l'électricité. Cette nappe est limitée en étendue, a un faible débit et des potentialités réduites à cause des roches calcaires fissurées et de la forte concentration des puits [18].

2.6 Étude Climatique

Les données climatiques de Ghardaïa, dans la période 2015-2024 sont présentées dans le tableau (2)

Tableau 2 : Données climatiques de la région de Ghardaïa, période 2015-2024 [21]

<i>LES MOIS</i>	<i>T moy (°C)</i>	<i>P moy (mm)</i>	<i>V moy (km/ h)</i>	<i>H moy (%)</i>
<i>Janvier</i>	11.98	12.15	20.31	60.42
<i>Février</i>	13.34	6.82	22.20	56.12
<i>Mars</i>	16.87	10.90	23.23	48.58
<i>Avril</i>	21.32	9.85	24.78	42.69
<i>Mai</i>	25.18	9.89	23.64	34.85
<i>JUIN</i>	32.82	7.45	22.13	29.2
<i>Juillet</i>	37.86	4.20	18.42	23.87
<i>Août</i>	38.52	10.96	17.27	27.36
<i>Septembre</i>	28.6	13.76	18.16	37.64
<i>Octobre</i>	22.69	8.97	16.3	46.45
<i>Novembre</i>	16.42	5.95	19.49	56.82
<i>Décembre</i>	12.40	7.63	18.43	62.98

T moy : Température moyenne.

V moy : vitesse du vent.

P moy : précipitation moyenne. H moy : Humidité moyenne.

Ghardaïa est caractérisée par un climat désertique sec, avec des températures élevées en été et des températures basses en hiver.

2.6.1 La température

La température de cette région est caractérisée par une forte amplitude thermique entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver. Voir la figure 7.

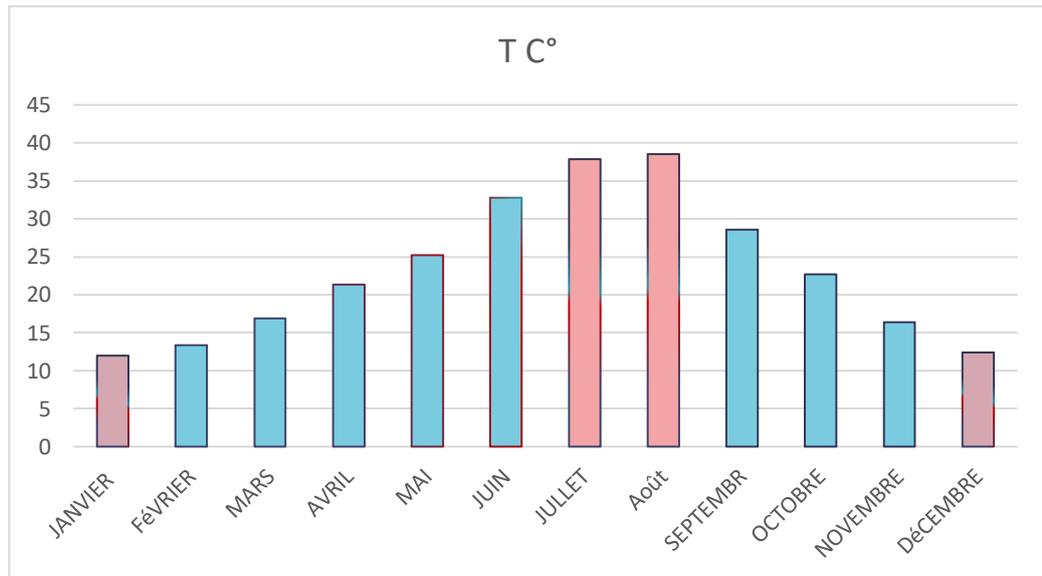


Figure 7 : Les températures moyennes mensuelles

- En été : on n'observe que les températures plus élevées surtout dans les mois juillet et août (jusqu'à 40 c°).
- En hiver : on observe que les températures plus basses sont enregistrées dans les mois janvier et décembre (12 c°).

2.6.2 Les précipitations

Généralement les précipitations sont très faibles dans le Sahara de l'Algérie, le cas de Ghardaïa confirme ce critère climatique, les valeurs maximales sont observées au mois de Septembre (8.29mm), et la valeur la moins a été observée au mois de Février (2.4mm). Ce qui explique la sécheresse de la région étudiée, voir la figure 8 [22].

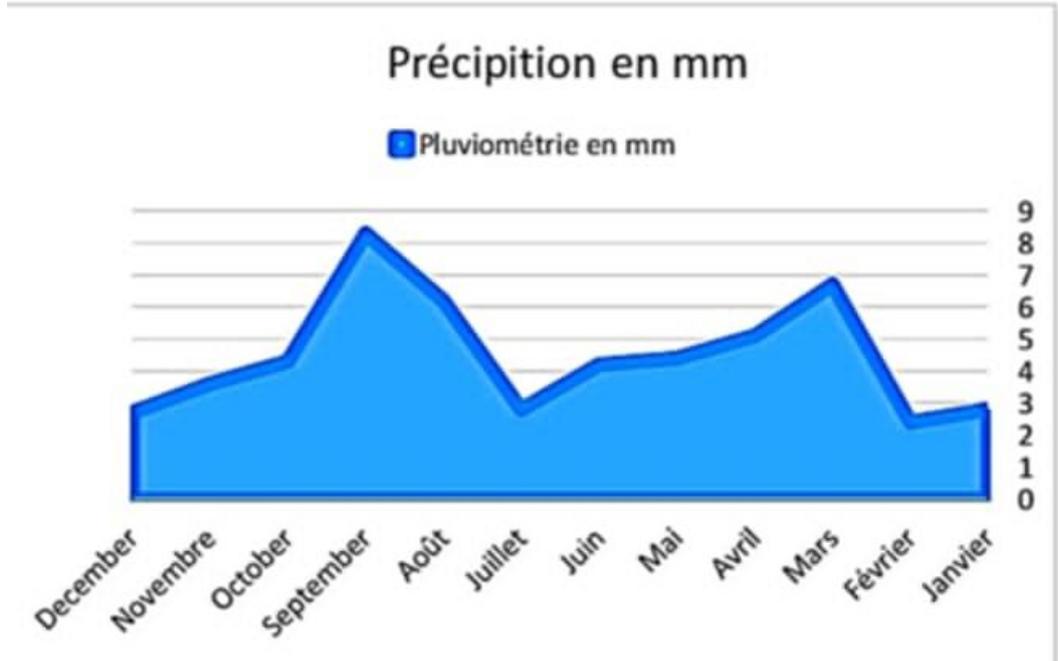


Figure 8 : Variation des précipitations de région de Ghardaïa (2015-2024) [21].

2.6.3 Le vent

La région de Ghardaïa se caractérise par des vents froids en hiver et des vents chauds et sableux en été. On observe que les vents atteignent leur intensité maximale au mois d'avril, tandis qu'ils deviennent plus faibles en octobre. Ce phénomène climatique influence le mode de vie des habitants ainsi que l'environnement naturel de la région. Voir la figure 9

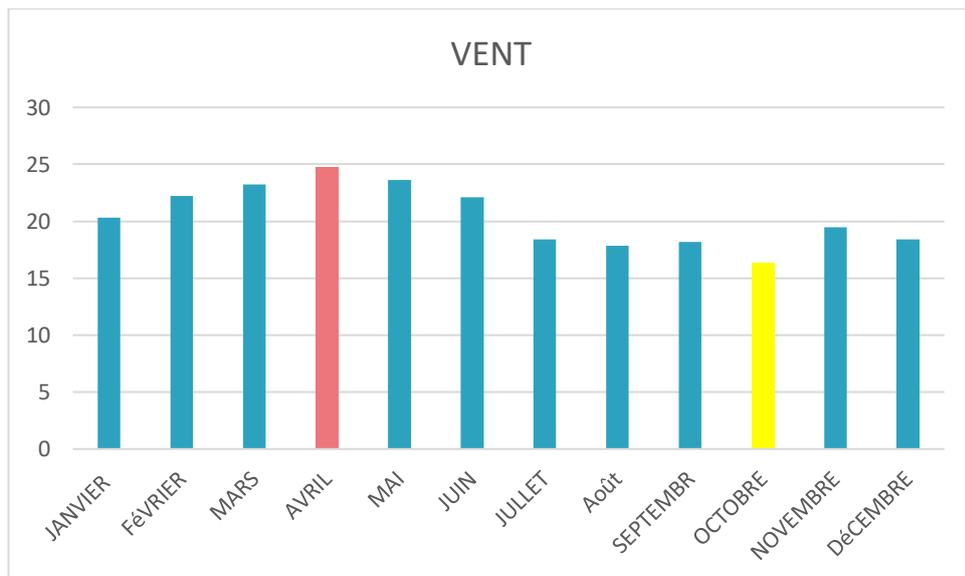


Figure 9 : Les vents moyens mensuels [21].

2.6.4 L'humidité

L'humidité dans le Sahara est très faible Par rapport au Nord .D'après la figure 10 on observe que, l'humidité est élevée en hiver (décembre) et très basse en été (juillet).

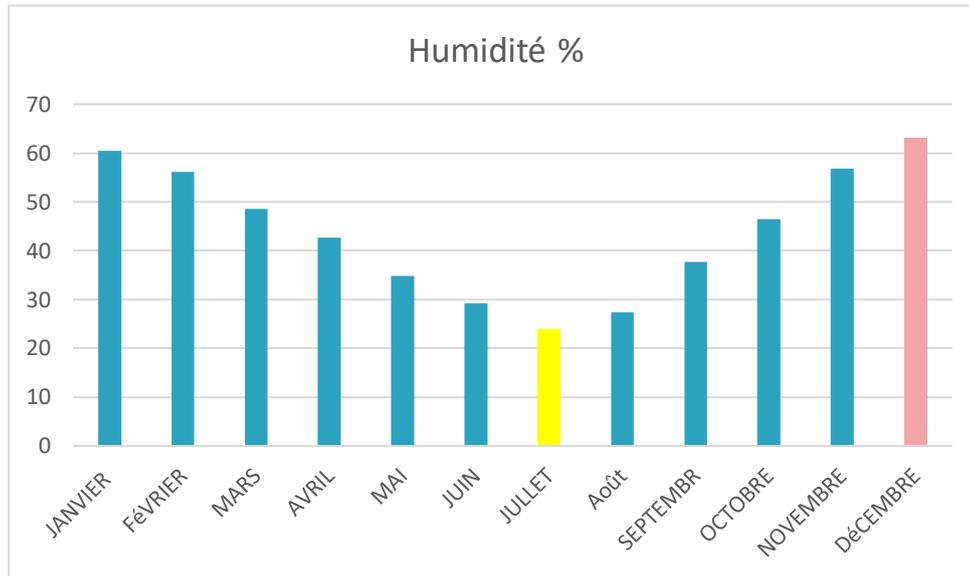


Figure 10 : Humidité moyenne mensuelle [21].

2.7 CONCLUSION

Notre région d'études est Ghardaïa La vallée de l'oued M'Zab exactement et s'étend depuis la amont (Daïa Ben Dahoua) jusqu'au l'aval (El 'Atteuf), couvre une superficie de 6114 km² de la longueur 301.4 km. Les ressources essentielles de Oued M'Zab sont les eaux souterraines de ces origines sont les nappes (C.I) et (C.T). Considéré comme une ressource non renouvelable qui doit être protéger et bien exploiter. Le climat de cette région d'études est saharien et sec il se caractérise par été très chaudes a température élevée plus de 40 °c et hiver froid avec précipitation rare et irrégulier et l'humidité très faible par rapport au Nord.

PARTIE II

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE III :
MATERIEL ET METHODES

3.1 Introduction

Pour contrôler la qualité de l'eau de la vallée du Oued M'zab, Nous avons prélevé 18 échantillons à différents niveaux, depuis l'amont jusqu'à l'aval de l'oued. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire d'analyse des eaux Algérienne (A .D .E) de Ghardaïa. Ensuite, nous avons enregistré les résultats 2025 .que nous avons obtenus afin de déterminer la qualité de l'eau en fonction des normes algériennes et des lois mathématiques internationales.

3.2 Échantillonnage De L'eau

Le prélèvement des échantillons d'eau constitue l'étape initiale et l'important dans tout protocole de surveillance de la qualité des eaux, et pour obtenir des résultats plus précisée .Il est nécessaire de bien conserver les échantillons dans des conditions appropriées, sans modifier leurs propriétés chimiques et physiques. Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant : le numéro de l'échantillon, le nom du point de prélèvement, et la date et l'heure du prélèvement [23].

3.3 Les Points De Prélèvement

Nous avons analysé 18 échantillons d'eau provenant de différentes communes de la vallée du M'zab, wilaya de Ghardaïa

Ces points de prélèvement ont été mesurés sur terrain à l'aide un GPS.

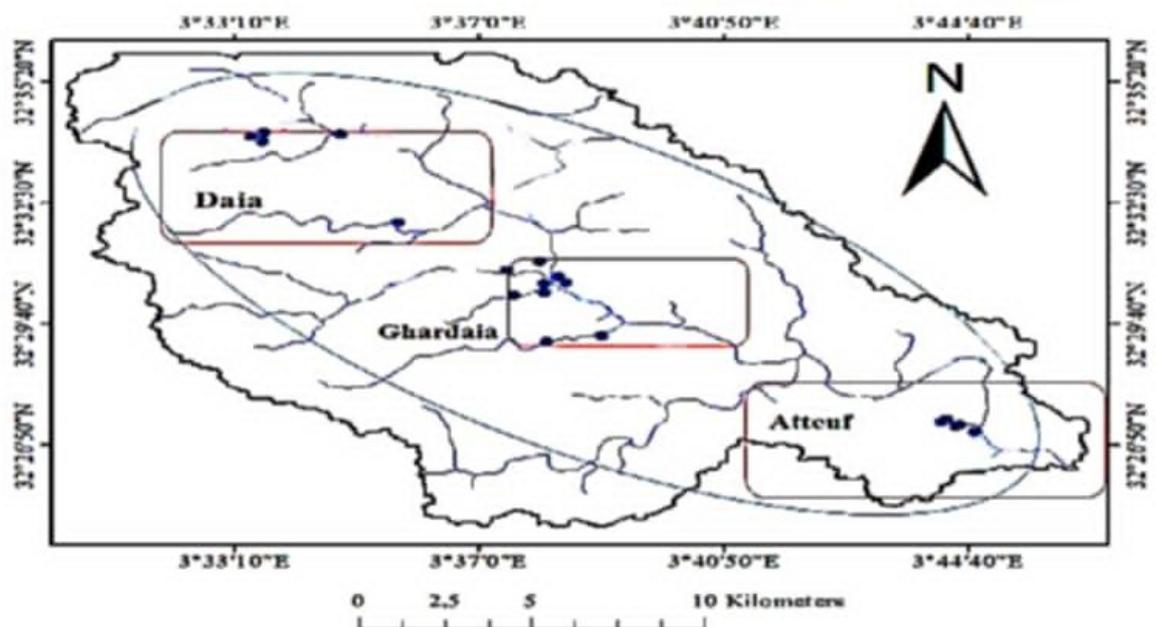


Figure 11 : Localisation de la zone d'étude et des sites d'échantillonnage[18].

