

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaïa



N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Filière : Hydraulique

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Caractérisation Hydrochimique et qualité des eaux souterraines
en contexte urbain :**

Cas de l'agglomération de la ville de Ghardaïa(Algérie).

Par :

**LANAG Rachid
TALEB AHMED Naimi**

Devant le jury composé de:

BOUBELLI Salim	MCA	Université Ghardaïa	Encadrant
HAFSI Radia	MAA	Université Ghardaïa	Examineur
MECHRI Bachir	MAB	Université Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

*Avant tout nous tenons nos remerciements à notre Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de faire ce modeste travail À la suite Nous tenons à remercier vivement Mr. **boubelli salim** notre promoteur qui a fourni des efforts énormes, par ses informations leurs conseils et leurs encouragements.*

Nous exprimons nos sincères remerciements et nos plus vives gratitudeux aux membres de jury qui a accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nous profitons également de cette occasion, pour adresser nos sincères remerciements, à tous les enseignants ayant contribué à notre formation durant notre parcours universitaire.





D

Dédicace 1

*À ma chère mère
À mon cher père
Aucun hommage ne pourrait être
à la hauteur de l'amour dont ils ne
cessent de me combler.*

Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À mes frères et mes sœurs qui m'ont toujours soutenu

À tous mes collègues et amis qui m'aiment

Je dédie ce modeste travail

« Rachid »



Dédicace 2

Je dédie ce modeste travail à :

*À mes chères parentes
Ceux qui se sont sacrifiés et ont tout*

fait pour arriver à ce que je suis

À mes frères et mes sœurs, mes grands

Parents et ceux qui ont partagé avec

moi tous les moments d'émotion lors

de la réalisation de ce travail

*À ma famille, Mes proches et à ceux
qui me donnent de l'amour et de la vivacité*

« naimi »

Résumé

La ville de Ghardaïa est située dans le sud de l'Algérie et est connue comme une zone forestière et agricole. L'approvisionnement en eau de la population dépend principalement des ressources en eaux souterraines (La nappe Albienne). La pollution des eaux de surface et le développement récent de l'irrigation et de l'agriculture dans la région ont conduit à une utilisation accrue des eaux du Continental. Les couches hydrogéologiques de Ghardaïa sont caractérisées par deux couches, la couche aquifère de surface (troy) à une profondeur de 40 m et la couche continentale (Alpine) à une profondeur de 280 m. L'étude de qualité des ces eaux souterraine montrent que ces eaux sont potables et bonne pour la consommation humaine vis-à-vis les anions et les paramètres physiques et même pour les cations à l'exception du sodium qui se trouve avec des concentrations non conforme aux normes algérienne de potabilité des eaux.

Mots clés : Ghardaïa, nappe Albienne, Qualité, Potabilité des eaux.

Abstract

The city of Ghardaïa is located in southern Algeria and is known as a forest and agricultural area. The water supply of the population depends mainly on groundwater resources (the Albian tablecloth). Pollution of surface water and the recent development of irrigation and agriculture in the region have led to increased use of continental waters. The hydrogeological layers of Ghardaïa are characterized by two layers, the surface aquifer layer (Troy) at a depth of 40 m and the continental layer (Alpine) at a depth of 280 m. The quality study of these underground waters show that these waters are drinking and good for human consumption vis-à-vis the physical anions and parameters and even for cations with the exception of sodium which is with non-concentrations Complies with Algerian standards of water potability.

Keywords: Ghardaïa, Albian tablecloth, quality, water potability.

ملخص:

تقع مدينة غرداية في جنوب الجزائر والمعروفة كمنطقة غابية و فلاحية. تعتمد إمدادات المياه للسكان بشكل أساسي على موارد المياه الجوفية (الجيب الألبيني). أدى تلوث المياه السطحية والتطور الأخير للري والزراعة في المنطقة إلى زيادة استخدام المياه القارية. تتميز الطبقات الهيدروجيولوجية لغرداية بطبقتين ، طبقة المياه الجوفية السطحية (تروي) على عمق 40 متر والطبقة القارية (الألبين) على عمق 280 متر. تُظهر دراسة الجودة لهذه المياه الجوفية أن هذه المياه صالحة للشرب وجيدة للاستهلاك البشري تجاه الأيونات والمعلومات المادية وحتى بالنسبة للكاتيونات باستثناء الصوديوم الذي يتوافق مع عدم التركيز مع المعايير الجزائرية لشراء الماء .

الكلمات المفتاحية: غرداية ، الجيب الألبيني ، الجودة ، قابلية شرط الماء.

Sommaire

Remerciement

Dédicace 1

Dédicace 2

Résumé

Introduction générale : I

Chapitre I: Généralités sur la zone d'étude

1- Etude de milieu : 4

1-1 Situation géographique 4

1-2 La géomorphologie : 7

2- Contexte socio-économique : 8

Chapitre II: Aperçu Climatique

1- Introduction : 10

3- Analyse des paramètres climatiques : 10

a) La température : 10

b) Précipitation : 12

Conclusion : 16

Chapitre III : Sources de l'eau

1- Introduction 18

2- Source en eau 18

a) Eaux de surface : 18

b) Eaux souterraines : 18

2- Ressources en eau dans le Sahara algérien : 19

a) Eaux superficielles : 19

b) Eaux souterraines : 20

3- Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa : 21

a) Nappe phréatique : 21

b) Nappe du continental intercalaire : 22

4- Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa : 22

a) Les systèmes de captage des eaux de surface :.....	22
b) Les systèmes de captage des eaux souterraines :.....	23
5- Caractéristique organoleptiques des eaux souterraines :.....	23
a) La couleur :	23
b) L'odeur et Saveur :	23
c) Matières en suspension (MES) :	23
6- Généralité sur l'eau potable :.....	24
a) Qualité de l'eau de consommation :.....	24
b) Potabilités des eaux.....	24
c) Les limites de qualité :	24
7-Les paramètres microbiologiques :.....	24
8- Les paramètres physico chimiques:.....	25
d) Les effets des paramètres sur les conduites et de la santé :.....	26
e) Pollution des eaux :.....	28
9- Les conséquences de pollution d'eau :	28
10- Les atouts des eaux souterraines :.....	28
a) Au plan quantitatif :	28
c) Au plan qualitatif :	29

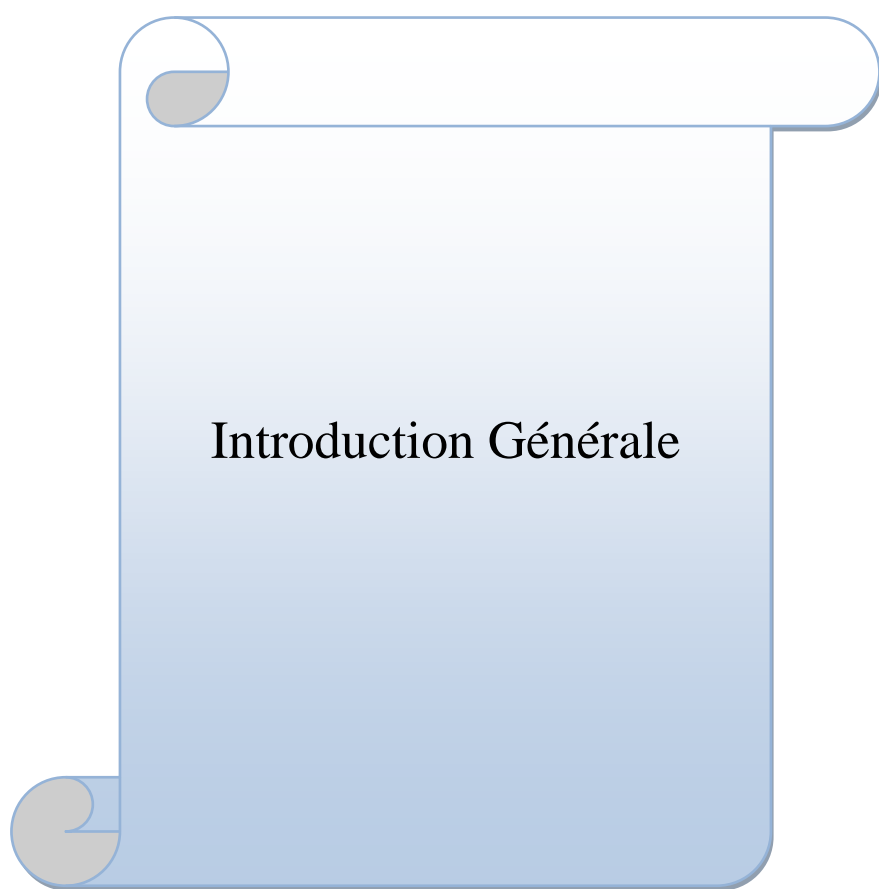
Chapitre 04 : Caractéristiques hydrochimie et qualité des eaux

1-Introduction :.....	31
2- Facies chimique :	32
a) Diagramme de piper :.....	32
b) Diagramme de Schoeller-Berkaloff :.....	33
3- Répartition et chimisme des eaux :.....	34
a) Répartition spatiale du Potentiel d'hydrogène (pH) :.....	34
b) Répartition spatiale des températures :.....	35
d) Répartition spatiale de potassium K :.....	37
e) Répartition spatiale des chlorures :.....	38
f) Répartition spatiale de magnésium (Mg ²⁺) :.....	39
h) Répartition spatiale des sulfures (SO ₄ ⁻) :.....	41
i) Répartition spatiale des bicarbonates (HCO ₃ ⁻) :.....	42

j) Répartitions spatiale d'ammonium (NH_4^+) :.....	43
k) Répartitions des nitrates (NO_2) :.....	44
l) Répartitions des Titres alcalimétrique complet (TAC) :	45
m) Répartition de fer (Fe)	46
n) Répartition des titre hydrotimétriques (TH) :.....	47
o) Répartition des Taux de salinité (TDS) :.....	48
3-. Qualité des eaux :.....	49
a) Paramètres physiques :.....	49
b) Les cations :	50
c) Les anions :	50
Conclusion générale	52

liste des figure

Figure 01 :Carte de situation de Ghardaïa.	6
Figure 1 :Carte de situation de Ghardaïa.	6
Figure 2 : carte géomorphologique de la région de Ghardaïa.....	7
Figure 3Captage des eaux sous terraine.....	19
Figure 4: Répartition spatiale du potentiel Hydrogène (pH).	34
Figure 5Répartition spatiale de Température.....	35
Figure 6Répartition spatiale de sodium (Na ²⁺).....	36
Figure 7Répartition spatiale de potassium(K).	37
Figure 8Répartition spatiale de calcium (Ca ²⁺).	38
Figure 9:Répartition spatiale de magnésium (Mg ²⁺)	39
Figure 10Répartition spatiale des chlorures.....	40
Figure 11:Répartition spatiale des sulfures (SO ₄ ⁻).....	41
Figure 12:Répartition spatiale des bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	42
Figure 13: Répartitions des nitrates (NO ₂).	44
Figure 14: Répartitions des Titres alcalimétrique complet (TAC)	45
Figure 15: Répartition de fer (Fe)	46
Figure 16: Répartition des titres hydrotimétriques (TH).	47
Figure 17: Répartition des Taux de salinité	48
Figure 18: Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les paramètres physiques.....	49
Figure 19:Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les cations.	50
Figure 20: Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les anions.	51



Introduction Générale

Introduction générale :

L'eau, l'une des plus importantes ressources naturelles, à l'instar des pays de la rive Sud du bassin méditerranéen, l'Algérie, pays à climat essentiellement semi-aride à aride dans la majeure partie de son territoire, est confronté au problème du développement et de la gestion durable de ses ressources en eau. En effet, bien que disposant d'importantes chaînes de montagnes, d'une large ouverture maritime et par une grande disparité géographique, ces ressources en eau sont limitées vis à vis d'une forte demande qui résulte de la croissance démographique, de l'amélioration des conditions de vie, du développement des différentes industries et de l'extension de l'irrigation. Le Grand Sahara Algérien renferme d'importantes réserves d'eaux souterraines qui ne peuvent être expliquées par le climat actuel et qui sont à la base du développement agricole et urbain dans cette zone. Certains auteurs pensent que les eaux des nappes du Sahara sont fossiles (BURDON, 1977 ; MARGAT & SAAD, 1982 et 1984 ; MARGAT, 1990), c'est-à-dire qu'elles se sont infiltrées et accumulées au cours des temps géologiques, leur alimentation s'est poursuivie au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire par infiltration sur les affleurements des couches perméables jusqu'à débordement de ces derniers, et que le niveau actuel des nappes traduit le résultat d'un tarissement pur depuis l'Holocène (PIZZI et SARTOLI, 1984). Pour d'autres, par contre, il existe une recharge actuelle des nappes sahariennes. Cette alimentation se manifeste lorsque certaines conditions climatiques, topographiques et géologiques sont réunies (DUBIEF, 1953). Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité, le Sahara est avant tout "le pays du Soleil".

Les régions arides renferment d'importantes réserves en eau souterraine dont la qualité est dans la plupart des cas médiocre. Dans de telles régions où règnent des conditions climatiques dures, le renouvellement des nappes est soumis aux aléas du climat. Les eaux souterraines jouent un rôle très important dans l'alimentation en eau potable des habitants de la région ainsi que dans l'irrigation et l'industrie. Pour une meilleure gestion de ces eaux, est indispensable de caractériser les aquifères et connaître les modalités de l'écoulement ainsi que la qualité chimique de ses eaux. Notre méthodologie de travail consiste à cerner l'étude géologique de la région puis prélever des échantillons d'eau pour des analyses physico-chimiques.



Introduction Générale

Les résultats obtenus serviront à tracer les différentes cartes et de les interpréter. L'objectif principal de ce travail consiste à synthétiser et actualiser les informations hydrogéologiques du système aquifère de la région de GHARDAIA.

Aussi étudier la chimie des eaux de l'ensemble aquifère ancien de la région de (GHARDAIA). Cette étude s'articule autour des chapitres suivant : introduction générale;

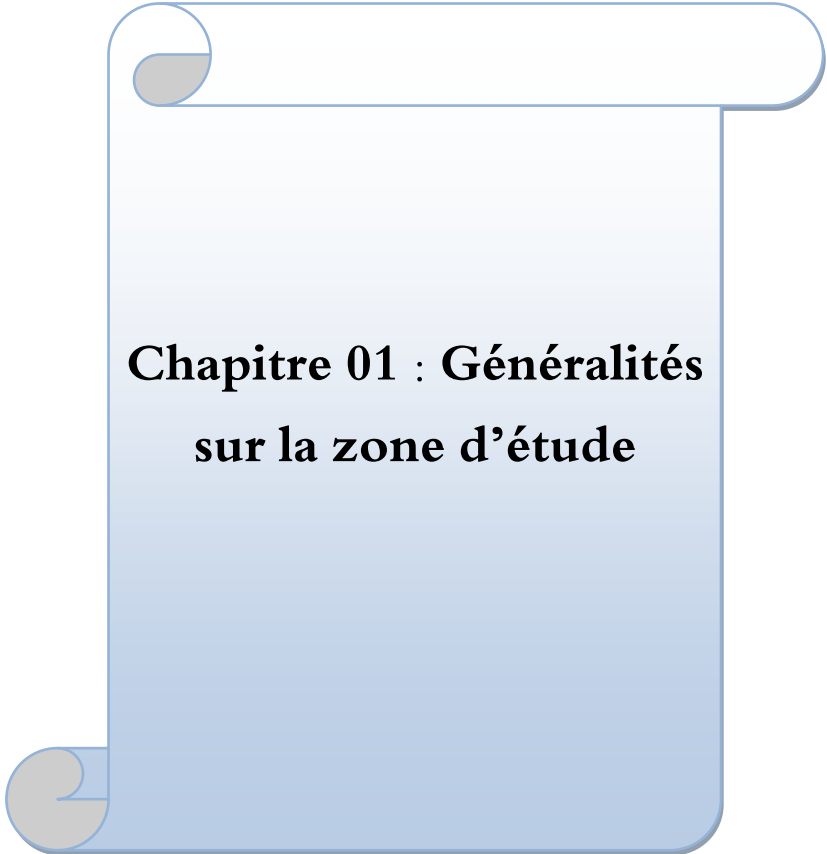
Chapitre 1 : Généralités sur la zone d'étude.

Chapitre 2 : Aperçu Climatique.