Le Tableau 3 montre les échantillons et leurs communes.

Tableau 3 : Les points de prélèvement[28].

<i>Points d'eaux</i>	<i>Communes</i>	<i>Nom</i>	<i>coordonnée</i>	
			<i>x</i>	<i>y</i>
<i>P1</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Laariche</i>	<i>03°36'20''</i>	<i>32°32'13''</i>
<i>P2</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Sidi M'hamed.</i>	<i>03°36'45''</i>	<i>32°32'00''</i>
<i>P3</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Oum Jdar.</i>	<i>03°36'23''</i>	<i>32°33'52''</i>
<i>P4</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Chaaba El Hamra.</i>	<i>03°35'01''</i>	<i>32°34'31''</i>
<i>P5</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Taouillou.</i>	<i>03°36'10''</i>	<i>32°33'32''</i>
<i>P6</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Parc ADE</i>	<i>03°65'33'</i>	<i>32°50'44''</i>
<i>P7</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Ben Smara N° :01</i>	<i>03°39'45''</i>	<i>32°29'51''</i>
<i>P8</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage El Hadj Messaoud.</i>	<i>03°67'30''</i>	<i>32°49'60''</i>
<i>P9</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Chaabet Ennichene.</i>	<i>03°90'99''</i>	<i>32°50'41''</i>
<i>P10</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Oued Nechou N°:03</i>	<i>03°43'51''</i>	<i>32°36'18'</i>
<i>P11</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Hay El Moudjahidine.</i>	<i>03°40'39''</i>	<i>32°29'53''</i>
<i>P12</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Sidi Abaz</i>	<i>03°69'86''</i>	<i>32°48'59''</i>
<i>P13</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Zouille</i>	<i>03°42'01''</i>	<i>32°29'26''</i>
<i>P14</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Sidi Belkheir</i>	<i>04°06'64''</i>	<i>32°52'94''</i>
<i>P15</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage 100 Logements</i>	<i>03°43'12''</i>	<i>32°28'18''</i>
<i>P16</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage 12/17 Medah</i>	<i>03°74'71''</i>	<i>32°47'66''</i>
<i>P17</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage Zizrato.</i>	<i>03°72'19''</i>	<i>32°46'51''</i>
<i>P18</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage Ami Hammou.</i>	<i>03°74'32''</i>	<i>32°47'60</i>

3.4 Les Paramètres D'analyse D'eaux

Parmi Les paramètres importants qui influencent la Qualité de l'eau sont des paramètres chimiques (la dureté totale , calcium, magnésium , chlorure, sulfate, ammonium, le fer , phosphate , nitrite , titre alcaline complet TAC) et des paramètres physiques (la température , pH, la conductivité électrique, la turbidité, TDS , salinité) sont classé sur le tableau [24].

Tableau 4 : Les paramètres physico-chimique [28].

<i>Les paramètres chimiques</i>	<i>Les paramètres physiques</i>
<i>Dureté totale (TH)</i>	<i>Température</i>
<i>Calcium (Ca^{2+})</i>	<i>pH</i>
<i>Magnésium (Mg^{2+})</i>	<i>Conductivité électrique (CE)</i>
<i>Chlorure (Cl^-)</i>	<i>Turbidité</i>
<i>Sulfate (SO_4^{2-})</i>	<i>TDS</i>
<i>Ammonium (NH_4^+)</i>	<i>Salinité</i>
<i>Le fer (Fe^{2+})</i>	
<i>Phosphate (PO_4^{3-})</i>	
<i>Nitrite (NO_2^-)</i>	
<i>Nitre Alcaline Complet TAC</i>	

3. 4.1 Les paramètres physiques

3.4.1.1 La température

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain. Mesure doit s'accompagner des précautions habituelles en évitant le rayonnement direct du soleil et l'influence de la chaleur dégagée par l'opérateur [25].

3.4.1.2 Le pH

Le potentiel d'hydrogène (pH) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau et traduit ainsi la balance entre acides et bases sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. La mesure de pH a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre ou papier pH indicateur voir la figure 12 [26].



Figure 12 : Papier pH indicateur [28].

3.4.1.3 Le résidu sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes [27].

3.4.1.4 La conductivité électrique

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre présente dans la figure 13 [18].



Figure 13 : Conductimètre [28].

3.4.1.5 La turbidité

La turbidité est un caractère très important, car une eau susceptible d'être trouble peut être suspecte du point de vue bactériologique. Elle permet d'indiquer les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité existe à cause des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Elle se mesure à l'aide d'un turbidimètre [29].



Figure 14 : Turbidimètre [28]

3.4.2 les paramètres chimiques

3.4.2.1 La dureté totale TH (degré hydrométrique)

La dureté totale d'une eau indique globalement sa teneur en ions alcalino-terreux, en particulier les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

Le dosage de la dureté totale se fait par la méthode de compleximétrie. Titrage avec une solution d'E.D.T.A en utilisant un indicateur qui forme avec le calcium et de magnésium un complexe rouge foncé ou violet, c'est le mordant noir [30].

- le principe : on détermine la concentration du calcium [Ca^{2+}] et du magnésium [Mg^{2+}] Dissous. Et elle exprime en ($^{\circ}\text{F}$) [31].

Mesuré par Spectrophotomètre à flamme voir la figure 15.



Figure 15 : Spectrophotomètre à flamme [28].

3.4.2.2 Le calcium

Dosage des ions calcium avec l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet [29].

3.4.2.3 Le magnésium

- Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.
- le magnésium donne un goût désagréable à l'eau
- La mise en solution de cet ion dans l'eau prend beaucoup de temps
- il provient de la dissolution des roches magnésiennes, dolomitiques
- C'est un élément qui accompagne souvent le calcium.
- Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance. A partir d'une concentration de 100 mg/L [32,33].

3.4.2.4 Les chlorures

Les chlorures se trouvent dans la nature de l'eau souterraine. Il vient de la pluie qui change les roches et les sols, du sel qui se dissout dans l'eau, et des roches qui libèrent des chlorures. La quantité de chlorure dépend de l'origine de l'eau, des types de sols et de roches [34].

3.4.2.5 Les sulfates

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse et par l'oxydation des sulfures en sulfates dans les déchets miniers. Les principales sources industrielles sont les effluents des tanneries, des ateliers de décapage métallique, des usines de textile et des fabriques de pâtes et papiers. Les ions sulfates sont très solubles et leur concentration est très variable dans les eaux naturelles [18].

La méthode de dosage se fait par gravimétrie. Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués par gravimétrie. En présence de baryum, les sulfates précipitent à l'état de sulfate de baryum maintenu en suspension homogène au moyen de polyvinylpyrrolidone. Pour éviter la précipitation des carbonates, chromates, phosphates et oxalate de baryum, la réaction est effectuée en milieu acide [18].

3.4.2.6 L'ammonium (NH_4^+)

Teneur en formes ammoniacales (ion NH_4^+ et ammoniac non ionisé NH_3) désignée et exprimée en NH_4^+ déterminée par bandelette.

Les ions ammonium sont le premier résidu minéral issu de la dégradation de la matière organique azotée du sol par le processus d'ammonification. Ils sont apportés, entre autre par les effluents d'élevages qui les libèrent en se dégradant. Les ions ammonium constituent un excellent indicateur de la pollution des eaux par les rejets organiques d'origine agricole, domestique et industrielle et ont des effets tant sur l'environnement que sur la santé des populations. La mesure par spectrométrie : le composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitropentacyanoferrate (III) de sodium [18].

3.4.2.7 Le fer

L'utilisation du fer est largement appliquée sous forme d'acier dans la construction et aussi utilisé dans l'industrie technologique sous forme de fer métallique et d'oxydes depuis des décennies pour fixer des informations analogiques ou numériques sur des supports appropriés (bandes magnétiques, disquettes, cassettes audio....). Le fer est un des nutriments qu'on retrouve dans les aliments, parce que cet élément est essentiel pour le corps humains (Transporter l'oxygène dans le sang Donner de l'énergie Renforcer le système immunitaire) est aussi pour les autres organismes [35].

3.4.2.8 Les phosphates

Les ions (PO_4^{3-}) contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de matières organiques, lessivage de minéraux), mais actuellement, leur présence dans l'eau est indispensable en raison des rejets industriels, domestiques ou agricoles [36].

3.4.2.9 Titre Alcaline Complet (TAC)

L'alcalinité permet de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) et reflète la capacité de l'eau à neutraliser les acides. La présence de bicarbonates dans les eaux naturelles résulte principalement de la dissolution de formations carbonatées telles que le cipolin, le calcaire ou la dolomie, sous l'effet d'eaux enrichies en dioxyde de carbone (CO_2). La concentration en bicarbonates dépend essentiellement de la température ambiante, du pH de l'eau, de la teneur en CO_2 dissous ainsi que de la nature géologique (lithologie) du milieu traversé. [37].

3.4.2.10 Les Nitrites

Le nitrite est un composé azoté présent en faible concentration naturellement dans l'eau. Leur présence en quantité indique une pollution à cause des engrais, des eaux usées ou des déchets industriels. Dans l'eau potable, la limite est 0,1 mg/L. Il est toxique Pour la santé ils peuvent causer des maladies dangereuses [38].

Elle se mesure à l'aide d'un Spectrophotomètre UV-Visible voir la figure 16

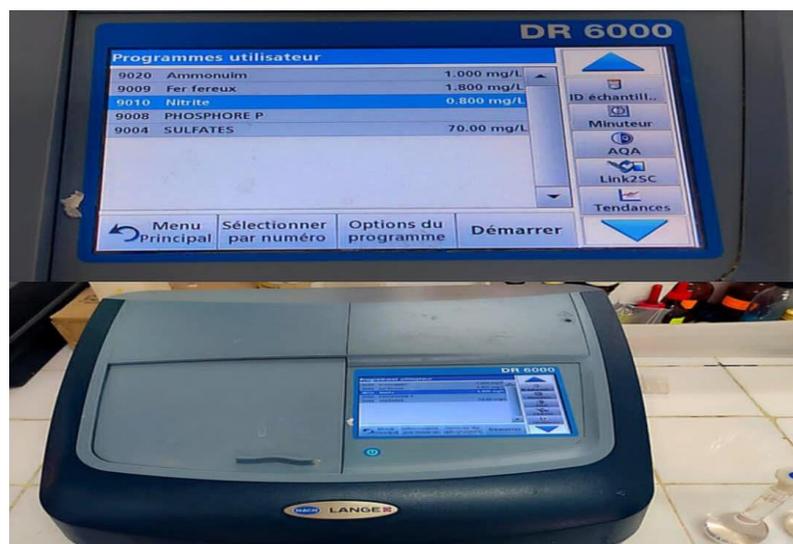


Figure 16 : Spectrophotomètre UV-Visible [28].

3.5 Qualité de l'eau

3.5.1 La qualité globale Des eaux souterraines

L'eau est classée en cinq catégories (Excellente, Bonne, Moyenne, Mauvaise, Très, mauvaise) selon la présence de certaines caractéristiques physiques et chimiques. C'est ce que nous allons étudier dans ce travail. L'évaluation de la qualité de l'eau a été effectuée à partir de l'existence de la conductivité électrique et les ions chlorures qui renseignent sur la qualité minéralogique des eaux puis les nitrates qui constituent des indicateurs d'une pollution d'eau souterraine [39]., voir le tableau suivant 5.

Tableau 5 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines
[39].

<i>Catégorie de qualité</i>	<i>Paramètres</i>		
	<i>Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)</i>	<i>Chlorures (mg/l)</i>	<i>Nitrates (mg/l)</i>
<i>Excellente</i>	<i><400</i>	<i><200</i>	<i><5</i>
<i>Bonne</i>	<i>400-1300</i>	<i>200-300</i>	<i>5-25</i>
<i>Moyenne</i>	<i>1300-2700</i>	<i>300-750</i>	<i>25-50</i>
<i>Mauvaise</i>	<i>2700-3000</i>	<i>750-1000</i>	<i>50-100</i>
<i>Très mauvaise</i>	<i>>3000</i>	<i>>1000</i>	<i>>100</i>

3.5.2 l'Indice De Qualité De l'Eau (IQE)

L'indice de qualité de l'eau a été considéré comme un critère pour les classifications des eaux de surface basé sur l'utilisation de paramètres standard pour la caractérisation de l'eau. Il fournit une image complète de la qualité de l'eau pour la plupart des utilisations domestiques [40].

L'indice de qualité de l'eau (IQE) est une expression numérique utilisée pour évaluer la qualité globale de l'eau à partir d'une grande quantité de données et il est facilement compris par les gestionnaires et décideurs [41].

Cet indice est une technique de classification de la qualité de l'eau qui repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes internationales ou nationales. Cet indice est calculé en suivant la méthode de l'indice arithmétique. Dans cette approche, une

valeur numérique appelée poids relatif (W_i), spécifique à chaque paramètre physico-chimique, est calculée selon la formule suivante [41].

$$IQE = \sum_{i=1}^n S_{Li}$$

Avec :

S_{Li} : Sous-index de l'i ème paramètre.

Le sous-index (S_{Li}) et le poids relatif (W_i) sont calculés en utilisant les équations suivantes :

$$S_{Li} = W_i \cdot q_i$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad W_i$$

W_i : le poids relatif de l'ième paramètre

w_i : le poids de l'ième paramètre (entre 2 et 5).

q_i : Échelle d'évaluation de la qualité de l'ième paramètre

L'échelle d'évaluation de la qualité (q_i) est obtenue à partir de la relation :

$$q_i = 100 \cdot \left(\frac{V_a - V_i}{V_s - V_i} \right)$$

Avec :

V_a : Valeur réelle présente du (i) paramètre à un puits d'échantillonnage donné

V_i : Valeur idéale (0 pour tous les paramètres sauf le pH qui est de 7,0)

V_s : Valeur standard

En se basant dans la relation précédente, sur les normes de qualité de l'eau Algérien Comme illustré dans le tableau suivant

Tableau 6 : Normes recommandées pour la qualité de l'eau potable, poids et poids relative des paramètres [28]

<i>paramètres physico-chimiques</i>	<i>Norme Algérienne (V)</i>	<i>Poids (Wi)</i>	<i>Poids relative (Wi)</i>
<i>pH</i>	8.5	3	0,0698
<i>Conductivité électrique (µs/cm)</i>	2800	3	0,0698
<i>Turbidité (NTU)</i>	5	2	0,0465
<i>Résidu sec (mg/l)</i>	2000	2	0,0465
<i>Calcium (mg/l)</i>	200	2	0,0465
<i>Magnésium (mg/l)</i>	150	2	0,0465
<i>Dureté totale (mg/l)</i>	500	3	0,0698
<i>Chlorure (mg/l)</i>	500	3	0,0698
<i>Sulfate (mg/l)</i>	400	3	0,0698
<i>Ammonium (mg/l)</i>	0.5	5	0,1163
<i>Fer (mg/l)</i>	0.3	5	0,1163
<i>Phosphate (mg/l)</i>	0.5	5	0,1163
<i>Nitrite (mg/l)</i>	0.1	5	0,1163

3.5.3 Programme de calcul de l'indice de qualité de l'eau

Nous avons simplifié les étapes de calcul de la relation précédente dans un programme que nous avons créé dans Excel pour connaître la qualité de l'eau voir le tableau 7.

Tableau 7 : programme de calcul de l'indice de qualité de l'eau IQE

parametres	valeur M	valeur ID	valeur stnd	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
pH		7	8,5	3	0,0698	0	0	0
CE		0	2800	3	0,0698	0	0	0
TUR		0	5	2	0,0465	0	0	0
RES		0	2000	2	0,0465	0	0	0
Ca ²⁺		0	200	2	0,0465	0	0	0
Mg ²⁺		0	150	2	0,0465	0	0	0
Durté		0	500	3	0,0698	0	0	0
Cl ⁻		0	500	3	0,0698	0	0	0
sulfat		0	400	3	0,0698	0	0	0
Amonum		0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Fer		0	0,3	5	0,1163	0	0	0
Phosphate		0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Nitrite		0	0,1	5	0,1163	0	0	0
				43	1,0000			0

Valeur M : V_a , valeur ID : V_i , valeur stndr : V_s

Dans ce programme, nous remplissons les valeurs mesurées dans la case (valeur M) et il donne directement la valeur de l'indice de Qualité de l'eau (IQE)

3.6 Le Diagramme De Piper

Le diagramme de Piper emploie les principaux éléments pour représenter les différentes faciès de l'eau souterraine. Le diagramme de Piper permet la représentation des anions et des cations sur deux triangles définis dont les côtés montrent les teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport à la somme de ces ions (cations du triangle de gauche et anions du triangle de droite). Le diagramme de Piper est bien adapté pour l'étude comparative d'un nombre important d'échantillons, voir la figure 17[29].

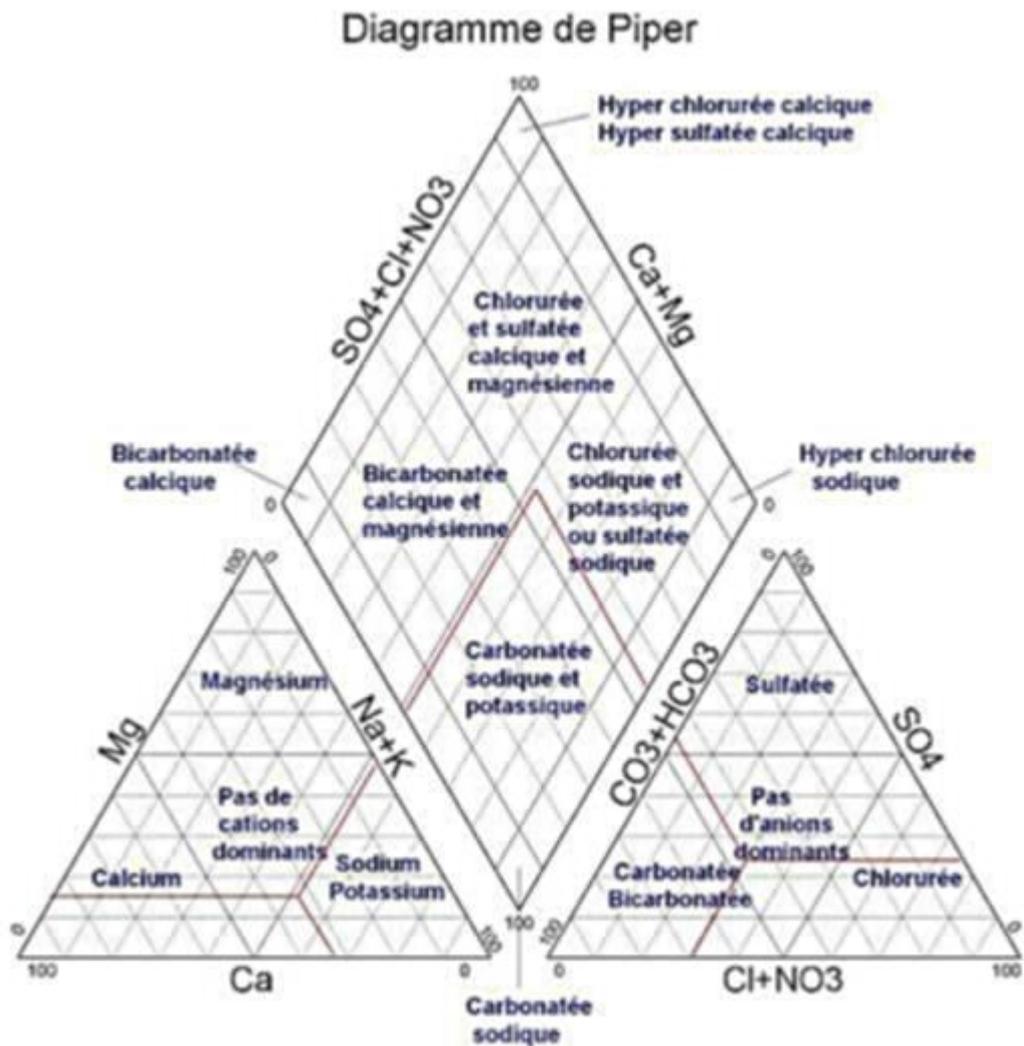


Figure 17 : le diagramme piper[29].

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, on analyse 18 échantillons différents de la vallée oued M'zab dans laboratoire d'analyse des Eaux (A.D.E) et identifier les paramètres physiques et chimiques qui contrôlent la qualité de l'eau. Pour calculer l'indice de qualité de l'eau, nous avons créé un programme Excel afin de faciliter les processus de calcul.

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Introduction

Dans cette dernière partie, nous calculons les résultats de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour 18 échantillons prélevés dans différentes communes (Daïa, Ghardaïa, Bounoura, El 'Atteuf) du haut vers le bas de l'oued M'Zab. Ensuite, nous analysons ces résultats selon les paramètres chimiques et physiques définis par les normes standards algériens. Cela nous permet d'identifier les paramètres responsables de la pollution de l'eau. Enfin, nous présentons les résultats sous forme de données structurées pour faciliter la comparaison entre ces paramètres.

4.2 Etude D'analyse Physico-Chimiques De La Vallée Oued M'Zab

Tableau 8 présente les résultats statistiques des paramètres physico-chimiques de l'eau pour 18 échantillons prélevés dans l'oued M'Zab, répartis entre quatre communes différentes

Tableau 8 : résultats statistiques de 18 échantillons d'Oued M'Zab [28].

Paramétrés	n ° puits	Min	max	moy	variance	Ecart-type	Coefficient de variation
T	18	14	23,100	17,720	9,500	3,010	0,17
Ph	18	6,70	7,700	7,150	0,060	0,240	0,03
CE	18	1610	2630	2250,180	84025,490	283,200	0,12
Turbidité	18	0,11	4,340	0,920	2,090	1,410	1,52
TDS	18	933	1387	1223,090	16779,230	126,550	0,10
Ca ²⁺	18	99,39	185,970	148,010	575,400	23,430	0,16
Mg ²⁺	18	52,48	94,280	70,860	117,500	10,590	0,15
Durté total	18	528	792	660,900	5339,320	71,390	0,10
Cl ⁻	18	224,06	455,210	376,440	3669,810	59,180	0,15
SO ₄ ⁻²	18	338,70	700	585,700	10040,080	97,890	0,17
NH ₄ ⁺	18	0	0,008	0,003	0	0,003	0,90
Fe ²⁺	18	0	0,129	0,042	0,002	0,047	1,11
po ₄ ⁻³	18	0	0,086	0,018	0,001	0,030	1,63
No ₂ ⁻	18	0	0,132	0,047	0,003	0,053	1,13

D'après les résultats obtenus on remarque que les moyennes de la dureté totale (660.9mg/l) dépassent les normes algériennes (500mg/l) et le sulfate (585.7mg/l) dépassent les normes algériennes de potabilité de l'eau, (400mg/l).

Et pour les autres paramètres pH, conductivité électrique, turbidité et résidu sec, Calcium, magnésium, chlorure, ammonium, fer, phosphate et nitrite ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité de l'eau.

On observe une grande variation dans les paramètres conductivité électrique, résidu sec, chlorure "Cette variation à cause de l'absence d'homogénéité entre les valeurs minimales et les valeurs maximales

Et on a un faible coefficient de variation dans le pH pas une différence entre la minimale et maximale valeur

4.2.1 .L'étude Des Paramètres Physiques d'Oued M'Zab

4.2.1.1 Température

La température joue un rôle important dans les réactions physiques et chimiques. Quand elle change trop, cela peut déséquilibrer l'écosystème aquatique [42].

Tous les valeurs de nos échantillons sont inférieures à la valeur de la norme Algérienne (25°C) de potabilité se varies entre (14°C – 23.1 °C) et aussi ne présentent pas une grande variation entre les puits. Voir la figure 18

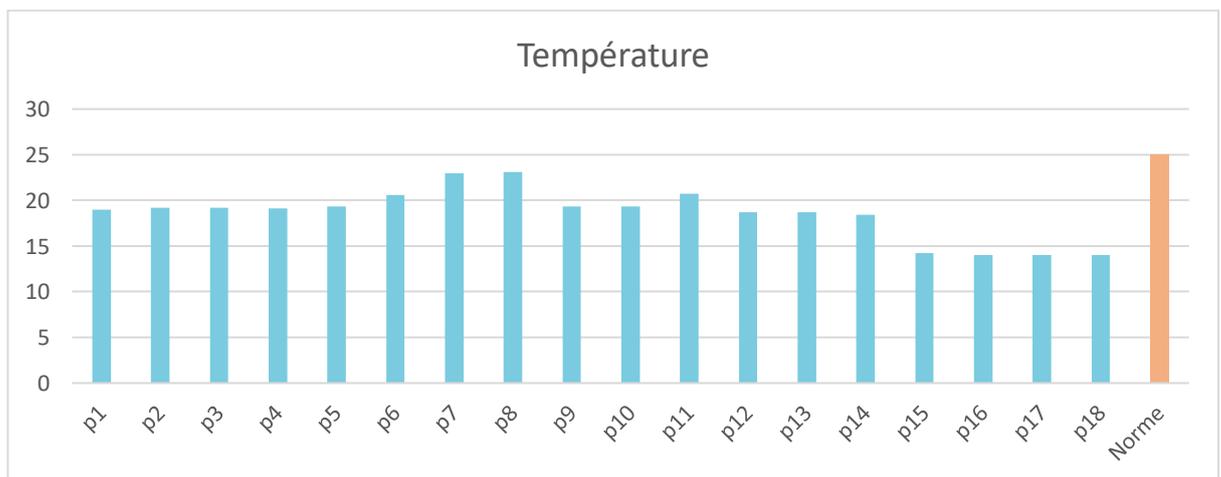


Figure 18 : variation de la température des eaux Albiennes [28].

4.2.1.2 le pH

Dans nos régions d'étude à partir de la figure 25 on observe que tout le pH des échantillons dans l'intervalle [6.7 _ 7.7] ne dépasse pas les normes algériennes de potabilité. On à 72.2% des échantillons sont des pH neutres. Voir la figure 19.