Chapitre 3: Sources de l'eau.

Chapitre 4 : Caractéristiques hydrochimiques et qualité des eaux.





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

1- Etude de milieu :

On présentera la région d'étude (Ghardaïa) qui va être la zone de prélèvement des eaux potables pour les différentes études expérimentales réalisés au niveau du laboratoire.¹

1-1 Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara. A environ 600 Km de la capitale Alger. Ses coordonnées géographiques sont :

- Altitude 480 m.
- Latitude 32° 30' Nord.
- Longitude 3° 45' Est.

La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.560 km², elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Laghouat (200 km) .
- Au Nord Est par la wilaya de Djelfa (300 km).
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla (200 km).
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset (1200 km).
- Au Sud-ouest par la wilaya d'Adrar (800 km) - A l'Ouest par la wilaya d'El-Bayad (350 km) .

La wilaya comporte actuellement 13 communes regroupées en 9 daïra pour une population a estimé à 455.572 habitants.²

¹ AN.R.H., 2011 – Inventaire Des Forages D'eau Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya

De Ghardaïa ; Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ; 15 p.

² les nouveaux piézomètres captant la nappe du CI ; ANRH ; Ghardaïa, Algérie ; 14p.

La commune de Ghardaïa est située au nord de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km de Berriane ; elle est le chef-lieu, située à 600 km au sud d'Alger. Elle couvre une superficie de 306 km² ; et repérée par les coordonnées suivantes :

- Altitude 480 m.
- Latitude 32° 29' 27.38" Nord.
- Longitude 3° 40' 24.49" Est.

Elle est limitée :

- Au nord par : Berriane
- Au sud par : Bounoura
- A l'est par: Bounoura et Berriane
- A l'ouest par : Dhayet ben dhahoua.³

³ AUBERT G., 1975 – Les sols sodiques en Afrique du Nord. Ann. LN.A., Alger, 6 (1): 185-195.

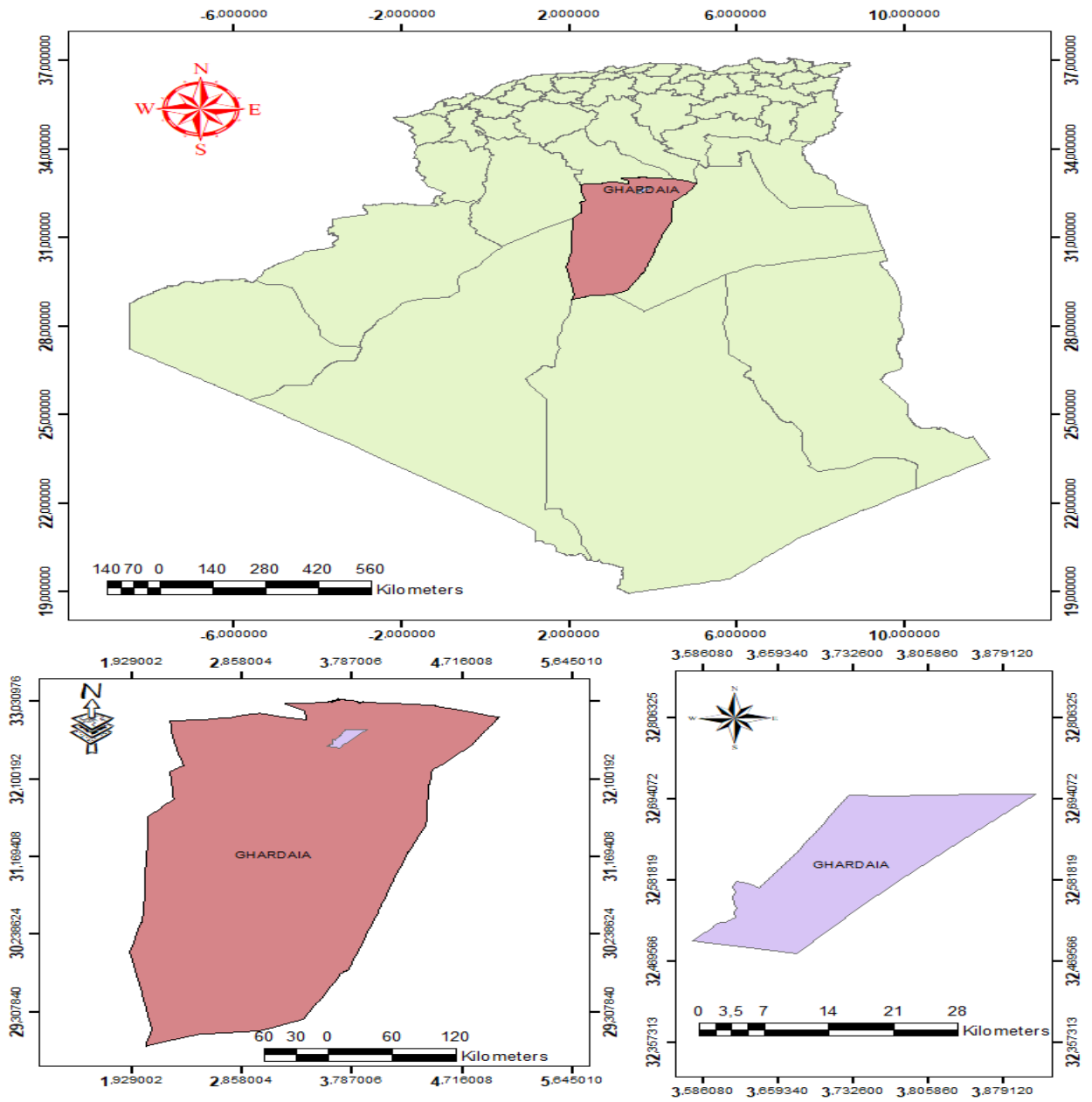


Figure 01 :Carte de situation de Ghardaïa.Figure 1 :Carte de situation de Ghardaïa.

1-2 La géomorphologie :

La région de Ghardaïa est caractérisée par un relief très accidenté formé par un réseau serré de ravines séparées par des crêtes ou des croupes. Les ravins sont sous l'action de l'érosion pluviale au début du quaternaire.⁴

- **Les oueds** : Oued M'zab, zone de confluence de l'oued El Haimeur (laadira) avec l'oued Touzouz jusqu'à El Atteuf
- **Hamada** : terre régulée qui existe à l'Est de la région de Ghardaïa
- **Chebka** : comme une terre rocheuse ou existe les lignes des ensembles des oueds exemple oued Metlili, oued Sebseb ou Oued N'Sa.⁵
- **Aregs** : est une formation des sables différents en volume soit mobiles ou stables, ils occupent une grande partie de la superficie totale de la wilaya de Ghardaïa.

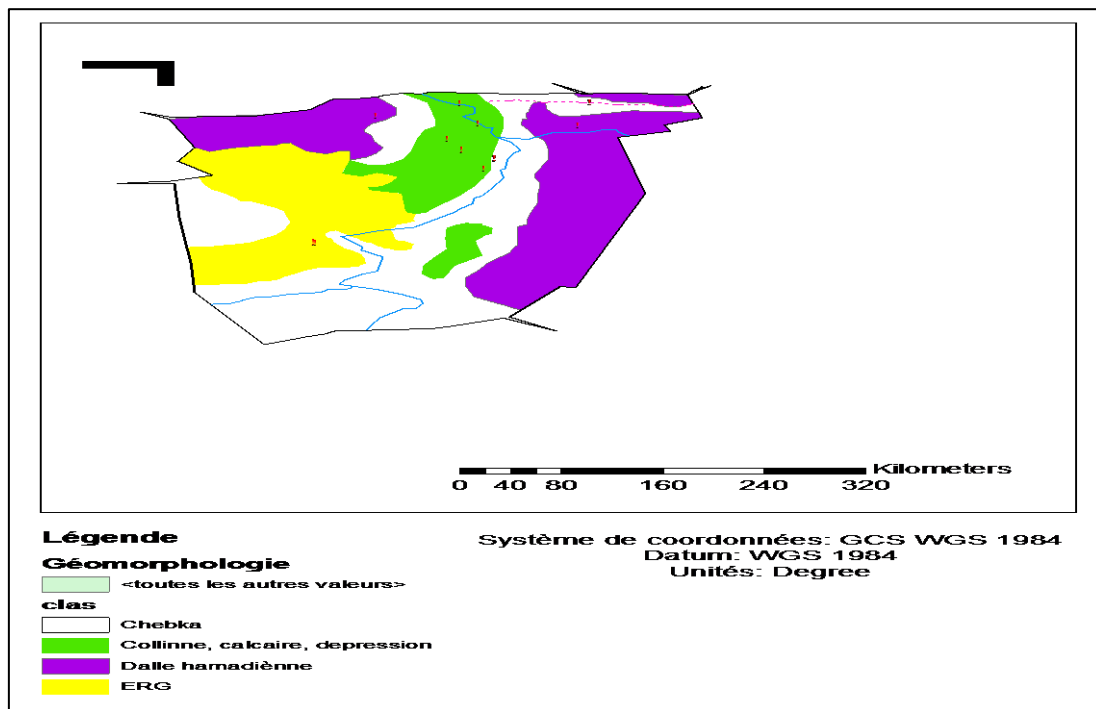


Figure 2 : carte géomorphologique de la région de Ghardaïa.

⁴ AUBERT G., 1976 - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales INA, Alger Vol N° 1, pp185-196.

⁵ ACHOUR M. (2003) : étude hydrogéologique de la nappe phréatique de la vallée de metlili (ghardaïa) 36p.

2- Contexte socio-économique :

L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de :

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

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



Chapitre II:
Aperçu Climatique

1- Introduction :

La région de Ghardaïa est une région située dans le Sahara septentrional caractérisé par un climat chaud et sec en été et froid en hiver, L'étude climatique est très importante. Elle nous permet de déterminer les caractéristiques de climat de notre région et mettre en évidence la contribution des différents facteurs à la variation des ressources en eau souterrain tel que la température, L'humidité, La précipitation, Le vent, L'évaporation et l'évapotranspiration.

2- Présentation de station climatologique :

La seule station disponible à l'intérieur de notre bassin versant est celle de l'ONM située près de l'aéroport de Ghardaïa. Ses coordonnées sont :

Tableau 1Caractéristique Géographique de Station Climatologique.

Code de la station	Nom de la station	Altitude Z(m)	Coordonnée		Période d'observation
			Latitude	Longitude	
605660	GHARDAIA Noumérat	468	32°24 N	03°48 E	2010 - 2020

3- Analyse des paramètres climatiques :

a) La température :

Ce paramètre joue un rôle essentiel dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient Dans l'estimation du bilan hydrogéologique. C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région, le tableau ci-dessous montre les données de température.⁶

Tableau 2Températures (°C) moyennes mensuelles, des maximas et des minimas pour les dix ans (2010-2020) dans la région de ville de Ghardaïa

Températures (°C) moyennes mensuelles, des maximas et des minimas pour les dix ans (2010-2020) dans la région de ville de Ghardaïa

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T _{min}	8	8	15	50	23	27	30	28	25	18	14	9
T _{max}	18	22	24	29	34	40	44	41	36	30	22	20

⁶ Vincent Luyet «Stations météo», Rapport, Février 2010.

T moymensuelle	14.4	16.3	21	17	31.7	40	41	40	35	28	20	15
-------------------	------	------	----	----	------	----	----	----	----	----	----	----

On observe a partir le tableau que :

- La température minimum est en janvier et février avec une valeur de 8°C
- La température maximum est en juillet avec valeur de 44°C
- La moyenne mensuelle des températures à la station météorologique est de l'ordre de 24,74°C, elle est comprise entre 14.4 °C (Janvier) et 41°C (juillet).

La courbe représente des températures (min, max et moy) montrent pratiquement la même allure avec chacune. Un axe de symétrie (mois de janvier). Ce qui nous laisse supposer la présence de deux périodes bien distinctes.⁷

- Une phase allante du mois d'Avril à Juin marquée par une nette progression des températures.
- Une période stabilité maximale de mois de Juin à Aout.
- Une période qui débute au mois de Septembre ou les températures baissent Pour atteindre leur minimum au Décembre.

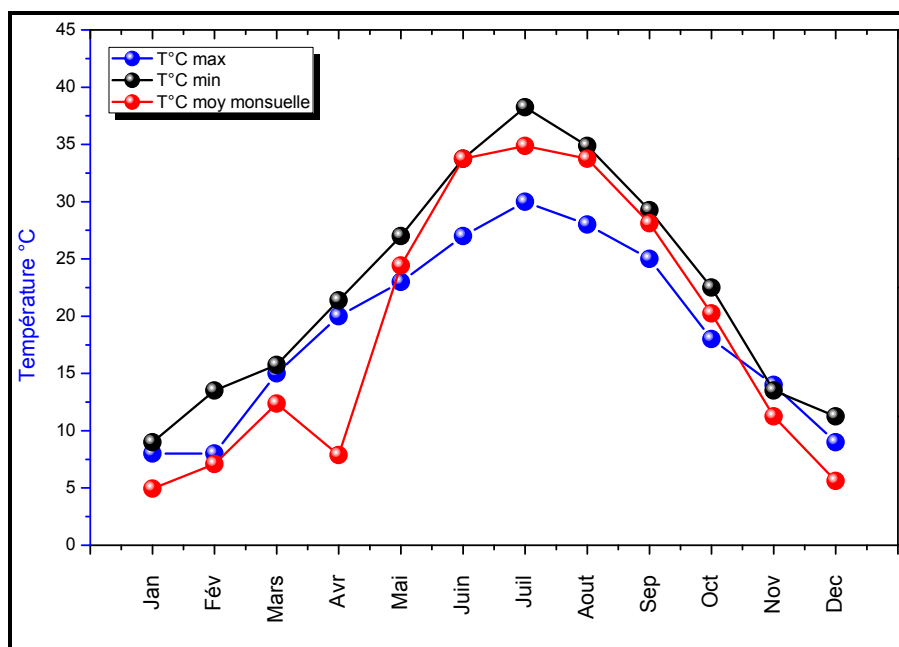


Figure 03 : Variation des Températures mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020)

⁷ Foudil Zahra; « Réalisation d'un prototype d'une station météorologique dédiée aux applications des énergies renouvelables », Mémoire de Master, Université de Béchar, 2020.

b) Précipitation :**Précipitations moyenne mensuelles :**

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de (2010-2020). Selon le (Tableau 03), on observe que le mois de Septembre est le pluvieux avec une moyenne de 8.29 mm (Fig.04). Par contre le mois de Février est le plus sec avec une moyenne de 2.2 mm.⁸

Tableau 03 : Précipitations moyenne mensuelles (2010-2020).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P_{moy} mensuelle	2.79	2.2	6.89	5.093	4.4	4.18	2.79	6.193	8.294	4.29	3.597	2.695

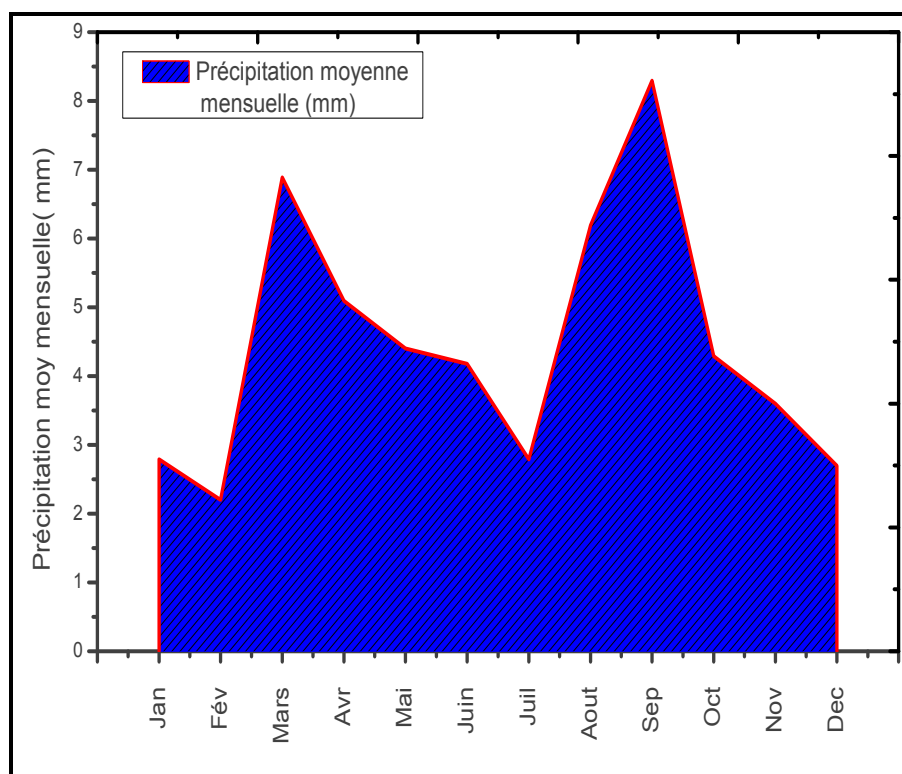


Figure 04 : Variation des Précipitations moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020).

c) Humidité :

⁸ History of Home Weather Stations: <https://www.acurite.com/learn/history-of-homeweather-stations>. Mise à jour Mai 2021.