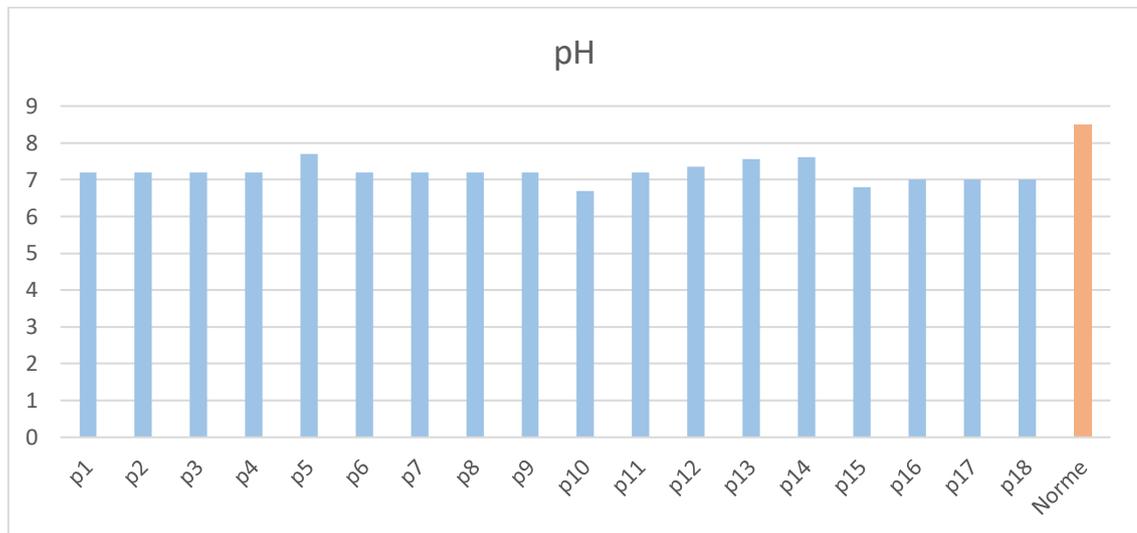


Figure 19 : la variation de pH[28].

4.2.1.3 la turbidité

La turbidité parmi les paramètres les plus importants pour suivre la qualité de l'eau. Voir la figure 20.

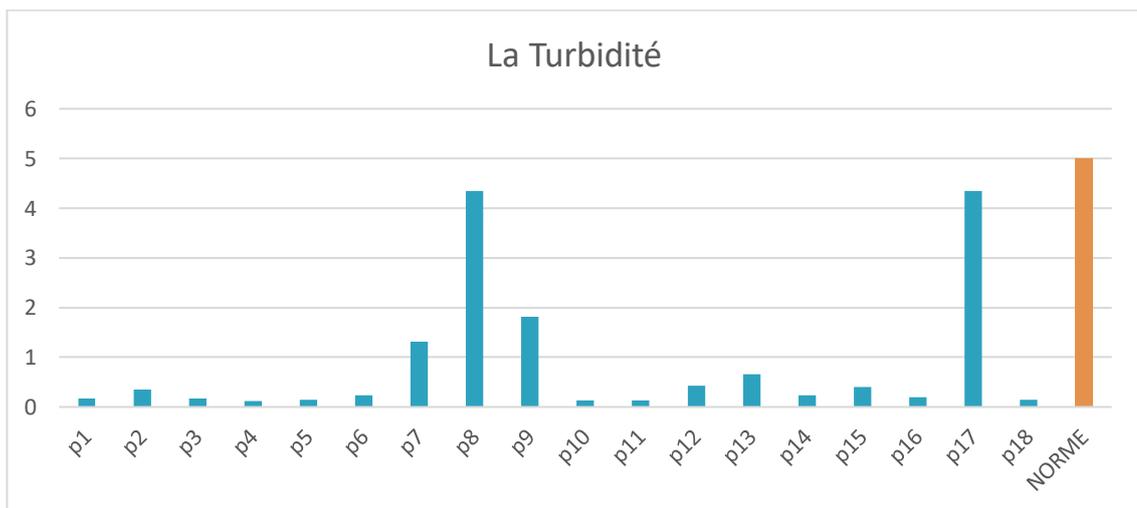


Figure 20 : La variation de la turbidité de l'eau [28].

Dans nos analyses on trouve que plus par des échantillons son a faible concentration est inférieurs a les normes algériennes de potabilité (5 NTU) sauf 2 puits a été enregistré a valeur maximale 4.34 NTU

4.2.1.4 Le résidu sec

Il contribue à déterminer la qualité de l'eau et modifie le goût de l'eau pour devenir minéral lorsqu'elle monte car il détermine la quantité de solides (minéraux et métaux) [9].

A partir de la Figure 21 tous les échantillons ne dépassent pas les normes algériennes (2000mg/l) et ses valeurs sont relativement proches varient entre (933-1387mg / l)

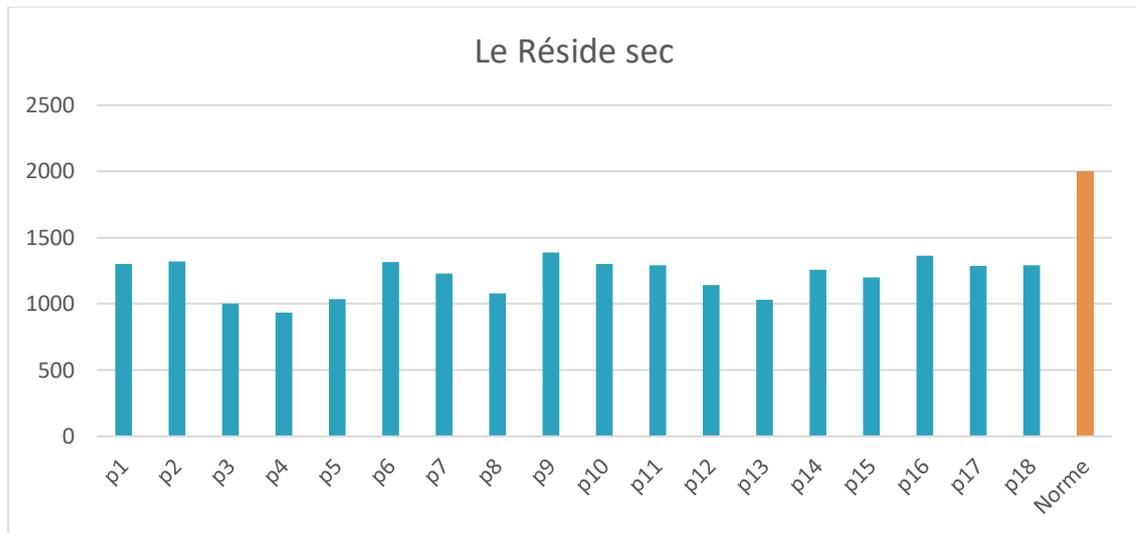


Figure 21 : la variation de résidu sec de l'eau[28].

4.2.1.5 La conductivité électrique (CE)

Après la figure 22 Les valeurs de la conductivité électrique varient entre (1610-2630 $\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenues dans nos échantillons Sont acceptables ne dépassent pas les normes algériennes (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de potabilité de l'eau.

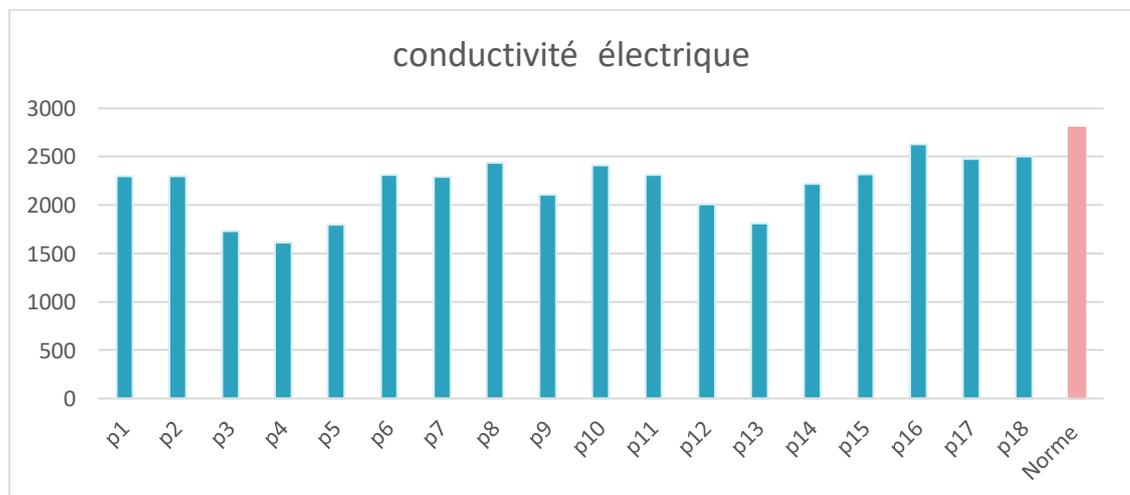


Figure 22 : variation de la conductivité électrique[28].

4.2.2.6 La Salinité

Tous les 18 échantillons de nos études classés à la classe C3 parce que la conductivité électrique de nos échantillons entre (1500-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Tableau 9 : Risque de salinisation Classification de l'eau d'irrigation, selon Ayers et Wescott, 1976 [26].

Classe de salinité	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Période etude
C1	<750	0%
C2	750-1500	0%
C3	1500-3000	100%
C4	>3000	0%

4.2.2 L'étude Des Paramètres Chimiques D'oued M'Zab

4.2.2.1 Dureté totale TH

La figure 23 montre que toutes les échantillons dépassent 500 mg/L, ce qui signifie qu'elles dépassent les normes algériennes de l'eau potable. Cela indique que l'eau est dure.

La plus faible valeur a été enregistrée à P4 avec 528 mg/L, tandis que la valeur la plus élevée est 792 mg/L dans l'échantillon 10. Cela s'explique par la présence d'ions calcium et magnésium dans l'eau, qui peuvent venir soit de la nature calcaire des roches souterraines, soit des activités humaines, comme le rejet des eaux usées [26].

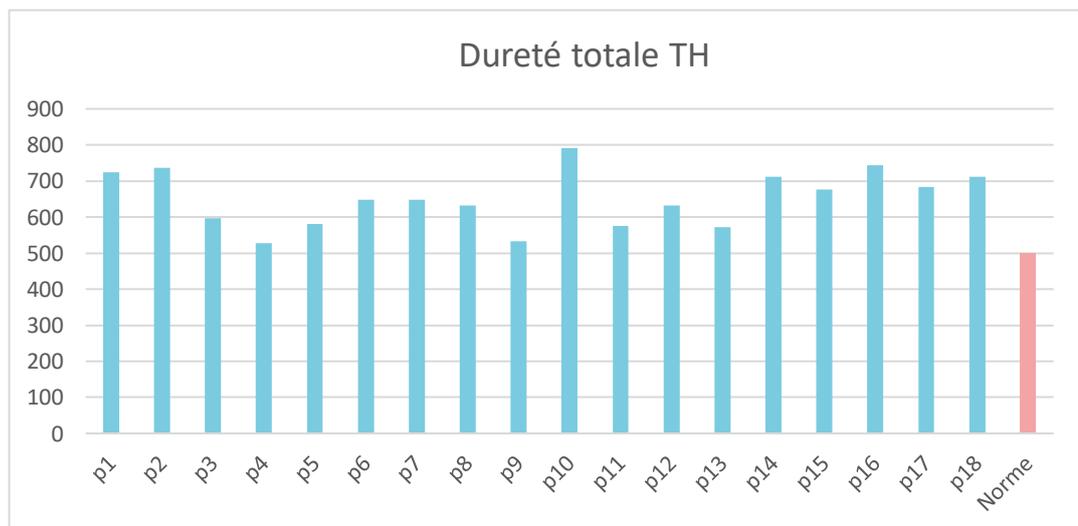


Figure 23 : variation de La Dureté totale [28].

4.2.2.2 Le calcium

Le calcium est l'un des principaux cations qui soient associés à la dureté de l'eau potable [43].

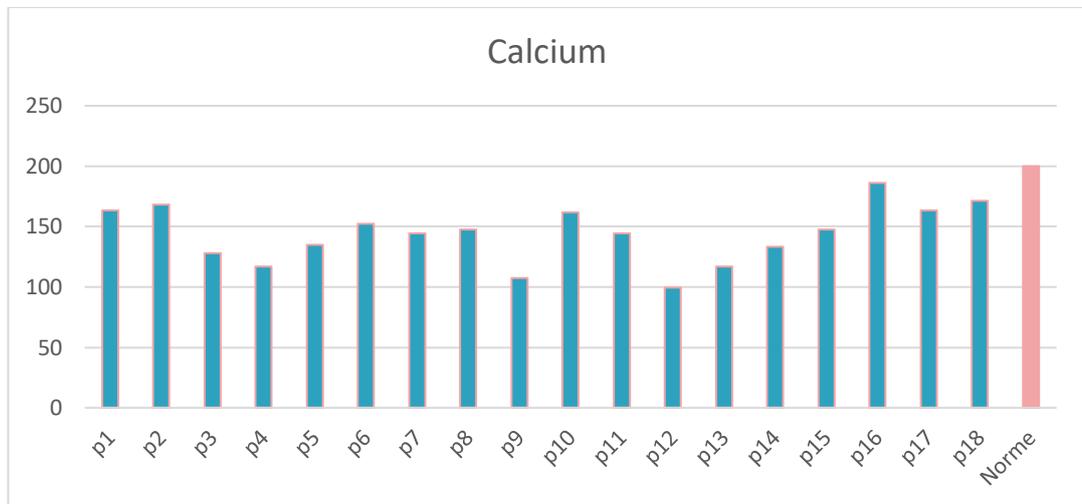


Figure 24 : variation de calcium [28].

D'après le graphique, on remarque que le calcium varie entre (99.398-185.971 mg/l) ne dépasse pas la norme algérienne de 200 mg/L dans tous les échantillons. La valeur la plus élevée a été enregistrée dans l'échantillon 16, avec 185,971 mg/L

4.2.2.3 Le magnésium

Le Magnésium est l'un des principaux facteurs de la dureté de l'eau, laquelle est étudiée dans une autre section. Il peut aussi donner mauvais goût à l'eau [44].

La figure 25 montre que la concentration la plus élevée de magnésium est de 94,284 mg/L dans l'échantillon p10 et les valeurs varient entre (52.488-94.312 mg/l) Cette valeur ne dépasse pas la norme algérienne pour l'eau potable (150 mg/L).