L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère. L'humidité moyenne de la région est minimum pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 20.60 % et maximum pendant le mois de décembre avec une valeur de 62.40 %.⁹

Tableau 04 : Humidité moyenne mensuelles de région de Ghardaïa

(2010-2020).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité	56.59	48.4	41.19	35.2	29.49	25.69	20.59	24.69	32.39	40.59	51.7	62.39

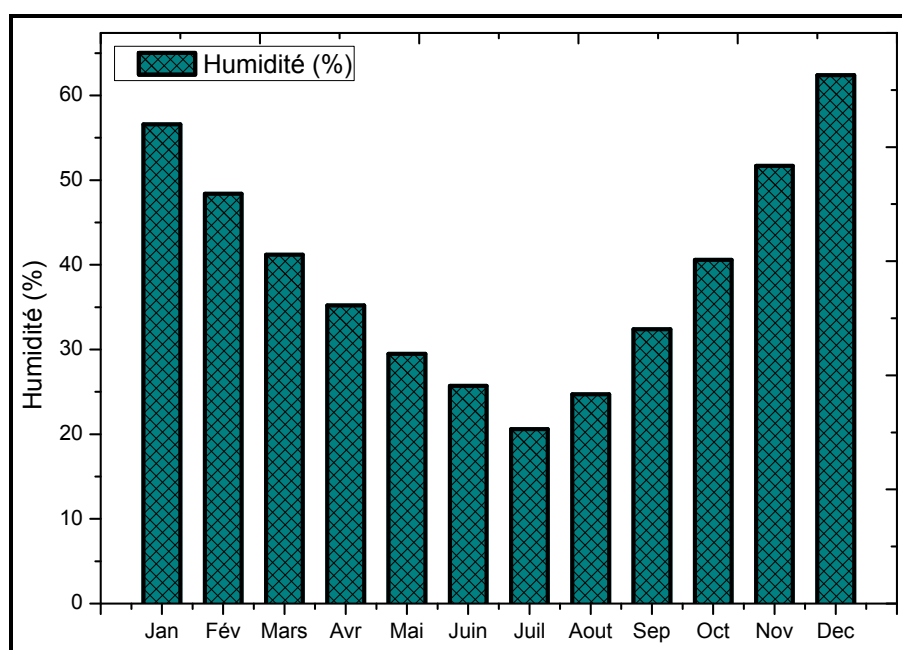


Figure 05 : Variation d'Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020).

d) Le vent :

Le vent est un agent climatique influant directement sur le climat d'une région. Sa vitesse Régit l'évaporation à la surface du sol et de la végétation.

La région de Ghardaïa est traversée par des vents de direction générale nord-ouest.

Les vitesses Moyennes mensuelles des vents à la station ONM Ghardaïa. Sont illustrées dans le tableau Suivant :¹⁰

⁹ Mahmoud Bacha Aissa; « Conception et réalisation d'une plateforme station météo connectée», Mémoire de Master, Université de Boumerdes, Algérie, 2017

¹⁰ Hilab Mouaiz ;« Réalisation d'une station météorologique à base d'Arduino UNO»,

Tableau 05 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents de région de Ghardaïa (2010-2020).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
V _{vent}	21.89	25.09	26.5	26.5	25.9	24.89	21.39	19.69	20.6	20	21.69	20.39

On remarque que le maximum des vitesses est enregistré au mois mars et avril de valeur 26.5 m/s et le minimum Au mois de Aout de valeur 19.70 m/s

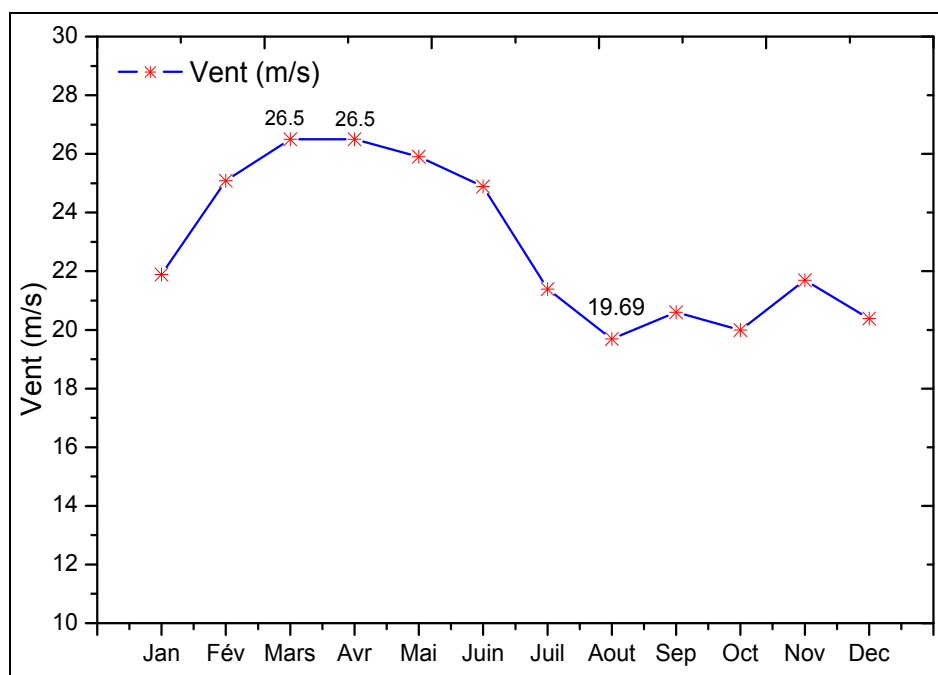


Figure 06: Variation des vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2010-2020).

e) Diagramme ombrothermique de Gaussen $P=2T$:

Le diagramme ombrothermique relève des tentatives pour dépasser un problème : on ne peut pas mesurer le climat, mais seulement des éléments (précipitation, température, humidité...). Une combinaison peut être tentée par calcul : de là vint la mode des indices climatiques associant dans une formule les deux éléments considérés comme essentiels, précipitations et températures. Le diagramme ombrothermique repose sur une formule : si $P/T < 2$ alors le mois est «sec», avec P : précipitation mensuelle moyenne exprimé en millimètres et T : température mensuelle moyenne exprimée en degrés Celsius.

Le but de cette analyse est de déterminer le climat. ¹¹

Mémoire de master, université de Biskra, 2018.

¹¹ BADRAOUI M. 2003 - Elaboration d'un modèle d'écobilan pour l'évaluation environnementale

Tableau 06: **donnes de diagramme ombrothermique de Gausсен.**

mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc.
P moy mensuelle	2.79	2.2	6.89	5.093	4.4	4.18	2.79	6.193	8.294	4.29	3.597	2.695
T moymonsuele	14.4	16.3	21	17	31.7	40	41	40	35	28	20	15

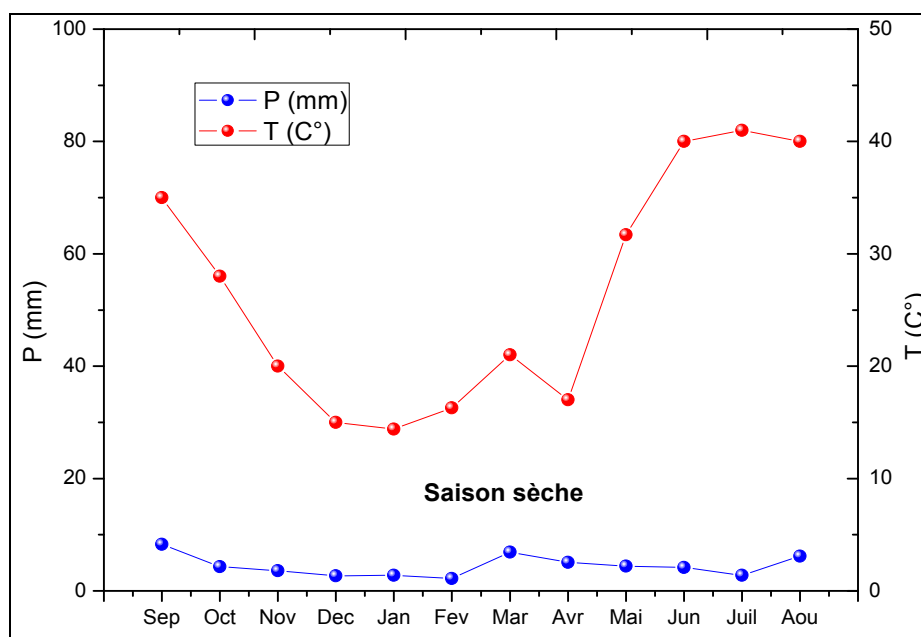


Figure 07: **diagramme ombrothermique de Gausсен de la région de Ghardaïa P =2T.**

de l'agriculture irriguée au Maroc (Cas de périmètre irrigué de Tadla). institut Agronomique et Vétérinaire Hassan IT Rabat, 38p.

Conclusion :

Le climat de la région de Ghardaïa est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (max 16mm) d'une part, et les températures très élevées dépassent 30°C pendant le mois de Juin (max moy 32.93°C) et juillet (max moy 34.69°C) d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région à partir ces hautes températures et faibles précipitations acquièrent un climat saharien hyper aride de notre zone d'étude.

La région de Ghardaïa entaillée dans les massifs calcaires du Turonien se caractérise par 4 couches géologiques : Quaternaire, Touranien, Cénomaniens, Albien .Cette région dépend à l'agriculture, La nappe albien présente un intérêt important dans le domaine agricole.



Chapitre III :
Sources de l'eau

1- Introduction

L'eau, élément déterminant de toute forme de vie sur la planète. C'est par l'eau ou apparue la première forme biologique sur terre que l'homme s'est développé améliorant sans cesse son cadre de vie, notre corps en constitue à 60% .Elle est présente dans presque tous les éléments que l'on trouve sur terre.

2- Source en eau.**a) Eaux de surface :**

Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs.

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.¹²

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en pollution toxiques.

b) Eaux souterraines :

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine .Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement .

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales : ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau .

¹² Kara Lydia, GUELLAL Sofiane : « Conception et réalisation d'un système de mesure et transmission de paramètres météorologiques », Mémoire de Master, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 2018.

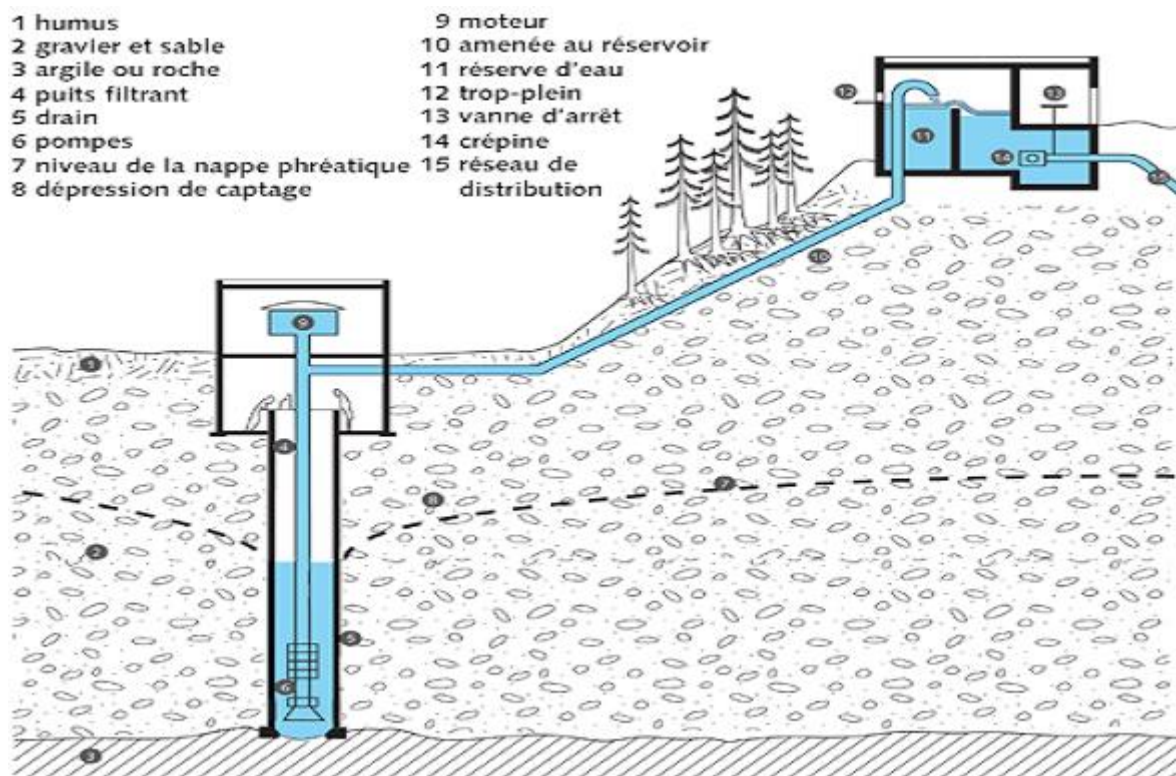


Figure 3 Captage des eaux sous terraine.

2- Ressources en eau dans le Sahara algérien :

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le Tassili. Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie aliment directement les nappes phréatiques et par fois par l'intermédiaire de barrages de l'inféro-flux (Laghouat et Tamanrasset).¹³

a) Eaux superficielles :

Les eaux superficielles sont localisées dans les piedmonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili. Les crues sont généralement rares et proviennent du grands Atlas marocain (Oued Guir) et du versant des Aurès (Nememchas). Les barrages sont d'une importance stratégique pour la région, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution

¹³ F.Nour Elhouda ,R.Nadjlala « Réalisation d'une station météo connectée», Mémoire de Master, Université de Aboubakerbelkaid, Tلمcen, 2019.

régulière et planifiée de la ressource. Le Sahara se distingue par cinq principaux réservoirs : Biskra (F.Gherza – 47hm³, F Gazelles -55hms) Bechar (D. Torba - 350 hm³ Brézina : 122hm³) et Khenchela (Béchar 41 hm³).

b) Eaux souterraines :

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro – flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Bechar –Tindouf à l'Ouest.

Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autre ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatique) et ce, contrairement aux eaux fossiles au faiblement renouvelables du bas Sahara. Le Continentale Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grès, de sable, de grès argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes.¹⁴

¹⁴ <https://www.elprocus.com/temperature-sensors-types-working-operation/>Mise à jour Mars 2021.