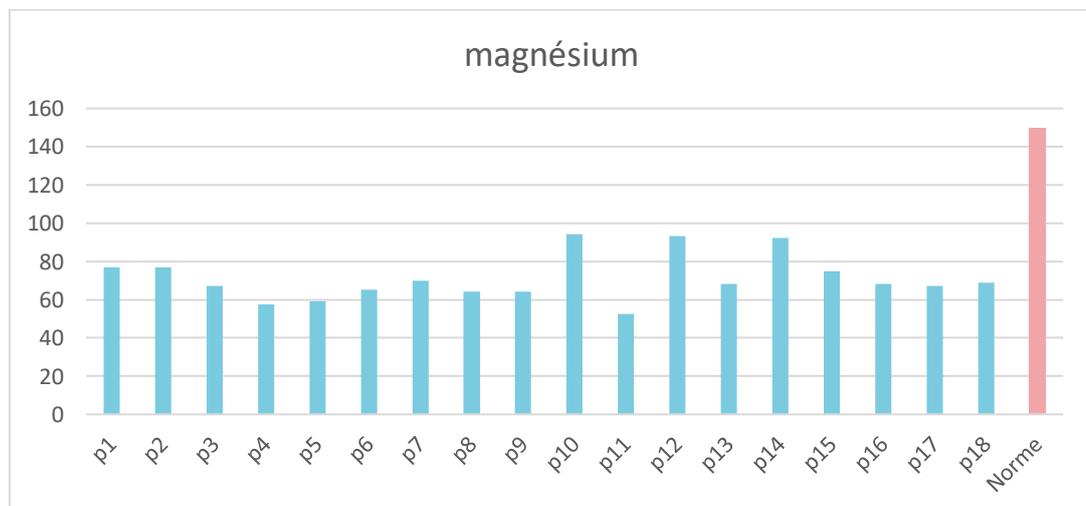


Figure 25 : variation de Magnésium [28].

4.2.2.4 les Chlorures

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel [45].

D'après la figure 26 nous avons remarqué que tous les échantillons ne dépassent pas les normes algériennes de 500 mg/L, où la valeur la plus élevée enregistrée est de 455,216 mg/L dans l'échantillon p8 appartient à la région cette puits elle situés dans le medium de la vallée

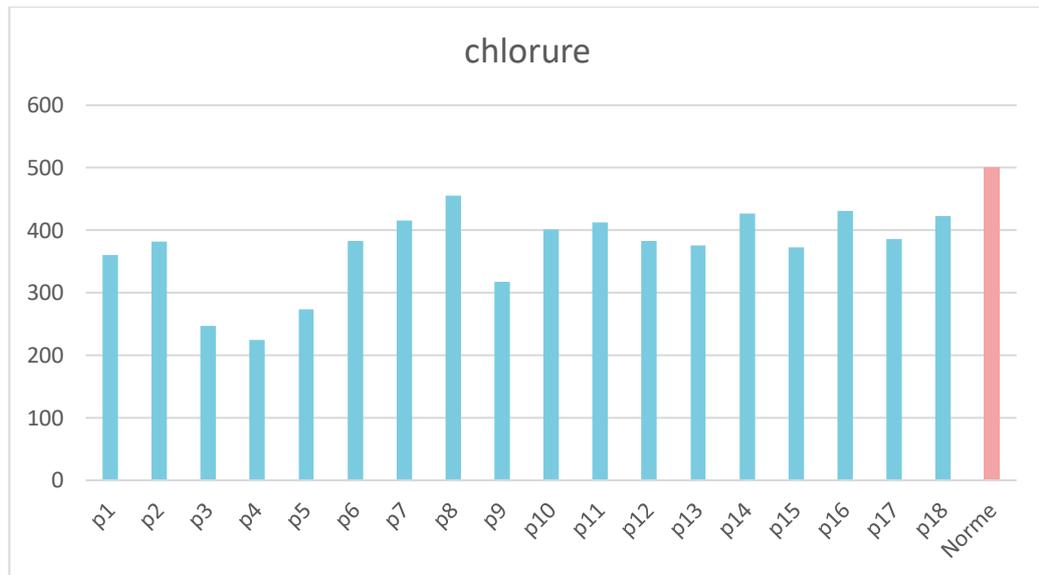


Figure 26 : variation des chlorures [28].

4.2.2.5 les sulfates

D'après la Figure 27, nous observons que la concentration des sulfates dans tous les échantillons varie entre (338.7-700mg /l) a dépassé les normes algériennes de l'eau 400 mg/l jusqu'à (700 mg/l) à l'exception de p6 et p5 qui n'ont pas dépassé ces normes.

A cause des activités humaines : l'utilisation excessive d'engrais dans l'agriculture et des eaux usées, ainsi qu'à des facteurs naturels : le manque de renouvellement de l'eau, a raison de rareté des pluies dans la région.

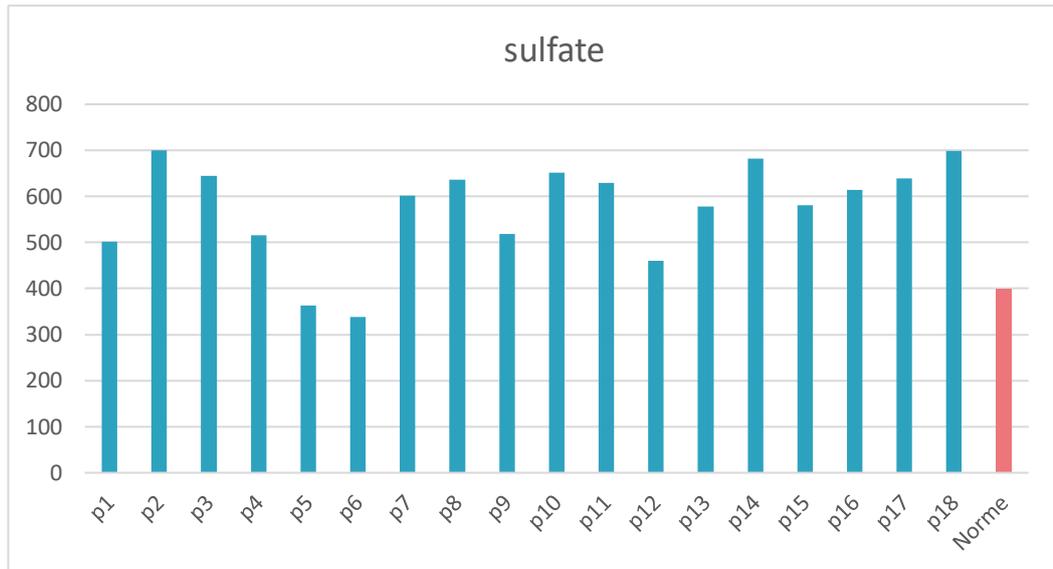


Figure 27 : variation de sulfate [28].

4.2.2.6 L'ammonium (NH_4^+)

A partir du tableau 8 on a marqué que L'ammonium trouvent dans tous les échantillons avec une concentration très faible ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité de l'eau (0.5 mg /l) Il existe une relation indirecte entre L'ammonium et la salinité. Plus la salinité est élevée, plus la concentration en ammonium est faible.

4.2.2.7 Le Fer

D'après la figure 28 le fer dans tous les puits analysés trouvent avec des faibles concentrations ne dépasse pas 0.3 mg/l Et enregistré la valeur maximale 0.129 mg/l Dans p17 a l'aval de vallée à cause des eaux stagnants et les déchets de l'oued.

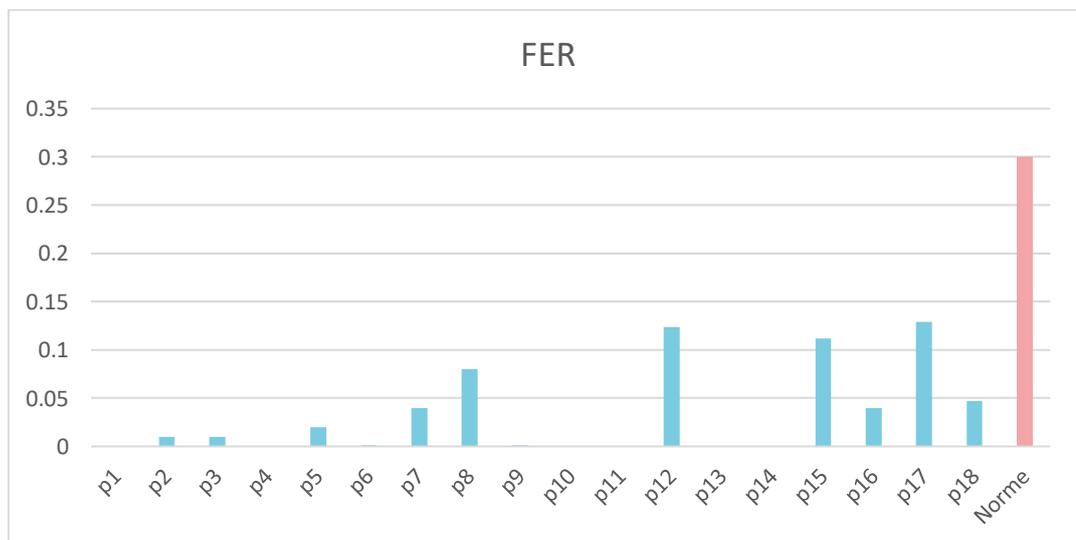


Figure 28 : variations de Fer

4.2.2.8 les Nitrites

Après la figure 29 on observe qu'il y a 2 puits qui dépassent les normes algériennes (0.1 mg/l) sont : p8 et p17. Si les nitrites dépassé ces normes Il devient un polluant majeur de l'eau. et pour cela il cause des maladies dangereuses a la santé humaine [38].

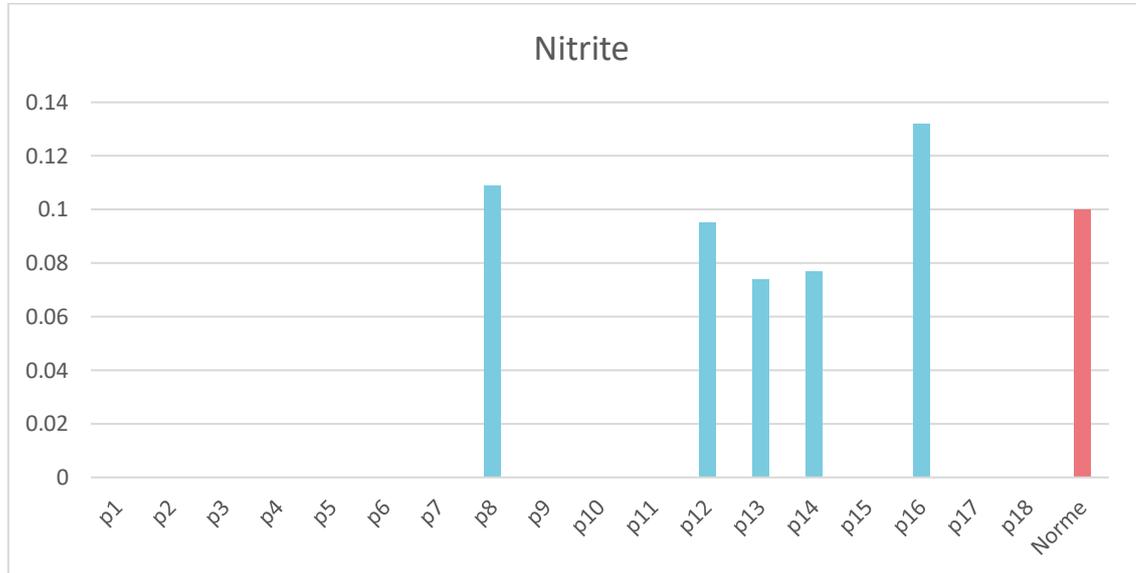


Figure 29 : variation de Nitrites [28].

4.2.2.9 Le Risque D'Alcalinité

L'alcalinité de l'eau reflète sa capacité à neutraliser les acides, due principalement à la présence d'hydroxydes, de carbonates et d'hydrogencarbonates. Elle est évaluée par deux titres : TA : mesure les hydroxydes et la moitié des carbonates. TAC : mesure l'ensemble des bases (hydroxydes, carbonates, hydrogencarbonates). La mesure se fait par titrage à l'acide sulfurique (N/50), avec la phénolphtaléine pour le TA et le méthylorange pour le TAC [46].

Tableau 10 : Type de l'Eau à partir de l'alcalinité [28].

Alcalinité recommandée mg/L CaCO ₃	Type d'eau
80-120	Eau potable
80-120	Eau de piscine
<120	Eau d'irrigation
50- 200	Eau pour aquaculture

A partir la valeur de l'alcalinité moyenne de notre région l'eau valable pour l'irrigation et pour l'agriculture.

4.3 Etude D'analyse Physico-Chimiques De Les Communes De La Vallée

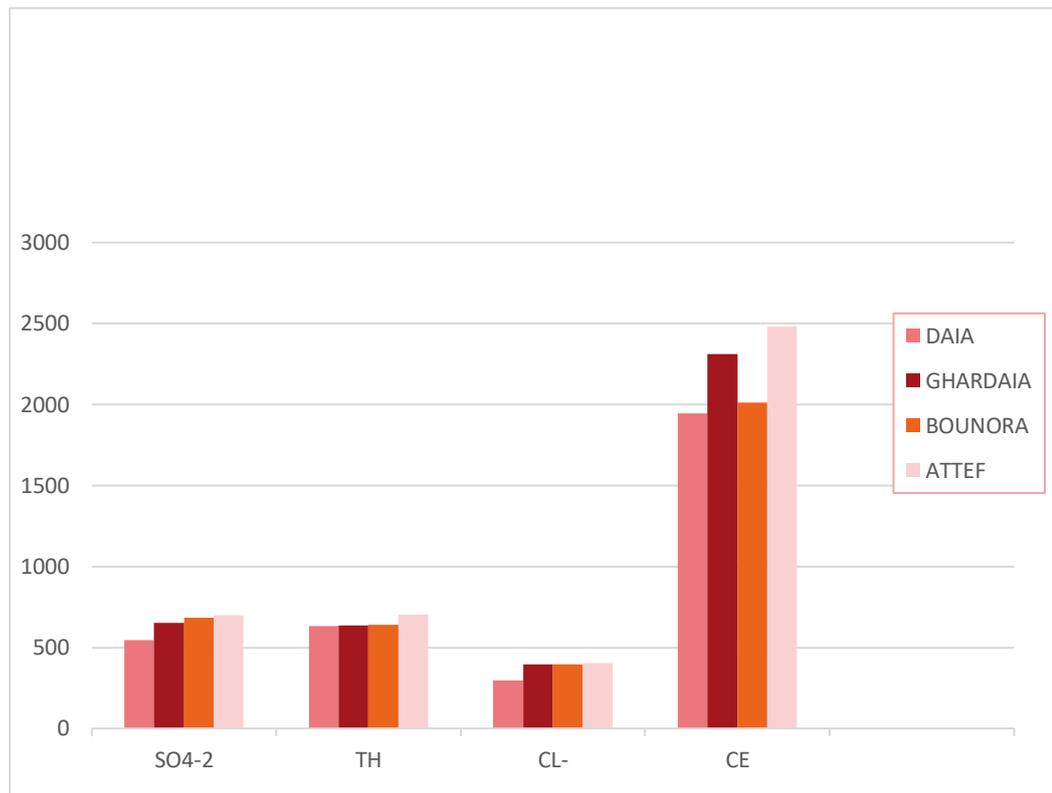


Figure 30 : les paramètres physicochimiques des communes de la vallée [28].