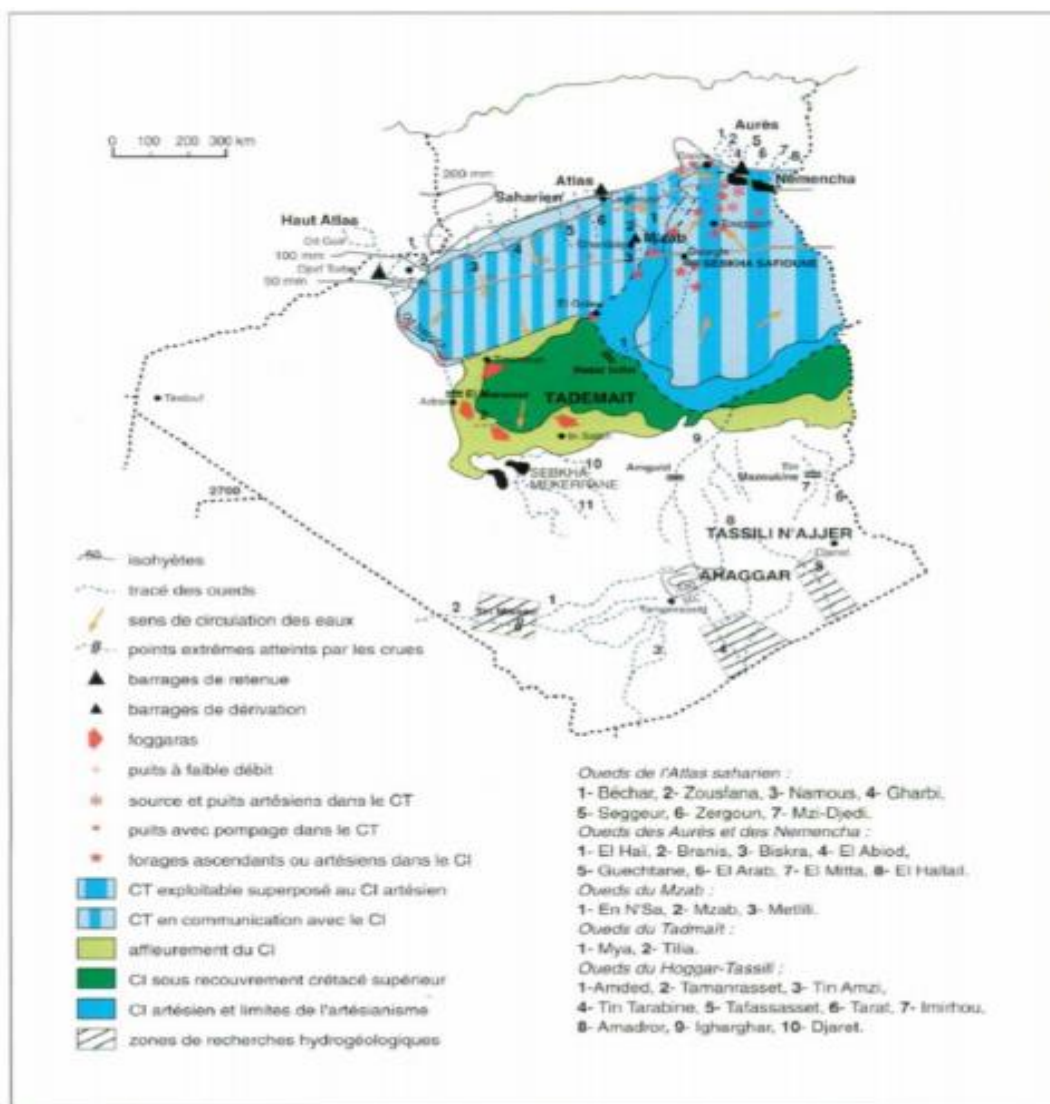


Figure 08 : Aquifères du Sahara Algérien.

3- Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa :

Les ressources en eaux de la Wilaya sont essentiellement souterraines. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant ainsi la région de Ghardaïa. Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat - Ghardaïa. Et les ressources en eaux souterraines ont pour l'origine deux nappes principales.¹⁵

a) Nappe phréatique :

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappe phréatique. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de

¹⁵ A.N.R.H Ghardaïa 2010 : Rapport de fin du sondage (Rapport Oued Metlili 3_(DSA), Ghardaïa, 11p.

profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement au pluviomètre. La qualité chimique des eaux est comme suite :

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

b) Nappe du continental intercalaire :

La nappe du Continentale Intercalaire drain, d'une façon générale, les formations gréseuses et grésos- argileuse du Barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Oued en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'atlas saharien en faveur de l'accident Sud atlasique. la nappe du CI, selon l'altitude de la zone de la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est :

Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara, certaines région de Menia). Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines région d'El Menia).¹⁶

4- Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa :

L'eau souterraine est préférée parce qu'elle permet l'extension spatiale des exploitations agricoles et parce que les ouvrages de captage occupent des espaces réduits. L'exploitation des eaux souterraines n'a lieu que pour combler le déficit en eau de surface et pour garantir la stabilité d'approvisionnement ; ainsi la notion de l'utilisation de l'eau peut être plus significative si on intègre les eaux de surface puisqu'elles sont intimement liées, et on parle de l'utilisation conjuguée qui est définie comme étant la coordination de l'utilisation des deux ressources, dans le temps et dans l'espace, pour supplémenter les précipitations qui sont aléatoires et irrégulières.

a) Les systèmes de captage des eaux de surface :

Par la réalisation d'une toile d'ouvrages de grandes, moyennes et petites dimensions ; tels les ouvrages de détournement des cours des Oueds, les canaux de collecte d'eau

¹⁶ A.N.R.H Ghardaïa 2003 : Rapport de fin du sondage (Coopérative agricole du TIMOUKRAT commune de Metlili daïra de Metlili), Ghardaïa,

ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines afin de récupérer la moindre goutte d'eau.

b) Les systèmes de captage des eaux souterraines :

Par le forage de puits allant au-delà des 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

Selon la monographie de la wilaya, les systèmes hydrauliques sont les suivants :

- Les systèmes de captage des eaux souterraines par le forage de puits dépassant 50 m de profondeurs, et la réalisation de galeries de captage de source et de stockage.
- Les systèmes stockages des eaux des crues par la réalisation des digues de retenues au niveau des palmeraies, et de petits réservoirs dans chaque jardin.

Le système de distribution qui obéit à une application très stricte des normes de distribution des eaux d'une manière équilibrée.¹⁷

5- Caractéristique organoleptiques des eaux souterraines :**a) La couleur :**

Une eau potable est généralement incolore. La couleur des eaux souterraines s'explique par la présence de matières étrangères.¹⁸

b) L'odeur et Saveur :

Dans la majorité des cas, les eaux souterraines sont inodores.

L'existence d'une odeur spécifique dans l'eau s'explique par la pourriture des boisages d'un puits ou par la pénétration dans l'eau de certaines combinaisons chimiques. Et le goût conditionné par différents corps en solution.

c) Matières en suspension (MES) :

La présence des MES dans l'eau provoque sa turbidité. Les MES peuvent se présenter sous trois formes dissoute, dispersée ou colloïdale, elles peuvent être d'origine minérale ou organique. Les MES sont dosées par la méthode gravimétrique en (mg/l) ou en (g/l).

¹⁷ « Ghardaia, Algeria », Climatebase.ru (consulté le 8 février 2020).

¹⁸ BAIZE D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie (choix- expression- présentation- interprétation). LN.R_A., Paris, 172 p.

6- Généralité sur l'eau potable :

Une eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé, et être agréable à boire.¹⁹

On utilise le terme "eau destinée à la consommation humaine".

Il s'agit des eaux :

- Destinées aux usages domestiques :Boisson, cuisson, préparation d'aliments, ou à d'autres usages,utilisées pour la fabrication d'aliments,utilisées pour la glace alimentaire

a) Qualité de l'eau de consommation :

Pour être potable, une eau ne doit pas contenir des germes de maladies à transport hydrique, de substances toxiques, ni des quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréable. Les qualités requises sont d'ordre bactériologique et physico-chimique.

b) Potabilités des eaux.

Une eau potable doit présenter un certain nombre de rependre, à certains critères essentiels (Incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle.

La potabilité et de la qualité chimique des eaux en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a fixé des normes de concentration en éléments chimiques.

c) Les limites de qualité :

Ce sont des paramètres dont la présence dans l'eau induit des risques immédiats à plus ou moins long terme pour la santé.

7-Les paramètres microbiologiques :

L'eau est un milieu vivant dans lequel on peut rencontrer de tous petits organismes vivants, invisibles à l'œil nu (inférieur à 1micron): bactéries, virus,...

Parmi ces organismes, certaines espèces sont totalement inoffensives et d'autres peuvent être responsables de maladies graves : choléra, typhoïde...

¹⁹ Mohand-AkliHaddadou, Dictionnaire toponymique et historique de l'Algérie, TiziOuzou, Éditions Achab, 2012 (ISBN 978-9947-9-7225-0), p. 308.

Pour garantir la qualité bactériologique, on recherche dans l'eau des germes indicateurs dont la présence peut être le signe d'une contamination d'origine fécale, et donc de l'existence possible d'éléments susceptibles de provoquer une maladie.²⁰

Ces paramètres indicateurs sont au nombre de 2 (Escherichia coli et entérocoques).

8- Les paramètres physico-chimiques:

On y trouve, des substances indésirables (nitrates, nitrites,...), des sous-produits du traitement de l'eau des substances toxiques (arsenic, plomb, cuivre, cyanure, mercure,...) et les pesticides.

L'organisation mondiale de la santé (l'OMS) donne des valeurs guides pour les paramètres trouvés dans l'eau, elles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 07: Les normes OMS de l'eau potable

Paramètres physico-chimiques Et microbiologique	Unité	Normes OMS
Température	°C	/
pH	-	6,5-8,5
Turbidité(NTU)	NTU	5
Oxygène dissous	mg/L	5
Conductivité	µS/cm	2500
TAC	mg/L	250
TH	mg/L	500
Résidus secs	mg/laprès séchage	1500
Sodium	mg/L	200
Magnésium	mg/L	150
Calcium	mg/L	200
Potassium	mg/L	20

²⁰ BELHADJ M. CHIANG C. FRANFART R., LOUDELOUT H., 1975 - Modèles mathématiques pour la description de la salure et de l'alcalisation des sols du Sud Marocain. Aon. LN.A., Alger, 6 (1) : 247-258

Sulfates	mg/L	400
Chlorures	mg/L	250
Fer	mg/L	0.3
Nitrates	mg/L	44
Nitrites	mg/L	3
Ammonium	mg/L	0,5
Phosphate	mg/L	0.5
coliforme/100ml	0	0
Streptocoques fécaux/100ml	0	0
E, coli/100ml	0	0

d) Les effets des paramètres sur les conduites et de la santé :

*** Paramètre microbiologique**

Paramètre	CMA	Méthodes d'analyses	Effets sur la santé et signification
Germes totaux	10/100 ml	Gélose nutritive	Indicateur d'efficacité du traitement
Coliformes totaux et fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Gastro-entérite infantile, Contamination fécale récente
Streptocoques fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Contamination fécale récente

*

Paramètres physico-chimiques

Paramètre	CMA	Effets indésirable
Température	25 ⁰ C	Basse, diminue l'efficacité du traitement Elevée, favorise la croissance microbienne et la formation de THM
PH	6,5 - 8,5	PH acide, corrosion des conduites Ph basique diminue l'efficacité de la désinfection
Turbidité	5 NTU	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection
Nitrites	0.1 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azote ammoniacal	0.5 mg/l	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais goût
Fer	0.3 mg/l	Saveur désagréable tache de ligne et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Sodium	250 mg/l	A concentration élevée gêne les hypertendus
Potassium	15 mg/l	Entraîne goût
Chlore	0.2 – 0.6 mg/l	<0.2 Peu efficace sur la désinfection >1 Peut entraîner des effets cancérigènes
Nitrates	50 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Magnésium	150 mg/l	Combiné au SO ₄ génère goût
Calcium	200 mg/l	Entartrage des conduits
Dureté total (TH)	500 mg/l de CaCO ₃	Entartrage des conduits. Consommation excessive de savon
Résidu Sec	2000 mg/l	Goût désagréable
Chlorures	600 mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif Corrosion des conduits
Sulfates	400 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, corrosion des conduits

e) Pollution des eaux :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines.

L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, dégenère toute autre utilisation normale des eaux.

Les eaux superficielles ou souterraines, les cours d'eau, lacs, étangs, les eaux littorales ainsi que l'ensemble des milieux aquatiques font l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

Tout pollution est une altération d'une ou plusieurs caractéristiques physico-chimique ou biologique d'une eau, en peut aussi dit que la pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des nations.²¹

9- Les conséquences de pollution d'eau :

Les eaux de la nappe phréatique sont plus affectées par diverses causes de pollution celles-ci sont soit d'origine domestique et/ou urbaine ou encore industrielle (microorganismes pathogènes, hydrocarbures, solvants organochlorés, etc.), soit d'origine agricole le rôle des engrais chimiques est aujourd'hui bien identifié dans le cas de la contamination des nappes aquifères par les nitrates.

Par ailleurs, une augmentation générale de la teneur en sulfates et en chlorure des eaux souterraines s'observe également depuis quelques années dans les pays industrialisés.

10- Les atouts des eaux souterraines :

Les eaux souterraines présentent de nombreux avantages par rapport aux eaux de surface :

a) Au plan quantitatif :

La capacité de stockage et l'inertie des aquifères homogènes, leur régime très régulier, leur permettent de jouer un rôle de tampon entre les pluies très inégales dans le temps et les sorties beaucoup plus régulières dans les sources, compensant ainsi les aléas

²¹ BEN BRAHIM F., 2001 – Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette d'Ouargla (cas de l'exploitation de l'IAS). Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat En Agronomie Saharienne, Centre Universitaire d'Ouargla. 108p.

climatique et assurant à peu près normalement les besoins en eau lors des années de sécheresse. Leur possibilité à soutenir longtemps un débit de production et alimenter le réseau superficiel, est énorme.

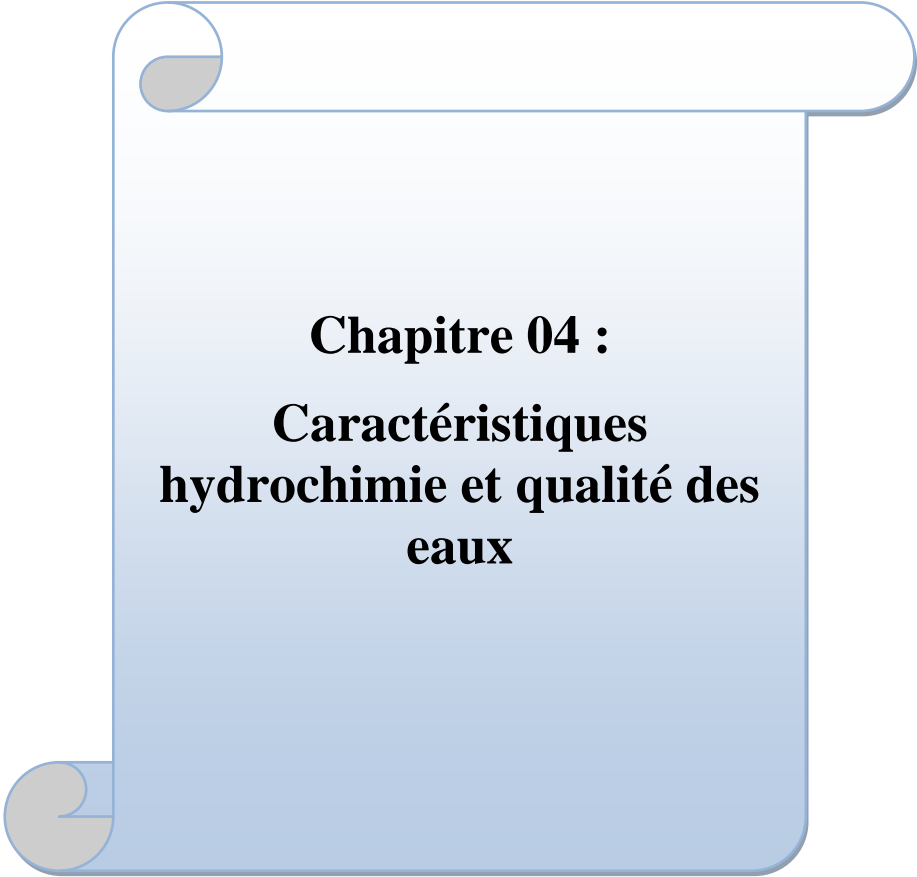
c) Au plan qualitatif :

Par la présence de formations superficielles protectrices, de leur profondeur, du pouvoir filtrant de la plupart de leurs réservoirs, du colmatage des berges de cours d'eau, leur protection est généralement meilleure que celle des eaux de surface vis-à-vis des pollutions massives.

Leur qualité physico-chimique et leur température sont assez constantes certaines d'entre elles peuvent être consommées sans traitement même bactériologique.

Enfin, dans les pays bien pourvus en aquifères, la ressource en eau est aisément mobilisable sans tirer de longues canalisations, avec des coûts de captages, de traitement et des dépenses d'énergie nettement moins élevés.²²

²² BEN BRAHIM F., 2006 – Evaluation de la durabilité de la céréaliculture sous pivot par l'étude de la salinisation du sol dans la région d'Ouargla (Cas de Hassi Ben Abdellah). Mémoire Magister, Ouargla, 101pp.



Chapitre 04 :
Caractéristiques
hydrochimie et qualité des
eaux

1-Introduction :

L'étude de la chimie des eaux souterraines apporte à l'hydrogéologie une somme considérable de renseignements utiles à la compréhension des phénomènes se produisant dans les systèmes aquifères. C'est-à-dire dans les échanges possibles entre l'eau et la roche, sachant que la minéralisation des eaux souterraines peut provenir de l'acquisition des éléments chimiques par la dissolution et l'altération des minéraux du réservoir.

L'étude de la chimie des eaux souterraines, elle permet aussi de suivre l'évolution spatiale des différents éléments dissous et d'estimer leur origine, d'estimer la profondeur de circulation des eaux, et d'apprécier la qualité des eaux vis-à-vis de la potabilité et à l'irrigation.

C'est dans ce but que ce chapitre a été consacré, où on a utilisé certain nombre de diagrammes avec les différentes cartes qui ont été tracés pour l'ensemble des éléments chimiques. Une analyse statistique a été effectuée aussi sur les principaux paramètres caractérisant le chimisme des eaux de l'aquifère.

Dans notre cas on a fait l'étude au niveau des points de forages dans la ville de Ghardaïa comme suit :

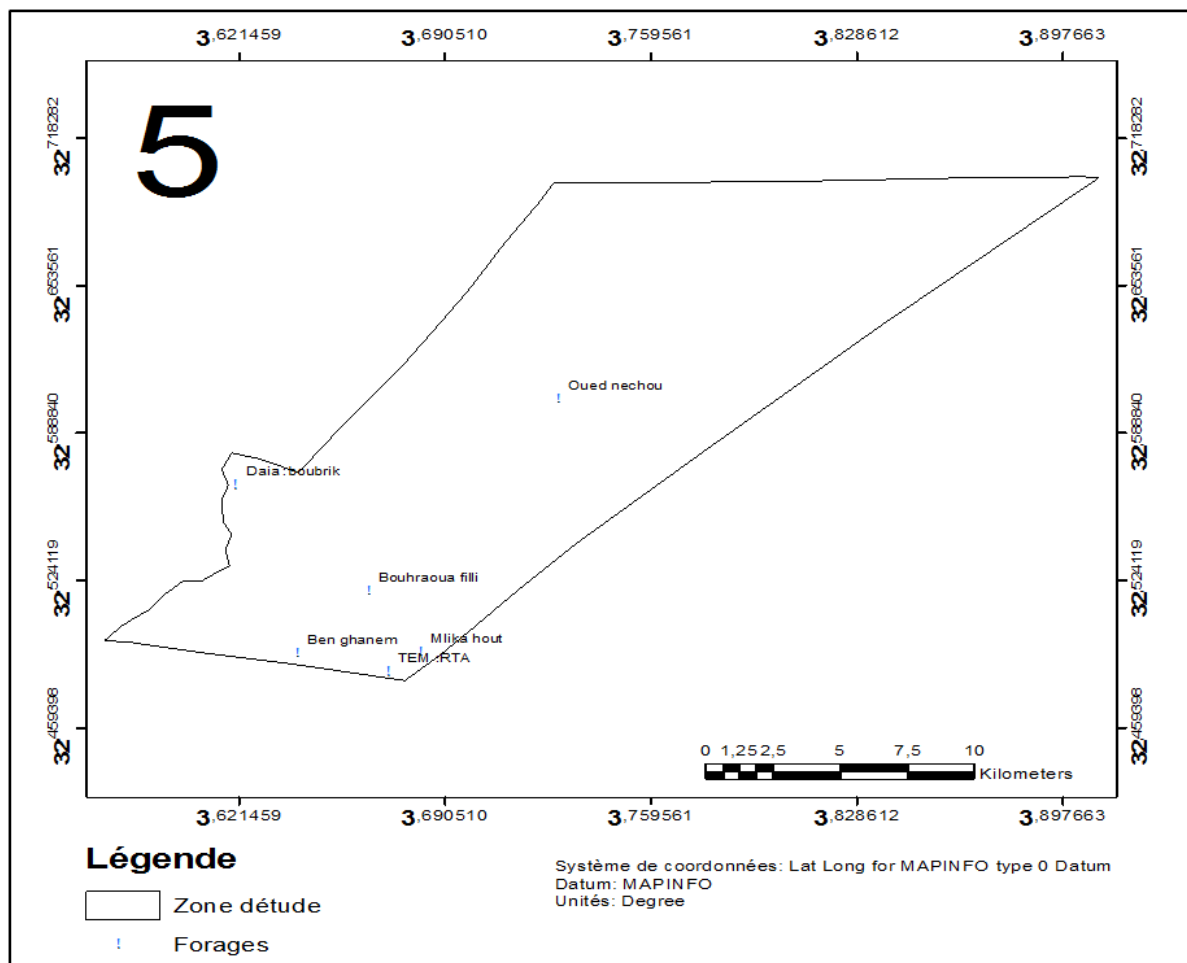


Figure 09 : Représentation des points de forages à Ghardaïa.

2- Facies chimique :

Plusieurs méthodes ont été définies par divers auteurs pour classer et connaître les différents faciès chimiques des eaux naturelles.

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé les méthodes principales les plus utilisées: la classification de Piper, de Schoeller–Berkaloff. Toutes ces classifications sont basées essentiellement sur la composition chimique.²³

a) Diagramme de piper :

Pour évaluer la qualité des eaux souterraines de la nappe albiennaise de ville de Ghardaïa en vue d'un usage agricole ou usage domestique, nous avons utilisé le diagramme de PIPER, pour la détermination des faciès chimiques et constater que les eaux analysées sont globalement chloruré-sodique.

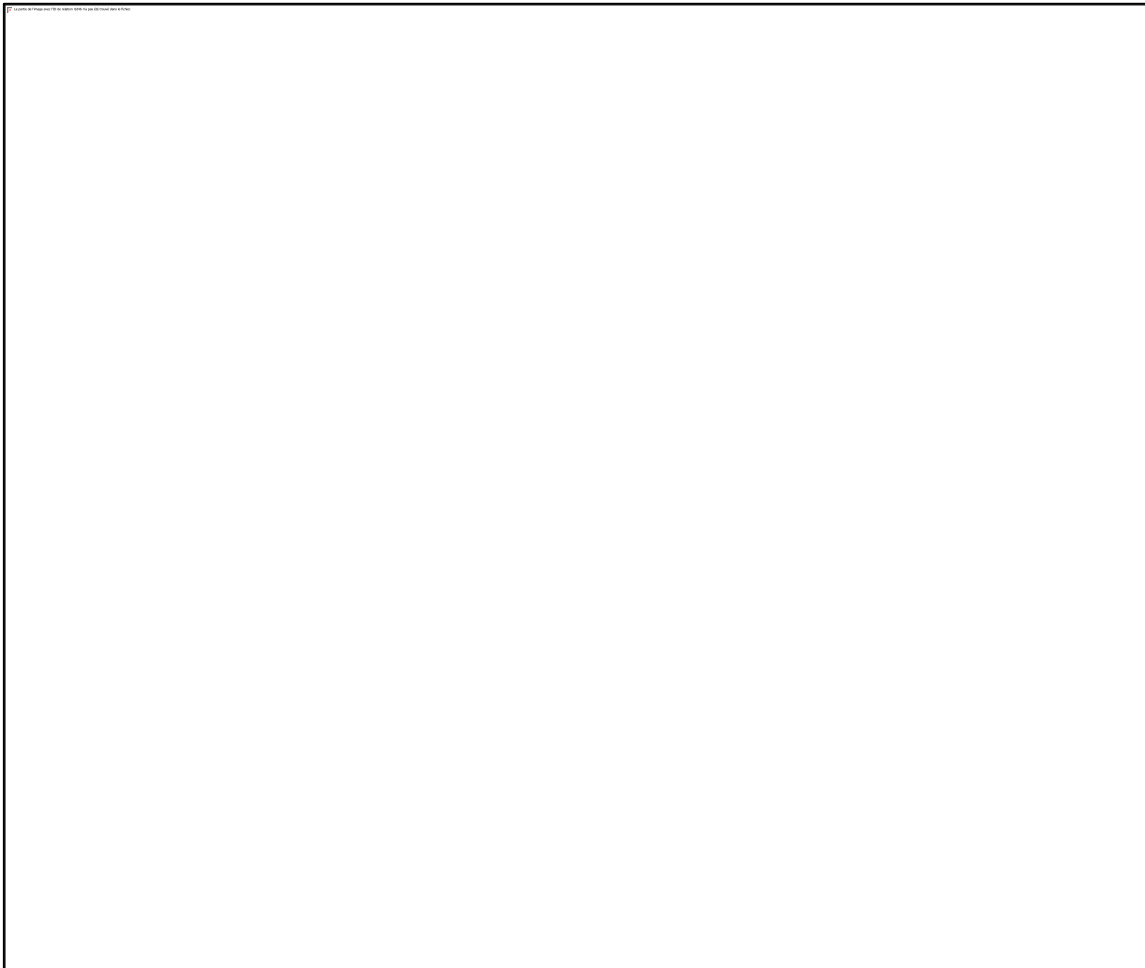


Figure 10: Diagramme de piper pour les eaux souterraines de la région de Ghardaïa.

²³ Abbud, M. & Aker, N. (1986) The study of the aquiferous formations of Lebanon through the chemistry of their typical springs. Lebanese Sci. Bull. 22).

b) Diagramme de Schoeller-Berkaloff :

Ce diagramme comporte une échelle logarithmique sur laquelle on porte les teneurs des principaux ions en (mg/l) sur l'axe des abscisses. On porte de gauche à droite, à intervalle régulier (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺+K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻), les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui facilite la comparaison des résultats de l'analyse de l'eau d'un ensemble d'échantillons).

D'une manière générale, l'allure des courbes brisée montre les faciès suivants: Sulfaté sodique pour l'ensemble des forages " oued nechou" et "mlika hout". Faciès Chloruré calcique pour "daia", "ben ghanem" et "TEM: RTA" bouhraoua filli...

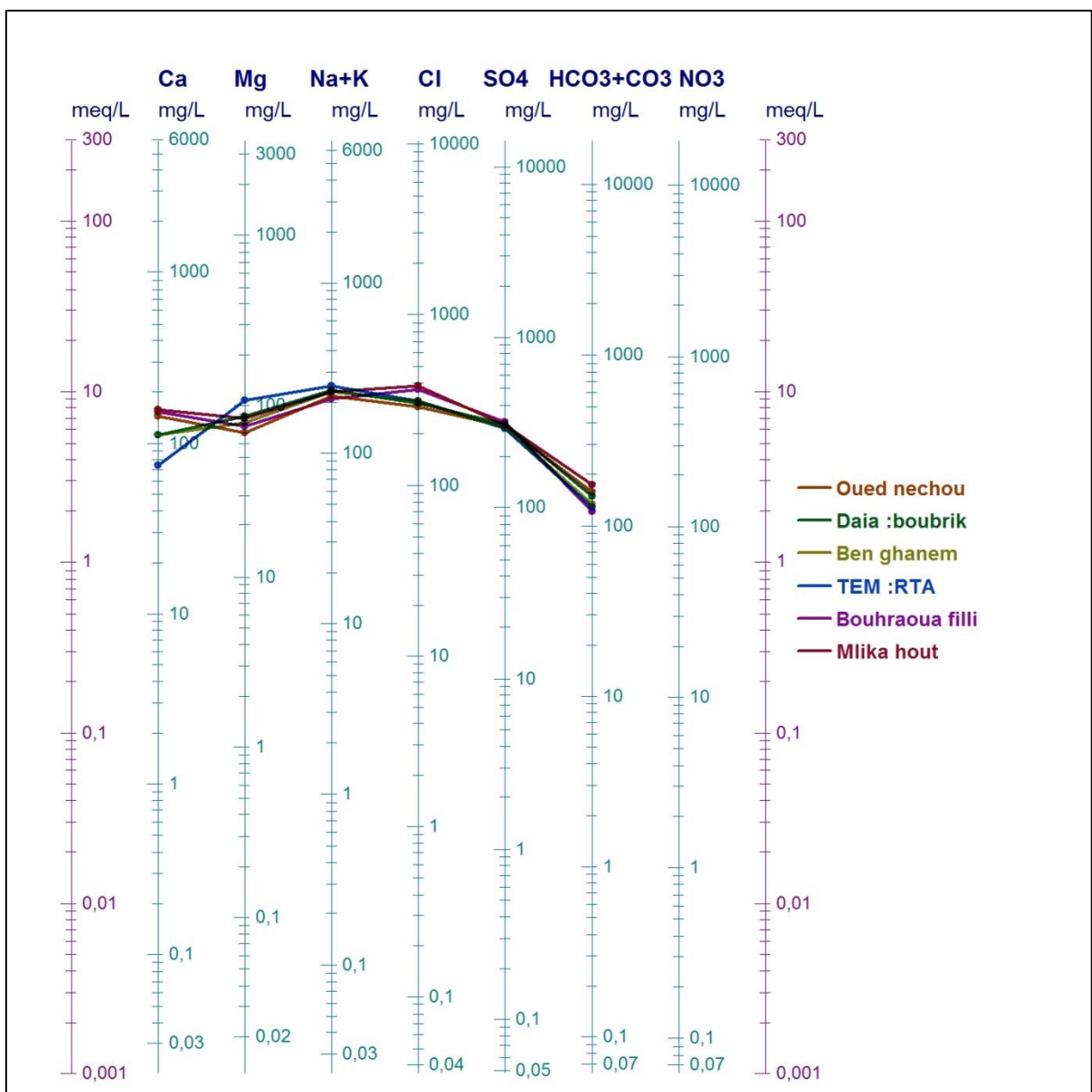


Figure 11: Diagramme Schoeller–Berkaloff des eaux souterraines de Ghardaïa.

3- Répartition et chimisme des eaux :

a) Répartition spatiale du Potentiel d'hydrogène (pH) :

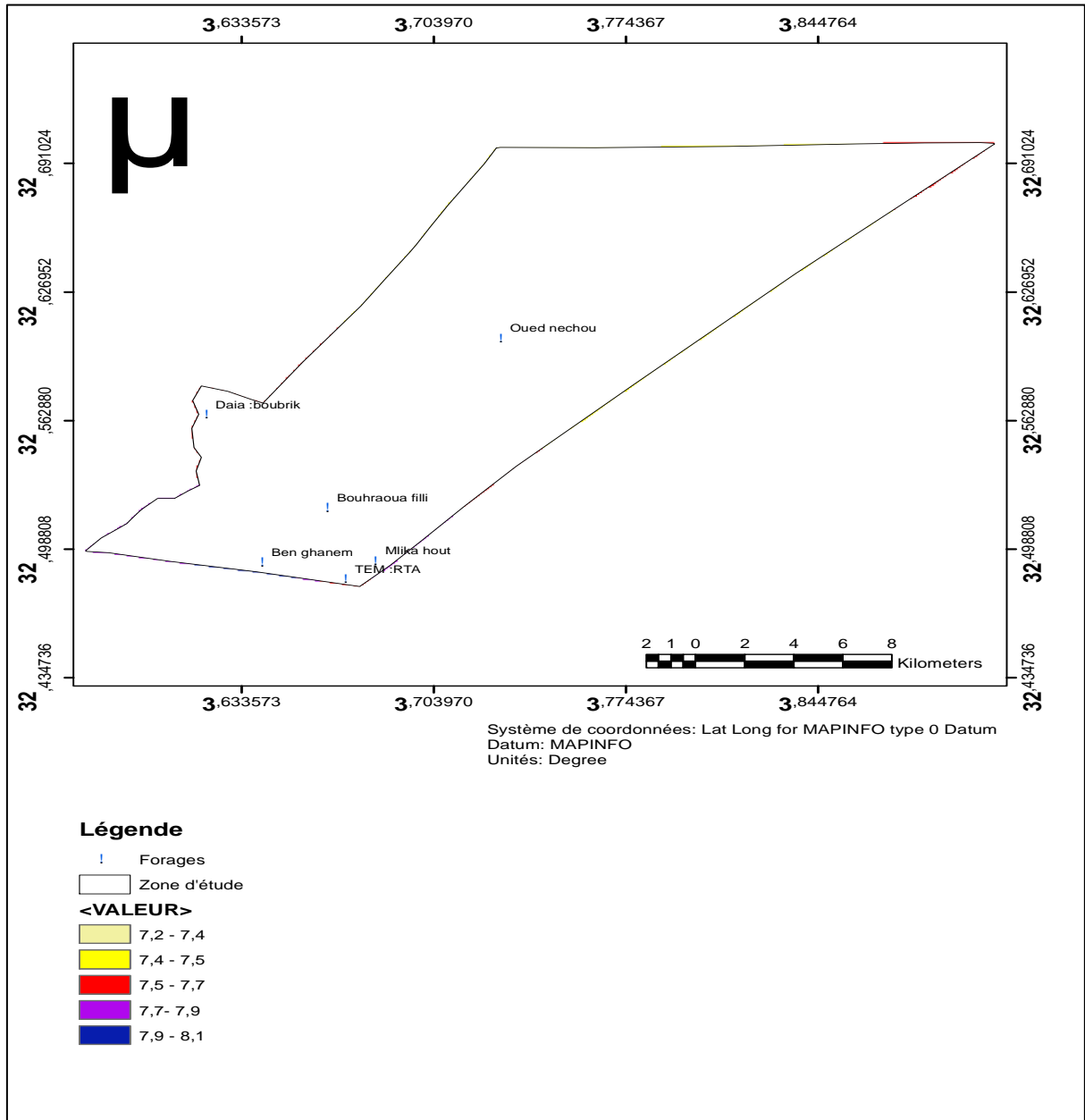


Figure 4: Répartition spatiale du potentiel Hydrogène (pH).