D'après la figure 30 :

- Les sulfates et la dureté (TH) dépassent les normes algériennes de potabilité dans les quatre communes de la vallée
- Pour les sulfates on a enregistré la valeur moyenne minimale dans l'amont (daïa) 545.02 mg/l et la valeur maximale à l'aval de la vallée (El Atteuf) 698.9 mg/l
- Et pour la dureté totale (TH) on a observé que les trois communes (Daïa, Ghardaïa, Bounoura) sont des valeurs proches par contre l'Atteuf la valeur la plus élevée 704 mg/l
- On observe la valeur minimale de chlorure enregistrée dans Daïa par rapport aux autres communes.
- Et pour la conductivité électrique les plus grandes valeurs enregistrées dans l'Atteuf et Ghardaïa par ordre.

4.4 Diagramme Piper Et Diagramme Schoeller

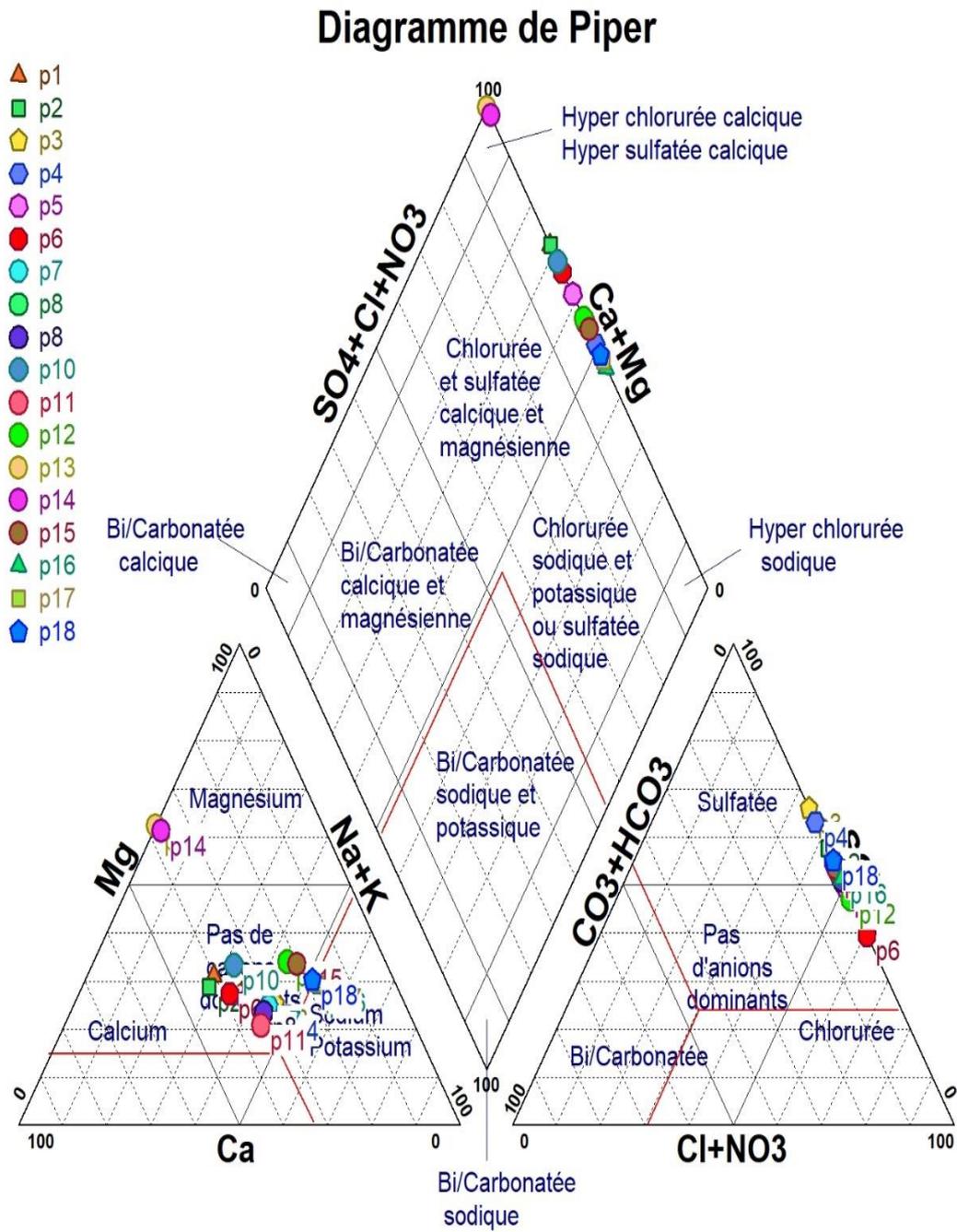


Figure 31 : le diagramme de piper

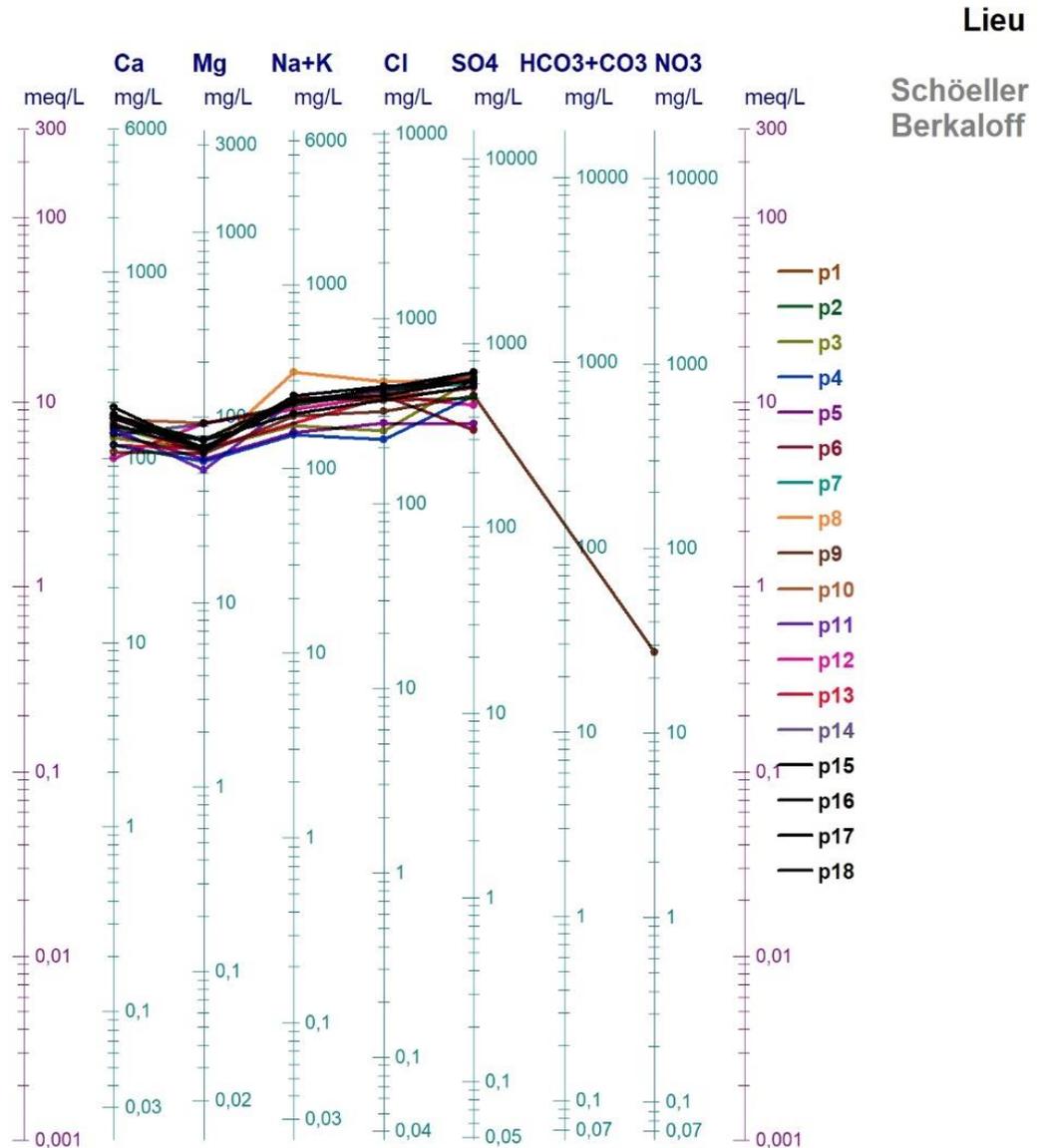


Figure 32 : diagramme de schoeller

A partir de la figure 31 et la figure 32 On observe que les faciès chimiques les dominant des eaux de la région d'oued M'Zab sont de type chlorurée et sulfatée calcique et magnésium L'analyse du triangle ternaire des cations révèle que la majorité des échantillons se situent dans une zone indiquant l'absence de cation prédominant, traduisant une composition relativement équilibrée entre les principaux cations.

Concernant le triangle ternaire des anions, on observe que la majorité des points tendent vers la dominance des sulfates, ce qui reflète une forte minéralisation liée probablement à la nature géologique du milieu.

Les eaux de la vallée M'Zab sont minéralisées avec une dureté élevée

4.5 Diagramme De Riverside Et Wilcox :

D'après la figure 33 on remarque que les plupart des échantillons classe dans la zone C3 S1 C'est à dire eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur sol bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée .voire la figure 33

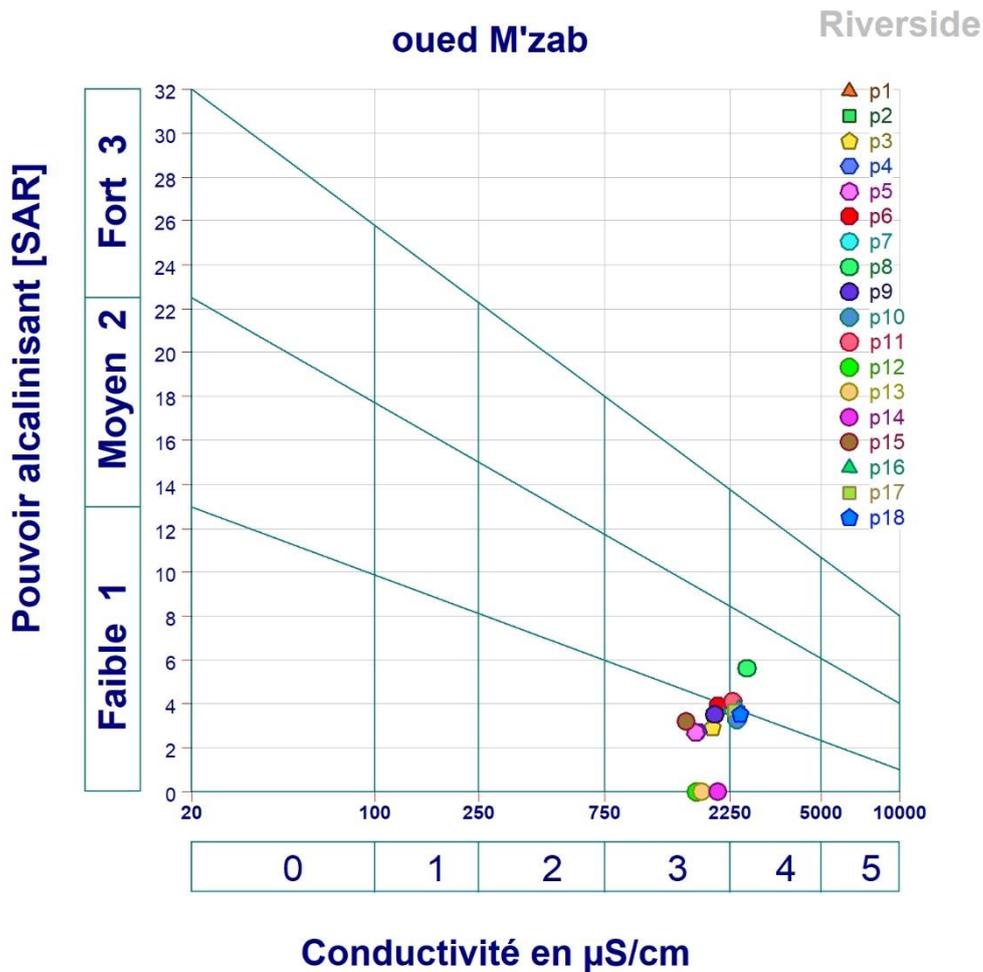


Figure 33 : le diagramme de Riverside

D'après la figure 34 on a observé que L'eau à qualité bonne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse