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

Des pH, oscillent entre 7,58 et 7,70 est la chose perceptible dans les eaux de la région. Les Forages (**Bouhraoua Filli** et **Daia** et **TEM**).

Le forage **ben ganam** marqués par un pH élevé 7,9, alors que le forage (**Oued nechou**) est le forage marqué par un pH faible par rapport aux autres. Le pH des eaux souterraine de ville Ghardaïa sont supérieures à 7.2 ce qui nous donne une eau basique.

b) Répartition spatiale des températures :

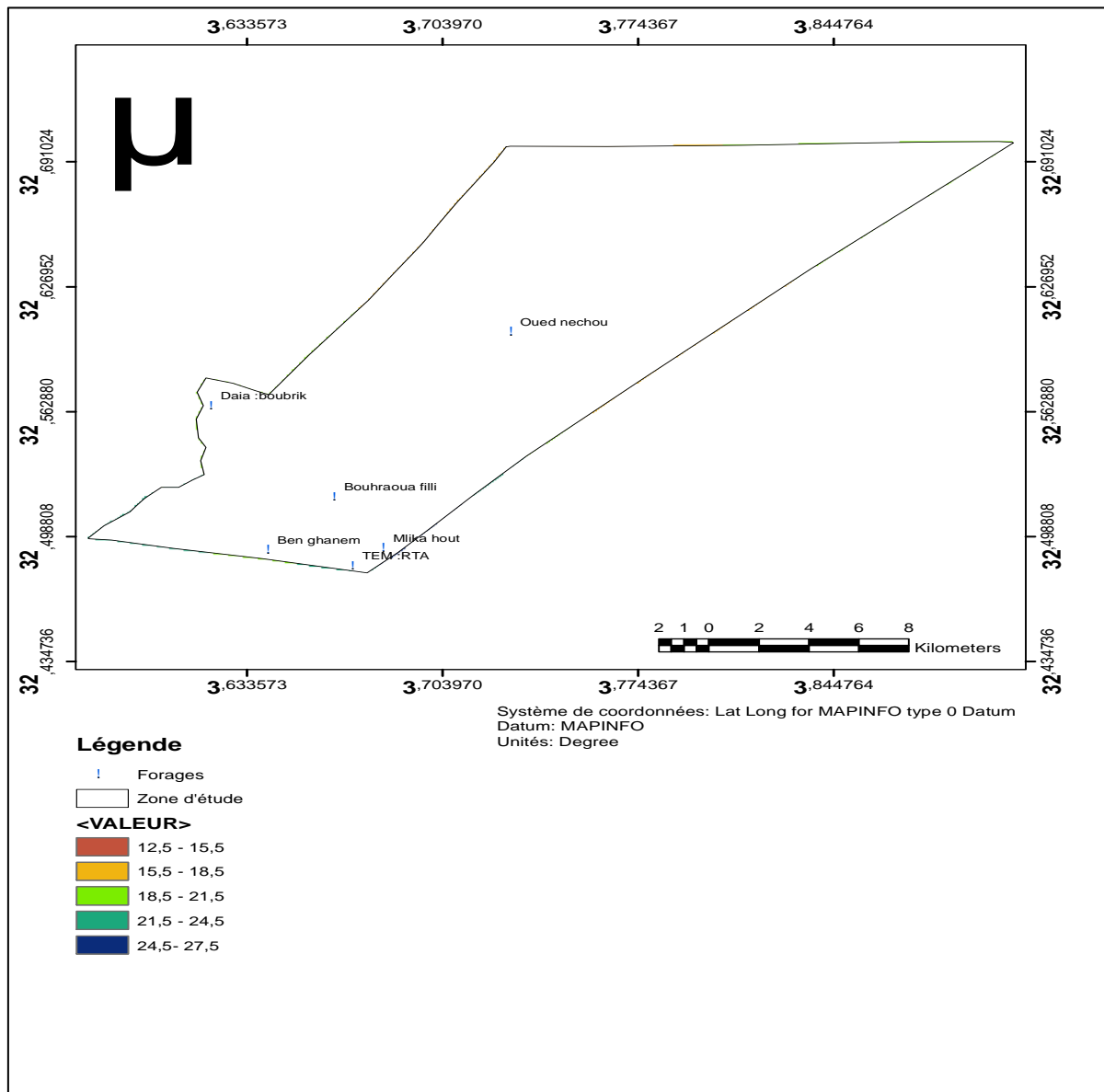


Figure 5 Répartition spatiale de Température.

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques Certes, toute variation brusque de ce paramètre entraine une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique.

La température des eaux prélevées dans la région étudiée, varie de 20 à 23 °C, elle ne dépasse pas les normes fixées par l'O.M.S (25 °C). Cette variation de température des eaux souterraines peut être fonction de la profondeur de l'aquifère.

c) Répartition spatiale de sodium (Na^{2+}) :

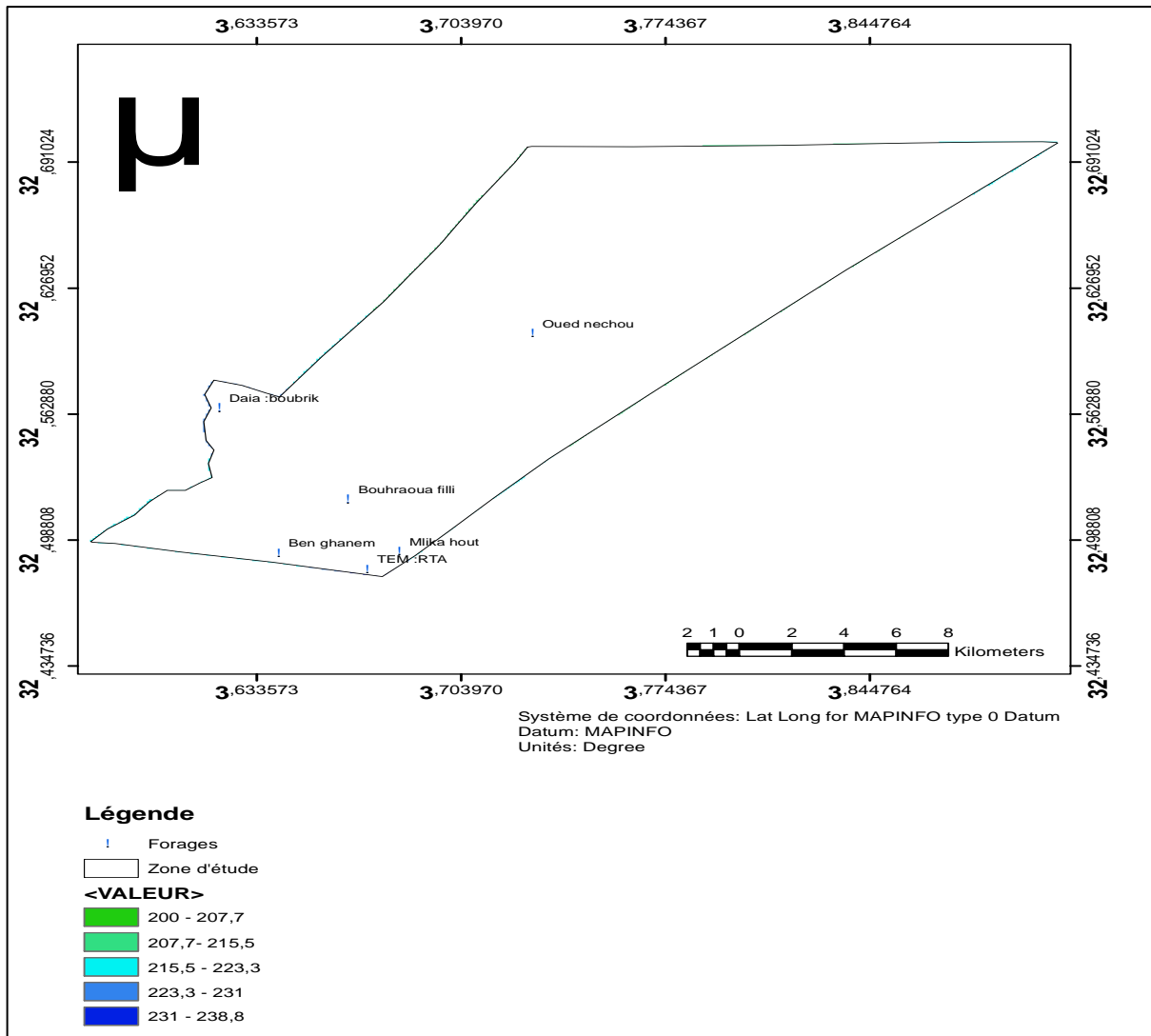


Figure 6 Répartition spatiale de sodium (Na^{2+}).

Le Sodium est toujours présent dans les eaux naturelles en proportions variables, il provient essentiellement du lessivage des formations riches en NaCl (argiles et marnes) et des eaux usées d'origine industrielle et domestique.

Des fortes teneurs en Sodium est la caractéristique qui distingue les eaux de la région. La forte concentration est observée au niveau de forage (**BEN GHANEM**) et la faible concentration est remarquée au niveau de forage (**Oued Nechou**).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées

d) Répartition spatiale de potassium K :

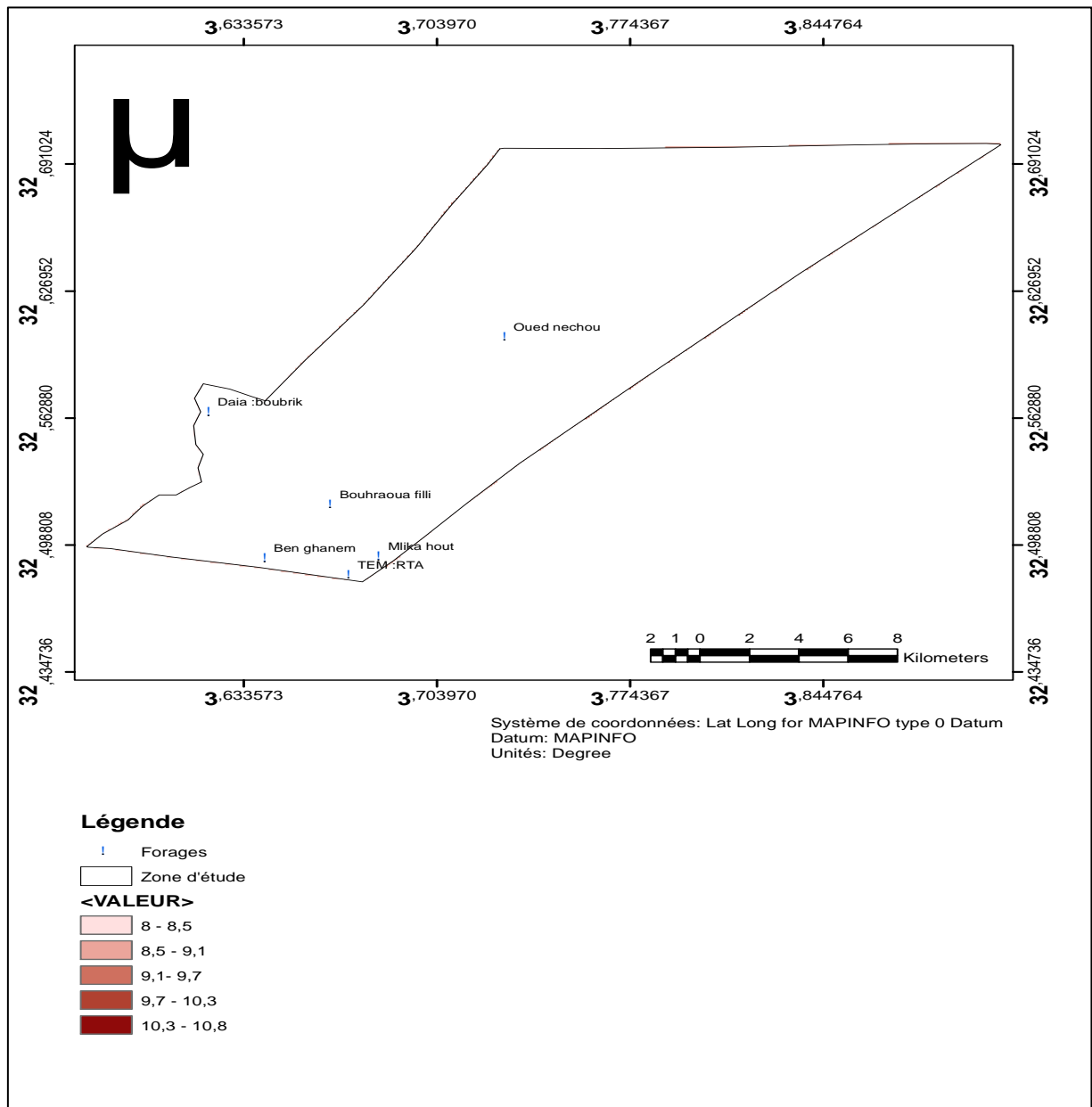


Figure 7 Répartition spatiale de potassium(K).

Les eaux naturelles présentent des concentrations faibles en ion potassium qui ne dépassent généralement pas 10 à 15 mg /L. Ceci est dû à la faible solubilité des minéraux. Bien que les valeurs peuvent être influencées par les activités anthropiques agricoles, minières et industrielles. Les concentrations en K + enregistrées sont des valeurs Rapprochées variées 8.6 et 9.30 mg/L.

e) Répartition spatiale des chlorures :

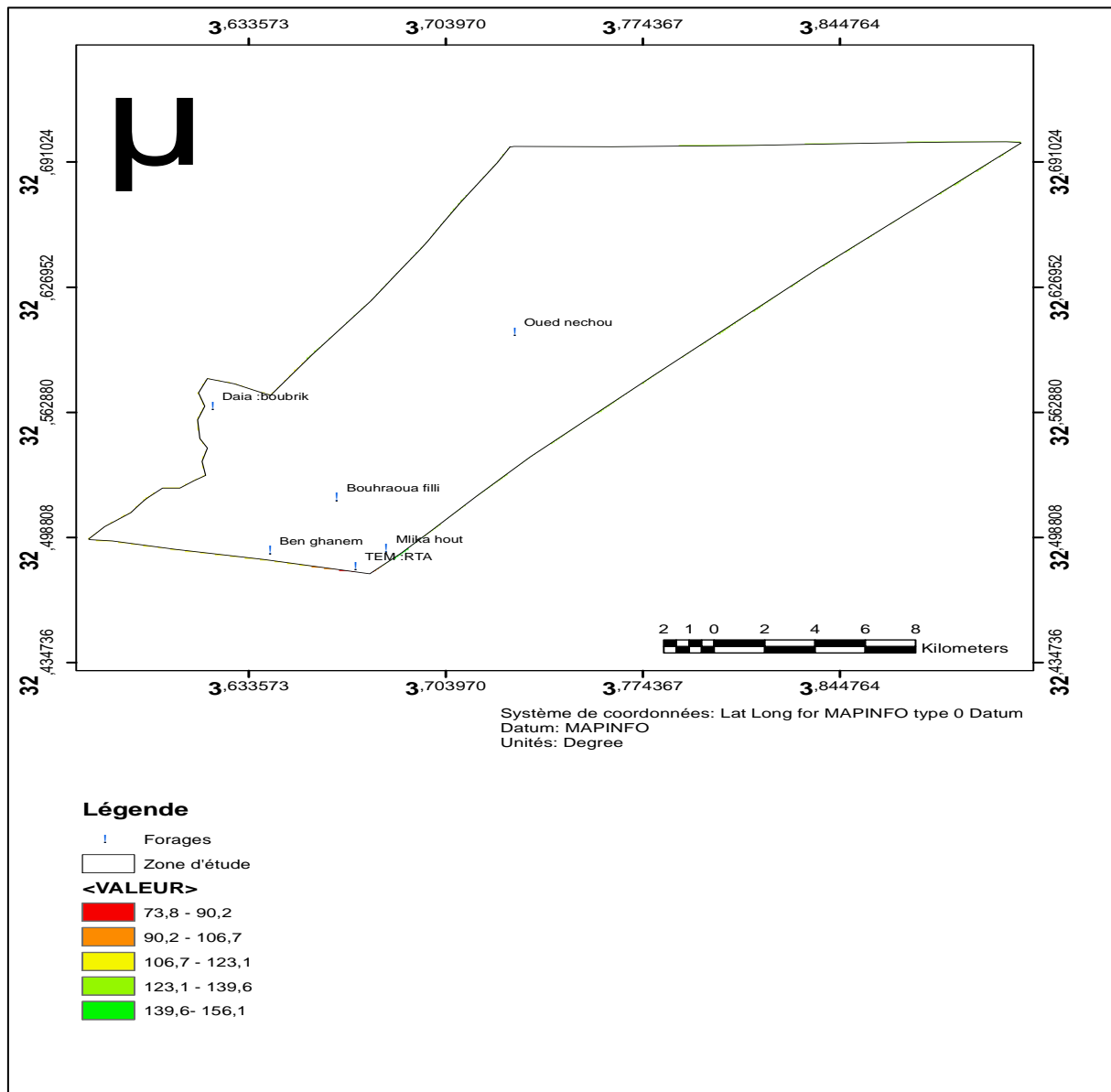


Figure 8 Répartition spatiale de calcium (Ca^{2+}).

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.

Les concentrations des chlorures généralement ne dépassent pas la norme algérienne des eaux potable. La concentration la plus élevée est observée au niveau des forages (**Oued nechou**) et (**Melika haut**), et la concentration faible on observée au niveau de forage (**ben ghanem et daia**).

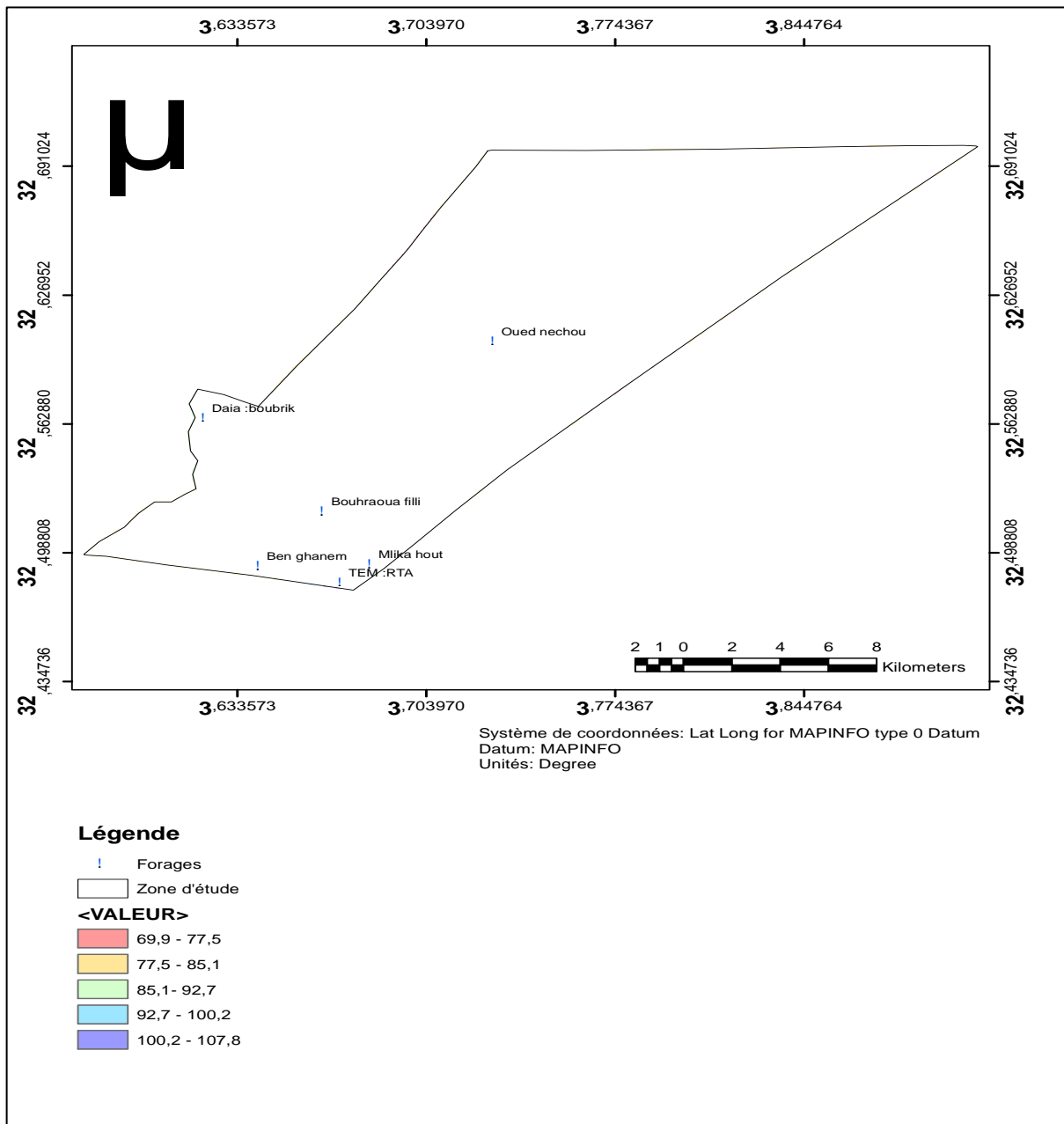
f) Répartition spatiale de magnésium (Mg^{2+}) :

Figure 9: Répartition spatiale de magnésium (Mg^{2+})

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau .

Aux forages (**Oued nechou** ,**Bouhraoua filli**) la concentration en Magnésium est élevée et peut atteindre les (69-77mg/l,) alors que la valeur minimale est observée au forage **daia** ,**mlika** (82-95mg/l). D'une manière générale la concentration en magnésium des eaux souterraines de la région reste acceptable.

g) Répartition spatiale des chlorures :

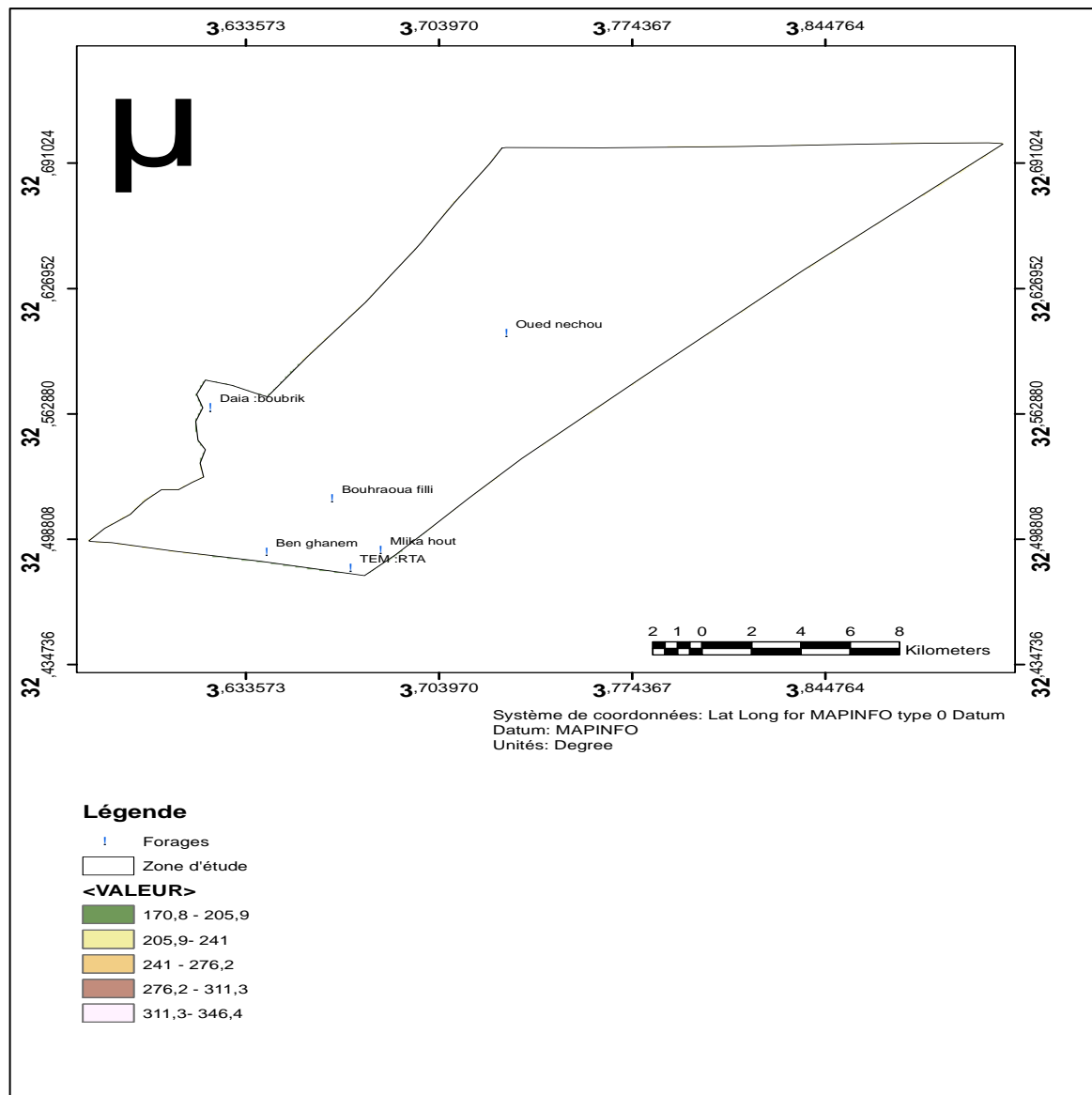


Figure 10 Répartition spatiale des chlorures.

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.

Les concentrations des chlorures généralement ne dépassent pas la norme algérienne des eaux potable. La concentration la plus élevée est observée au niveau des forages **bouhraoua filli**, et la concentration faible on observée au niveau de forage **TEM RTA et ben ganem et daia**

h) Répartition spatiale des sulfures (SO₄⁻) :

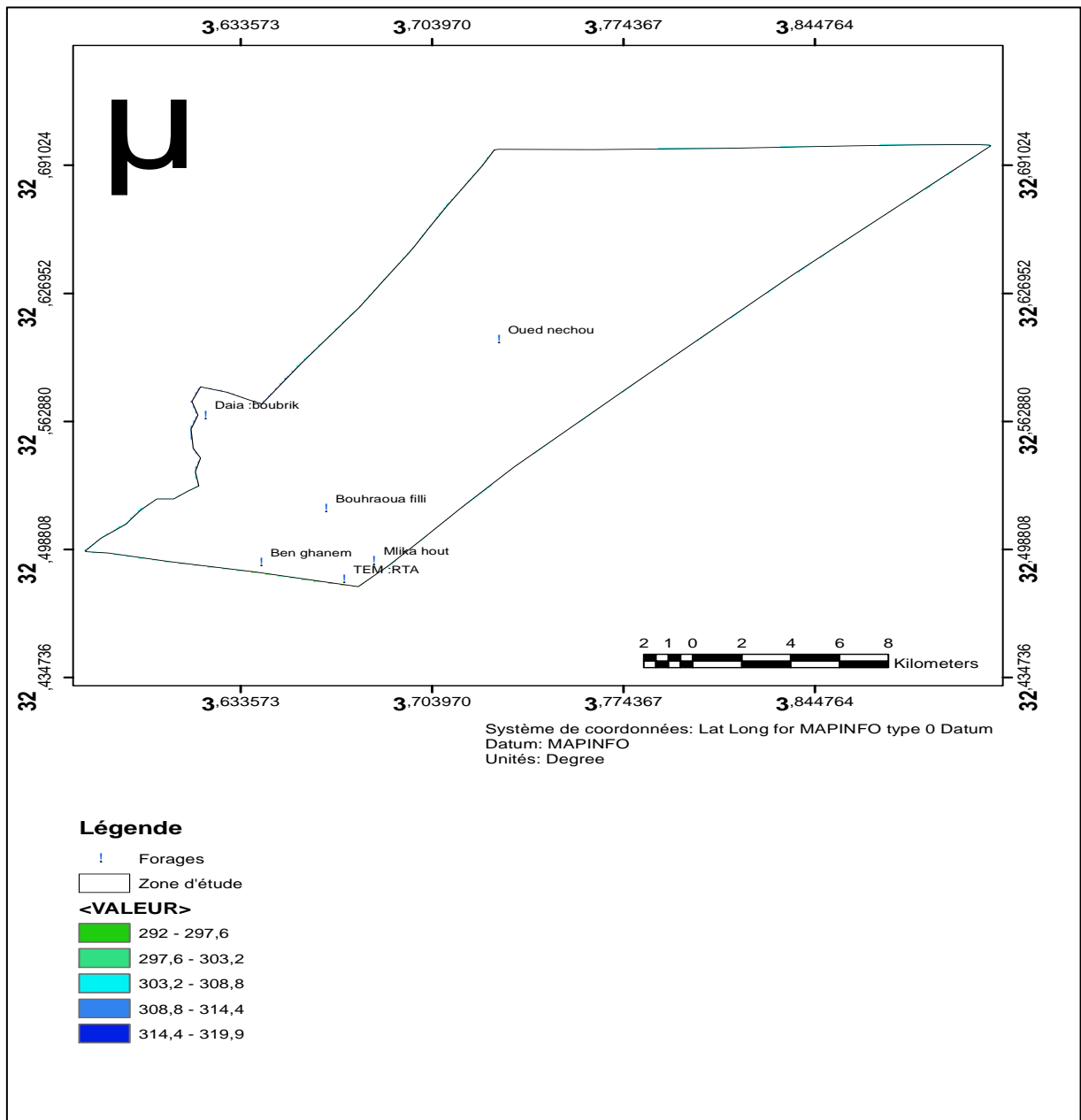


Figure 11: Répartition spatiale des sulfures (SO₄⁻).

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux tels que le gypse et la baryte. La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre.