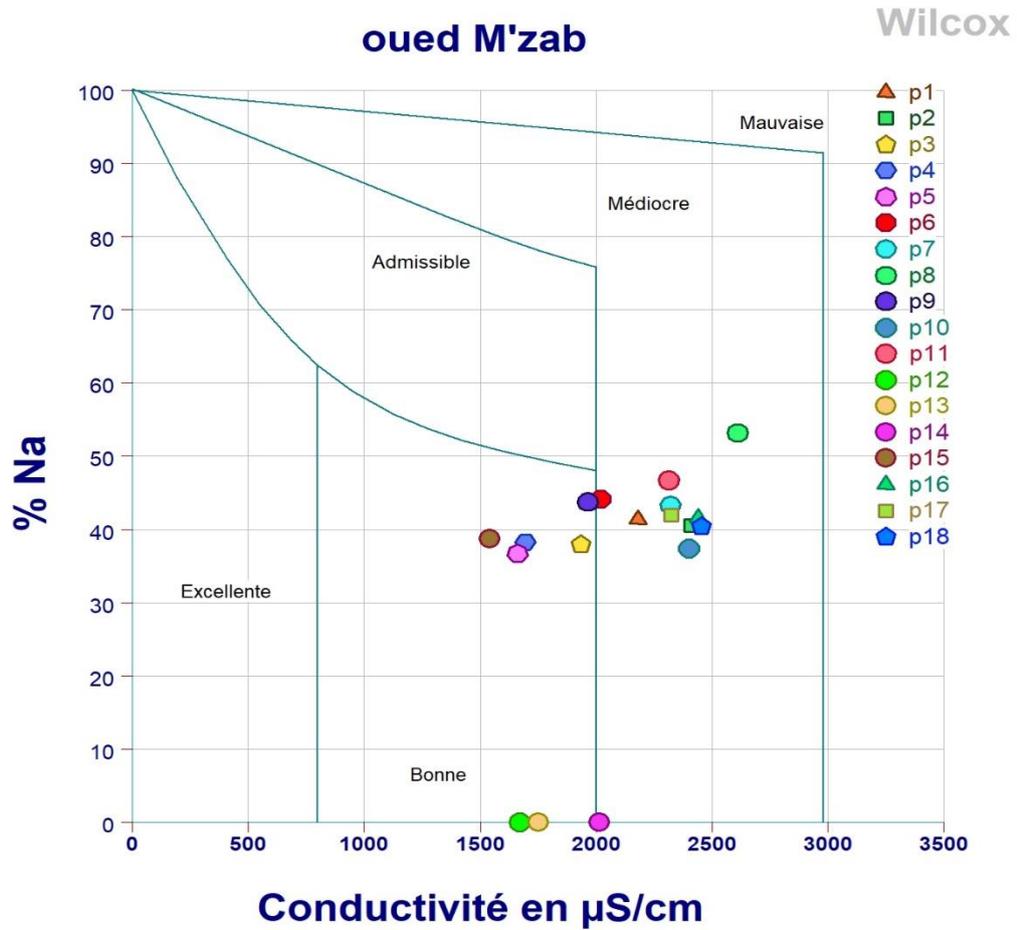


Figure 34 : le diagramme de Wilcox

4.6 L'indice De Qualité De L'eau (IQE) De La Vallée De Oued M'Zab.

La qualité de l'eau est classée en cinq catégories selon la valeur de l'indice de qualité de l'eau : (excellent, bonne, mauvaise et très mauvaise, Eaux non potable) qualité. Ce classement permet de déterminer les domaines d'utilisation possibles de cette eau (eau potable : irrigation et Industrie, eau potable : irrigation et industrie, irrigation et industrie, irrigation,) par ordre et Pour l'eau non potable il faut Faire un traitement avant l'utilisation. Voir le tableau 11.

Tableau 11 : classification de l'eau selon (IQE) [40].

Classe d'IQE	Type d'eau	Usage possible
0-25	Excellente	Eau potable ; irrigation et industrie
25-50	Bonne qualité	Eau potable ; irrigation et industrie
50-75	Mauvaise qualité	irrigation et industrie
75-100	Très Mauvaise qualité	Irrigation
>100	Eau non potable	Traitement approprié requise avant utilisation

4.6.1 L'indice de qualité de l'eau de l'amont de la vallée (Daïa)

On a calculé l'indice de qualité de l'eau avec le programme de tableau 7 de la commune daïa en utilise le moyenne des paramètres physico-chimiques de 5 puits de cette région

Nous obtenons la valeur IQE = 37.22 et cette valeur classé dans classe eau potable (25-50) type Bonne qualité. Usée pour irrigation et industrie. Voir le tableau 12

Tableau 12 : indice de Qualité de l'Eau de Daïa

paramètres	valeur M	valeur ID	valeur standard	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
pH	7,3000	7	8,5	3	0,0698	0,200	20	1,39
CE	1946,8000	0	2800	3	0,0698	0,690	69,52	4,85
TUR	0,1886	0	5	2	0,0465	0,038	3,77	0,17
RES	1119,4000	0	2000	2	0,0465	0,560	55,97	2,60
Ca ⁺²	142,3642	0	200	2	0,0465	0,710	71,18	3,31
Mg ⁺²	67,4552	0	150	2	0,0465	0,450	44,97	2,09
Dur	632,8000	0	500	3	0,0698	1,260	126,56	8,82
Cl ⁻	297,2374	0	500	3	0,0698	0,590	59,45	4,14
sulfate	545,0200	0	400	3	0,0698	1,360	136,25	9,50
Amomum	0	0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Fer	0,0080	0	0,3	5	0,1163	0,030	2,66	0,31
phosphate	0	0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Nitrite	0	0	0,1	5	0,1163	0	0	0
				43	1			37,2208129

IQE → Bonne Qualité

4.6.2 L'indice de qualité de l'eau de Ghardaïa (se situe en medium) la vallée de oued M'Zab

On a calculé l'indice de qualité de l'eau avec le programme de tableau 7 de la commune de la vallée en utilise le moyenne des paramètres physico-chimiques de 6 puits de cette région

Nous obtenons la valeur IQE = 47.34 et cette valeur classé dans classe eau potable (25-50) type Bonne qualité. Usée pour irrigation et industrie. Voir le tableau 13

Tableau 13 : indice de Qualité de l'Eau de Ghardaïa

paramètres	Valeur M	valeur ID	valeur standard	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
pH	7,11	7	8,5	3	0,0698	0,07	7,33	0,51
CE	2311,66	0	2800	3	0,0698	0,82	82,55	5,75
TUR	1,33	0	5	2	0,0465	0,26	26,55	1,23
RES	1267	0	2000	2	0,0465	0,63	63,35	2,94
Ca ⁺²	142,95	0	200	2	0,0465	0,71	71,47	3,32
Mg ⁺²	68,36	0	150	2	0,0465	0,45	45,57	2,12
Dur	638	0	500	3	0,0698	1,27	127,60	8,90
Cl ⁻	397,54	0	500	3	0,0698	0,79	79,50	5,55
Sulfate	562,42	0	400	3	0,0698	1,40	140,60	9,80
Amomum	0,0025	0	0,5	5	0,1163	0,005	0,50	0,05
Fer	0,0203	0	0,3	5	0,1163	0,06	6,76	0,78
phosphate	0	0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Nitrite	0,0545	0	0,1	5	0,1163	0,545	54,5	6,33
				43	1			47,3386597

IQE→Bonne Qualité

4.6.3 L'indice de qualité de l'eau de Bounoura (se situe en medium)

On a calculé l'indice de qualité de l'eau avec le programme de tableau 7 de la commune Bounoura en utilise le moyenne des paramètres physico-chimiques de 3 puits de cette région

Nous obtenons la valeur IQE = 50.48 et cette valeur classé dans classe eau non potable (50-75) type Mauvaise qualité. Utilisée juste pour l'irrigation et l'industrie. Voir le tableau 14

Tableau 14 : indice de Qualité de l'Eau de Bounoura

paramètres	valeur M	valeur ID	valeur standard	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
PH	7,513	7	8,5	3	0,0698	0,342	34,20	2,38
CE	2013,33	0	2800	3	0,0698	0,720	71,90	5,01
TUR	0,440	0	5	2	0,0465	0,080	8,81	0,41
RES	727,2	0	2000	2	0,0465	0,360	36,36	1,69
Ca ⁺²	116,52	0	200	2	0,0465	0,580	58,25	2,70
Mg ⁺²	84,56	0	150	2	0,0465	0,560	56,37	2,62
dur	638,66	0	500	3	0,0698	1,270	127,73	8,91
Cl ⁻	395,19	0	500	3	0,0698	0,790	79,03	5,51
Sulfate	573	0	400	3	0,0698	1,430	143,25	9,99
Amomum	0,004	0	0,5	5	0,1163	0,008	0,80	0,09
Fer	0,041	0	0,3	5	0,1163	0,130	13,77	1,60
phosphate	0	0	0,5	5	0,1163	0	0	0
Nitrite	0,082	0	0,1	5	0,1163	0,820	82	9,53
				43	1			50,4855693

IQE→Mauvaise Qualité

4.6.4 L'indice de qualité de l'eau de l'aval de la vallée (L'Atteuf)

On a calculé l'indice de qualité de l'eau avec le programme de tableau 7 de la commune de L'Atteuf

En utilise le moyenne des paramètres physico-chimiques de 4 puits de cette région Nous obtenons la valeur IQE = 53.71 et cette valeur classé dans classe eau non potable (50-75) type Mauvaise qualité. Usée juste pour l'irrigation et l'industrie. Voir le tableau 15

Tableau 15 : indice de Qualité de l'Eau de L'Atteuf

paramètres	Valeur M	valeur ID	valeur standard	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
pH	6,95	7	8,5	3	0,0789	0,03	3,33	0,26
CE	2482,5	0	2800	3	0,0789	0,88	88,66	6,99
TUR	1,7075	0	5	2	0,0526	0,34	34,15	1,79
RES	1285	0	2000	2	0,0526	0,64	64,25	3,38
Ca ⁺²	167,13	0	200	2	0,0526	0,83	83,56	4,39
Mg ⁺²	69,74	0	150	2	0,0526	0,46	46,49	2,44
Durté	704	0	500	3	0,0789	1,40	140,80	11,11
Cl ⁻	403,1	0	500	3	0,0789	0,80	80,62	6,36
sulfate	633,22	0	400	3	0,0789	1,58	158,30	12,49
Amomum		0	0,5		0,0000	0	0	0
Fer	0,082	0	0,3	5	0,1316	0,27	27,33	3,59
phosphate	0,0375	0	0,5	5	0,1316	0,07	7,50	0,98
Nitrite	0,003	0	0,1	5	0,1316	0,03	3	0,39
				38	1			53,7170739

IQE → Mauvaise Qualité

4.6.5 L'indice de qualité de l'eau de La vallée d'Ouad M'Zab

On a calculé l'indice de qualité de l'eau avec le programme de tableau 7 de la région d'étude oued Mzab en utilise le moyenne des paramètres physico-chimiques de 18 puits de la région

Nous obtenons la valeur IQE = 48.07 et cette valeur classé dans classe eau potable (25-50) type Bonne qualité. Usée pour irrigation et industrie. Voir le tableau 16

Tableau 16 : L'indice de La vallée de M'Zab

paramètres	valeur M	valeur ID	valeur standard	poids	poids relative WI	QI	QI*100	si=WI*QI
pH	7,15	7	8,5	3	0,0698	0,10	10,12	0,70
CE	2250,182	0	2800	3	0,0698	0,80	80,36	5,60
TUR	0,92	0	5	2	0,0465	0,18	18,54	0,86
RES	1223,09	0	2000	2	0,0465	0,61	61,15	2,84
Ca ⁺²	148,01	0	200	2	0,0465	0,74	74,00	3,44
Mg ⁺²	70,87	0	150	2	0,0465	0,47	47,24	2,19
Dur	660,91	0	500	3	0,0698	1,32	132,18	9,22
Cl ⁻	376,45	0	500	3	0,0698	0,75	75,28	5,25
Sulfat	585,7	0	400	3	0,0698	1,46	146,42	10,21
Amonum	0,0036	0	0,5	5	0,1163	0,01	0,72	0,08
Fer	0,042	0	0,3	5	0,1163	0,14	14,28	1,66
phosphate	0,018	0	0,5	5	0,1163	0,03	3,75	0,43
Nitrite	0,047	0	0,1	5	0,1163	0,47	47,61	5,53
				43	1			48,0672762

IQE→Bonne Qualité

Après notre étude, nous avons constaté que la qualité de l'eau dans les communes de Daïa et Ghardaïa, situées au mont de vallée, était bonne Qualité. Au contraire, dans les communes de Bounoura et El' Atteuf, situées en l'aval de vallée, la qualité de l'eau était mauvaise, ce qui peut être attribué à leur position. Et peut-être dû au fait qu'El 'Atteuf est une zone industrielle et qu'elle constitue un exutoire pour les eaux usées non traitées .Voir la figure 35.

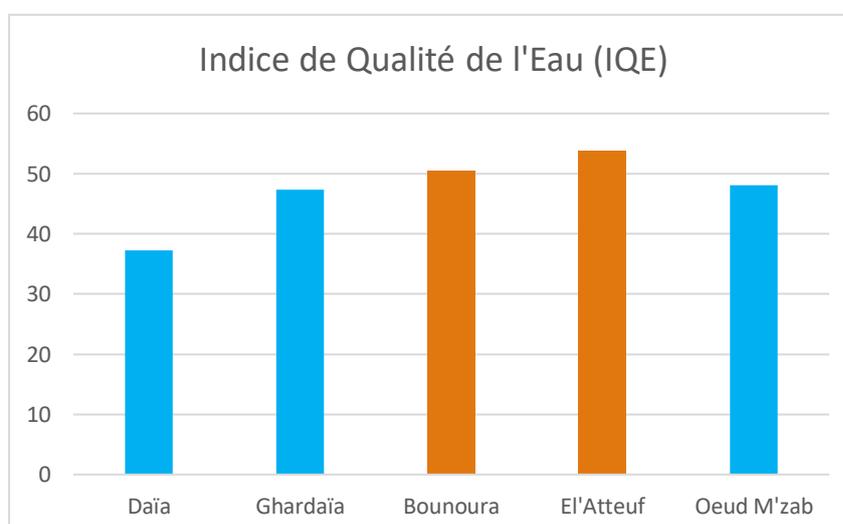


Figure 35 : La Variation de L'indice de Qualité de L'eau

4.6.6 L'indice de qualité de l'eau de chaque puits d'Ouda M'Zab

A partir le tableau 18 on a enregistré 11 puits a Bonne qualité et 7 puits a mauvaise qualité. La valeur la plus élevé de l'indice de qualité de l'eau trouve dans Ghardaïa p8=69.04 et la valeur la plus bas à daïa p1=39.91

Tableau 17 : l'indice de qualité de l'eau de chaque puits

<i>Puits d'eaux</i>	<i>Communes</i>	<i>Nom</i>	<i>Valeur IQE</i>	<i>Classe de qualité de L'eau</i>
<i>P1</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Laariche</i>	<i>39.91</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P2</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Sidi M'hamed.</i>	<i>44.54</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P3</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Oum Jdar.</i>	<i>35.79</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P4</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Chaaba El Hamra.</i>	<i>31.54</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P5</i>	<i>Daïa</i>	<i>Forage Taouillou.</i>	<i>34.25</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P6</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Parc ADE</i>	<i>46.71</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P7</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Ben Smara N° :01</i>	<i>56.19</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P8</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage El Hadj Messaoud.</i>	<i>69.04</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P9</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Chaabet Ennichene.</i>	<i>47.58</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P10</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Oued Nechou N°:03</i>	<i>42.57</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P11</i>	<i>Ghardaïa</i>	<i>Forage Hay El Moudjahidine.</i>	<i>39.42</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P12</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Sidi Abaz.</i>	<i>52.87</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P13</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Zouille</i>	<i>47.05</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P14</i>	<i>Bounoura</i>	<i>Forage Sidi Belkheir</i>	<i>54.35</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P15</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage 100 Logements</i>	<i>48.51</i>	<i>Bonne qualité</i>
<i>P16</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage 12/17 Medah</i>	<i>68.56</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P17</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage Zizrato.</i>	<i>58.15</i>	<i>Mauvaise qualité</i>
<i>P18</i>	<i>Atteuf</i>	<i>Forage Ami Hammou.</i>	<i>51.51</i>	<i>Mauvaise qualité</i>

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié l'indice de qualité de l'eau à l'aide de paramètres physico-chimiques et obtenu les résultats suivants

Les sulfates et la dureté (TH) dépassent les normes algériennes de potabilité dans les quatre communes de la vallée Pour la dureté total TH La plus faible valeur a été enregistrée à P4 avec 528 mg/L, tandis que la valeur la plus élevée est 792 mg/L dans l'échantillon 10.

Pour les sulfate nous observons que la concentration des sulfates dans tous les échantillons a dépassé les normes algériennes de l'eau 400 mg/l jusqu'à (700 mg/l) à l'exception de p6 et p5 qui n'ont pas dépassé ces normes.

Et pour les autres paramètres pH, conductivité électrique, turbidité et résidu sec, Calcium, magnésium, chlorure, ammonium, fer, phosphate et nitrite ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité de l'eau Par le diagramme piper et schoeller On observe que les faciès chimiques les dominant des eaux de la région d'oued M'Zab sont de type chlorurée et sulfatée calcique et magnésium

Les eaux sont chargées en sels surtout en aval de la vallée

On a enregistré 11 puits à Bonne qualité et 7 puits a mauvaise qualité. La valeur la plus élevée de l'indice de qualité de l'eau trouve dans Ghardaïa p8=69.04 et la valeur la plus bas à daïa p1=39.91

La valeur IQE de L'oued M'Zab est 48.07 cette valeur classé dans la classe eau potable (25-50) type Bonne qualité. Usée pour irrigation et industrie.

La majorité des eaux d'excellente et de bonne qualité sont localisées au niveau de la région de Daïa et Ghardaïa

Au contraire, les eaux de mauvaise qualité sont localisées dans la zone dominée par les activités agricoles et ou se trouvent les eaux stagnants et l'accumulation des oueds au niveau de l'aval de la vallée El Atteuf

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans cette étude on analysait 18 échantillons des puits d'eau de différentes communes (Daïa , Ghardaïa , Bounoura , El 'Atteuf) par ordre de la vallée Oued M'Zab de l' amont à l'aval de la vallée pour connaître la qualité d'eau de cette région à partir des analyses physico-chimiques au niveau de laboratoire d'analyses d'eau (ADE) pondant quelques mois de l'année 2025.

Et pour connaître cette qualité à partir de calculs l'indice de Qualité de l'eau (IQE) par un programme nous avons créé dans l'Excel on utilise des lois mathématiques international et des caractéristiques physico-chimiques en fonction des normes algériennes de potabilité.

L'évaluation de la variation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de la nappe Albanie de la région d'oued M'Zab montre que :

En général l'eau de notre région est de bonne qualité (IQE = 48.06)

62 % des puits de la vallée sont classés des eaux de bonne qualité et 38% des puits sont classés des eaux de mauvaise qualité

La majorité des eaux de bonne qualité sont localisées au niveau de la région de Daïa et Ghardaïa Et Les eaux de mauvaise qualité sont localisées dans la zone dominée par les activités agricoles et où se trouvent les eaux stagnantes et l'accumulation des oueds au niveau de l'aval de la vallée El' Atteuf.

Tous les échantillons ont des concentrations en sulfate, et dureté sont élevées et dépassent la norme Algérienne de potabilité

Les éléments chimiques de fer, ammonium, et nitrite et phosphate sont présentés à faible concentrations ne dépassent pas les normes algériennes.

D'après les diagrammes de piper et schoeller on a connaitre que l'eau de notre région sont des eaux chlorurées calciques et sulfatée calcique.

Et pour le Diagramme de Riverside et Wilcox on confirme nos résultats que l'eau de bonne qualité à médiocre utilisé pour l'irrigation et agricole.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

- [1] Drouiche A., Zahi F., Debieche T. H., Mahdid S., Ghechem A., Lasmia H. Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des eaux de la zone marécageuse d'El-Kennar (Jijel, N-E Algérien). Algrie-equipement. 2019.
- [2] Z. Baba amer, "Analyse d'une famille d'herbicides triazines par FT/IR et GC/MS Application à la recherche des polluants organiques dans un puits d'El Atteuf " Ghardaia" Thèse magister univ. Ouargla, 2001
- [3] LE GRAND LIVRE DE L'EAU EUROPE .,Anton Glushchenko
Xylem Inc.,Denise Pouleurs.,Éditions Festina Lente, 2023.
- [4] J. Dubief , "Le climat du sahara, institut des recherches sahariennes", mémoire hors série, tome 1 et 2 .Alger, p275, 1963
- [5] EAU et CLIMAT Livre Bleu -Rédigé par:le Ministère Délégué chargé de l'Eau, Royaume du Maroc le Conseil Mondial de l'Eau,Edité par: le Conseil Mondial de l'Eau.EDITION 2017.
- [6] Peter H. G., Meena P. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. Procès of the national academy of science. 2010.
- [7] Pendoue M. Polarité du champ magnétique terrestre et inversion de la polarité du champ magnétique terrestre la reconstruction de la croix et les deux modes de communication. Ed. Lulu.com.2019
- [8] A. Olivier, Chimie et pollutions des eaux souterraines. Lavoisier, 2015.
- [9] Djedadoua N.Etude Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux Du Barrage De Hammam Debagh (Guelma).2017
- [10] Y. Beskri, M. Belhadj aissa, F. Hosine & A.Belhadj aissa "Extraction des indice géomorphologiques des bassins versant sà partir du MNT. Application : Bassin versant de Oued M'zab, Algerie" Journal d'animation scientifique (JAS09) de l'AUF Alger, 2009
- [11] Fetter, C. W. (2001). Contaminant Hydrogeology. Prentice Hall.
- [12] Ministère ressources en eau, « agence nationale des ressources hydrauliques >> Algerie, 2003
- [13] Todd, D.K. & Mays, L.W. (2005). Groundwater Hydrology (3rd ed.). Wiley
- [14] Ministère ressources en eau, « agence nationale des ressources hydrauliques » Algerie, 1993.
- [15] Babaamer z., Boulaghmen F., Iddou A., Moulai K.Characterization of urban wastewater and elimination of their pollution using clay materials in the M'zab Region, Algeria2023
- [16] Djaani M., Baba Amer Z.Evaluation Of The Quality Of Wastewater Treated By The El Atteuf Natural Lagoon System And By El Menia Natural Clay2020

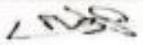
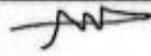
- [17] Cherifi B. Etudes d'anthropologie historique et culturelle sur le M'Zab. Thèse doctorat. Université Paris-VIII Vincenne-Saint-Denis.2003.
- [18] Benabderrahmane H . Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques caractérisant la qualité des eaux de la nappe phréatique de la région d'oued M'Zab.Thèse doctorat . Université Ghardaia.2021
- [19] Bouamer K., Remini B., Habi M., Rezzag K. Les effets de la crue d'octobre 2008 sur la qualité de l'eau dans la vallée du M'Zab, Algérie. Revue de l'eau et de l'aménagement du territoire. 2019
- [20] Mihoub R. Essais d'interprétation des anomalies hydrogéothermales de la région de Ghardaia, Algérie. Thèse doctorat. Université des Frères Mentouri
- [21] <https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/ghardaia/2025/>
- [22] HALASSA CH., HOUNI W. Quelle intervention hydraulique pour une nuisance urbaine cas de Oued M'zab . fin d'étude master université ghardaia. 2021.
- [23] Guide du prélèvement. les Services Santé Environnement.des directions régionale et départemental
- [24] "Manuel Des Analyses Pmanuel Des Analyses Physico-Chimiques Des Eaux De Boisson" Laboratoires De L'ade De Ghardaiahysico-Chimiques Des Eaux De Boisson" Laboratoires De L'ade De Ghardaia
- [25] DJELLOULI Y ., SIOUSIOU R .Ghardaïa face aux risques environnementaux Ingénieur hydraulicien, Ghardaïa.2009
- [26] Benabderrahmane H., Baba Amer Z. Water wells quality assessment using water quality index for the purposes of drinking of M'Zab wadi region. Journal of fundamental and applied sciences. 2020.
- [27] Baba Amer Z. L'analyse de l'eau physico-chimie, microbiologie.Université de Ghardaia. 2014.
- [28] Manuel des analyses physico-chimiques des eaux de boisson" LABORATOIRES DE L'ADE DE GHARDAIAhysico-chimiques des eaux de boisson" LABORATOIRES DE L'ADE DE GHARDAIA
- [29] Hemaza M.,Zouidja H.Etude de qualité des eaux de consommation de la région de Ghardaïa. Mémoire master 2022.Université de Ghardaïa.
- [30] Quevauviller Ph. Protection des eaux souterraines législation européenne et avancées scientifiques. Lavoisier. 2010.
- [31] J. Rodier, B. Legube, and N. Merlet, "L" analyse de l'eau" Dunod Paris," ed, 2009.
- [32] Fried J.J. Pollution des eaux souterraines. Elsevier. 1975.

- [33] Drouiche A., Zahi F., Debieche T. H., Mahdid S., Ghechem A., Lasmia H. caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des eaux de la zone marécageuse d'el-kennar (jijel, n-e algérien). Algrie- équipement. 2019.
- [34] Kadi A. La gestion de l'eau en Algérie, hydrological sciences journal. 1997.
- [35] Matías Miguel S. A. Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Planète et Univers [physics].Thèse doctorat. Université Paul Sabatier - Toulouse III. 2008.
- [36] Selma Benbitour, Babaamer zohra (2019) Étude des paramètres physico-chimiques caractérisant la qualité des eaux du lac El'Menia. Revue algérienne des sciences fondamentales et appliquées
- [37] A. Zidi and M. M. Senoussi, "Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux d'oued Méskiana (Oum El Bouaghi) sur les sols de la région de Méskiana, 2021.
- [38] Nitrate and Nitrite in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality
- [39] Nordine Nouayti, Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) Assessment physico-chimiques quality of groundwaterof the Jurassic aquifers inhigh basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco) 2014.
- [40] Khadri S, Latifi S, Haied N , Laraba A, Foufou A . L'évaluation de la qualité des eaux de l'oued Seybouse (Bassin versant de la moyenne Seybouse) en utilisant l'indice de la qualité de l'eau (WQI).
- [41] Guettaf M., Maoui A., Ihdene Z. Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria). Applied water science.2014
- [42] Balloy Mwanza P., Katond J.P., Hanocq P. Évaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). Tropicultura. 2019.
- [43] American Water Works Association, Water quality and treatment, a handbook of community water supplies, 4e édition. F.W. Pontius (dir. techn. de la publ.). McGraw-Hill, New York, NY (1990)
- [44] National Academy of Sciences. Drinking water and health. Part 1. Ch. 1-5. A report of the Safe Drinking Water Committee Advisory Center on Toxicology Assembly of Life Sciences. U.S. National Research Council, Washington, DC. p. V66 (1977).

- [45] National Academy of Sciences. Nutrient and toxic substances in water for livestock and poultry. National Academy Press, Washington, DC (1974).
- [46] J. Rodie "L'analyse de l'eau "edition Dunod Belgique, 2005.

ANNEXE

Autorisation d'impression finale d'un mémoire de master

	Nom et prénom	Signature
Le président de jury	Daoud Mounir	
Examineur	Babaarb illyas	
Examinatrice	Moulay Kerroumia	
Encadrante	Babaamer Zohra	

Je soussigné : Daoud Mounir

Président de jury des étudiantes : Tahar Ikram et Sendjal Chourouk

Filière : Chimie. Spécialité : Chimie analytique

Thème : Évaluation de la qualité des eaux albiennes de la région de l'oued M'zab à l'aide de l'indice de qualité des eaux.

J'autorise les étudiantes mentionnées ci-dessus à imprimer et déposer leur manuscrit final au niveau du département.

Ghardaia le : 26/06/2025

Le président de jury



Le chef de département


 قسم التعليم المشترك
 العلوم والتكنولوجيا
 في غرداية