Les concentrations, en général, oscillent entre 120 et 350 mg/l. La forte concentration est enregistrée au niveau de forage **bouhraoua fili daia** le faible au niveau de forage **TEM: RTA et ben ghanem et oued nachou**

i) Répartition spatiale des bicarbonates (HCO₃⁻) :

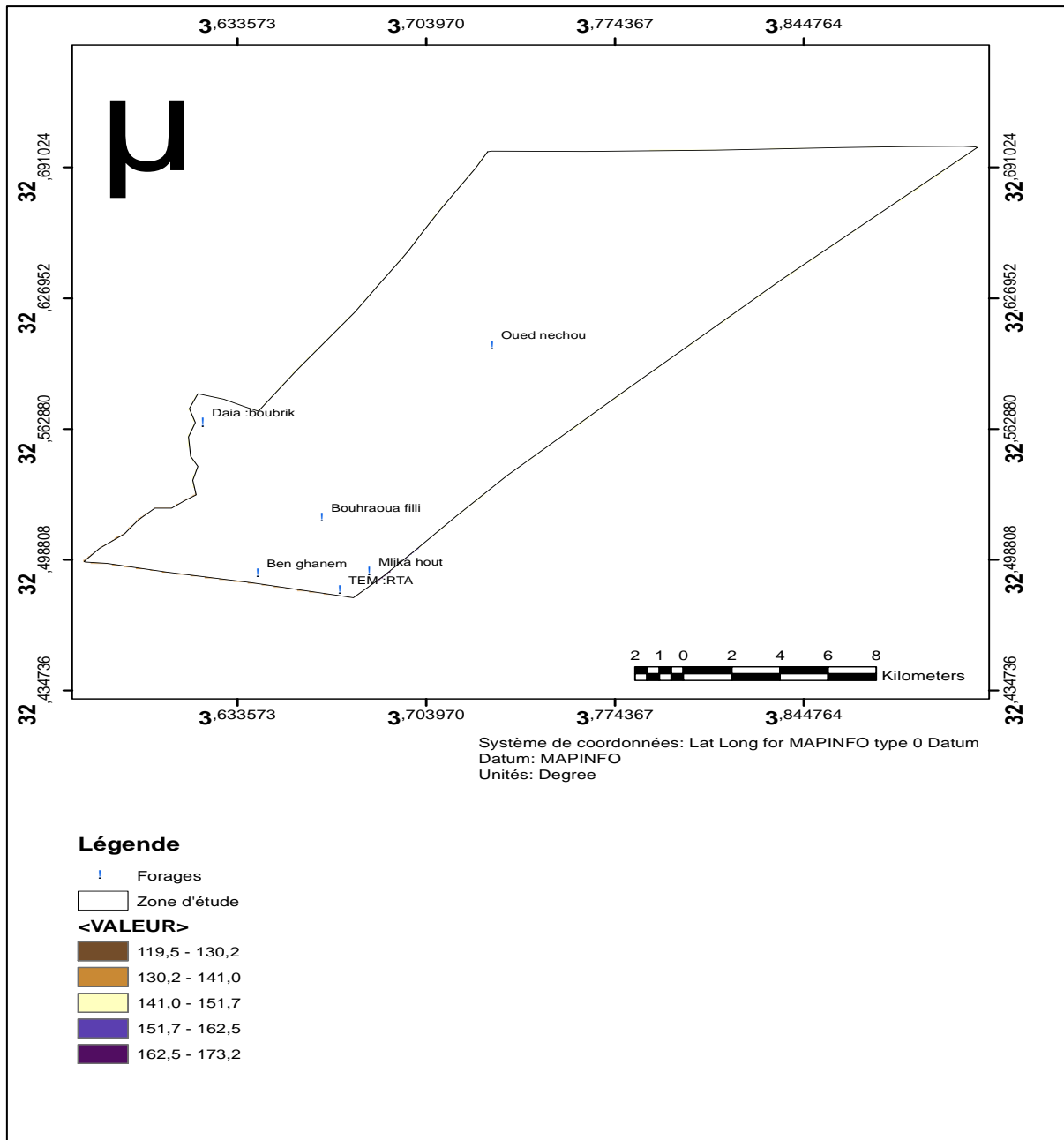


Figure 12: Répartition spatiale des bicarbonates (HCO₃⁻).

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action combinée du CO₂ de l'atmosphère et des sols sur les minéraux silicatés et de la dissolution des minéraux carbonatés.

On remarque une faible concentration de bicarbonate au milieu vert le sud de la région de Ghardaïa.

j) Répartitions spatiale d'ammonium (NH₄⁺) :

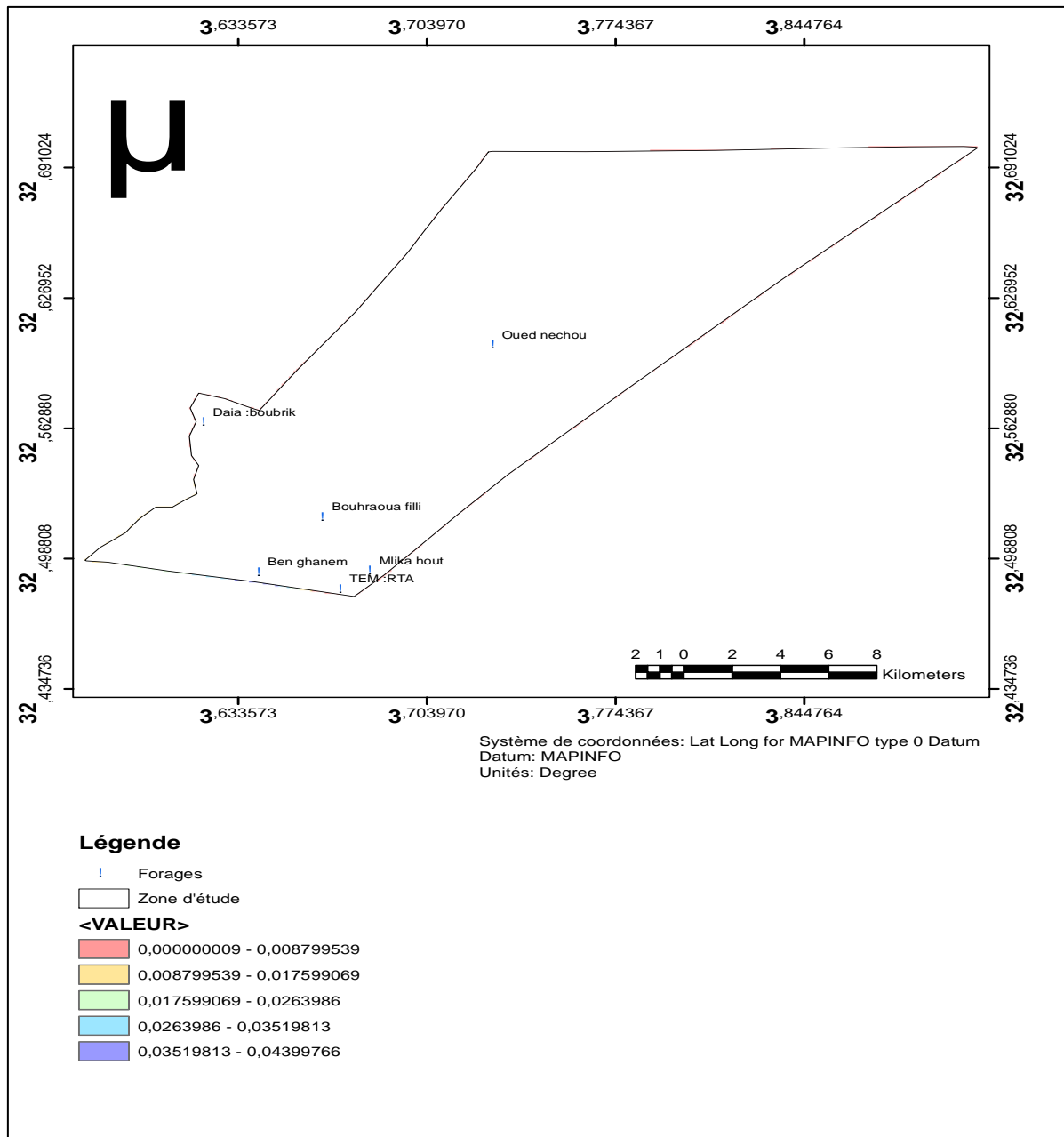


Figure21 : Repartitions spatiale de l'ammonium (NH₄⁺).

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle.

La majorité des forages est marqués par des faibles concentrations, on peut dire pour que ces valeurs sont négligeables.

k) Répartitions des nitrates (NO₂) :

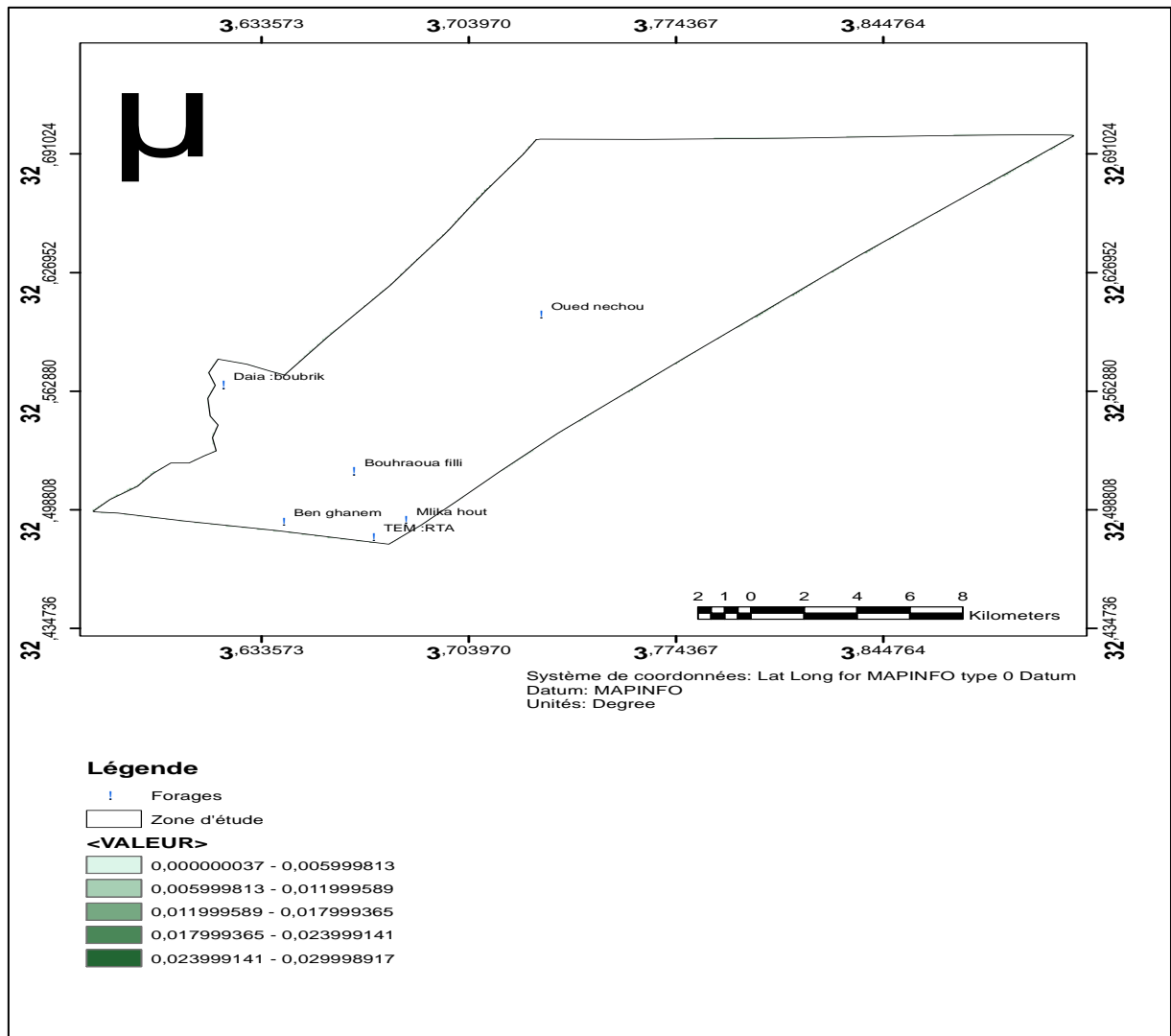


Figure 13: Répartitions des nitrates (NO₂).

La répartition spatiale des nitrates, montre des concentrations faibles dans tous les forages étudiés, avec une concentration maximale de **0.029 mg/l**. Le forage **oued nachou ben ghanem** , est le forage marqué par la haute concentration (**0.029 mg/l**)

1) Répartitions des Titres alcalimétrique complet (TAC) :

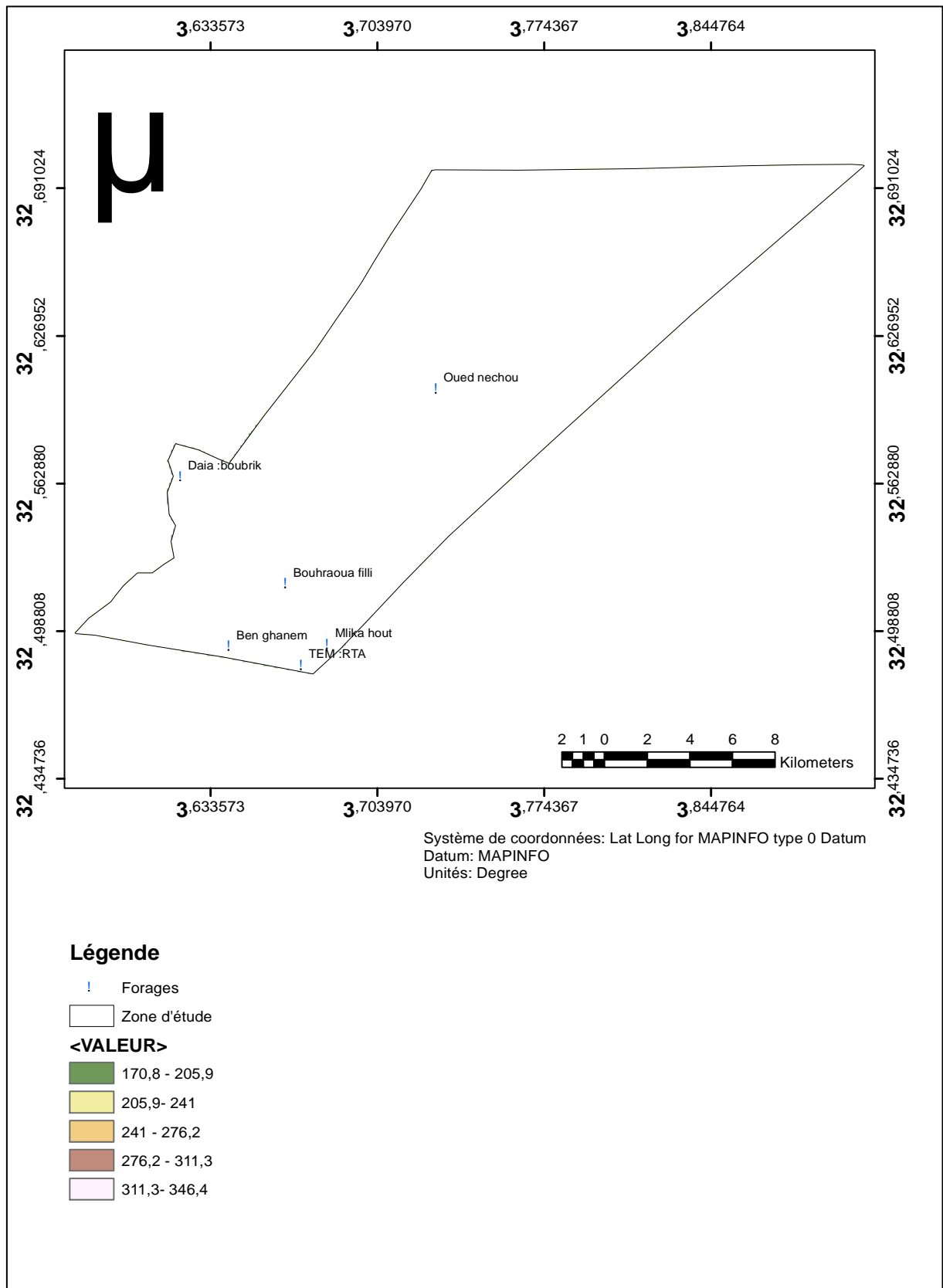


Figure 14: Répartitions des Titres alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC

Titre alcalimétrique complet « TAC » correspond à la somme des alcalinités carbonatée et bicarbonatée. Le TA et le TAC s'expriment, tout comme la dureté de l'eau, en degré français (°Fr).

TA : titre alcalimétrique correspond uniquement à la somme des carbonates alcalins.

A travers de la figure N°... on observe que la valeur de TAC exprime à 346.4 à une valeur maximale aux forages bouharoua filli tandis qu'une valeur minimale de 170.8 au forage daia et TEM:RTA et melika et ben ghanem, avec une moyenne de 241 au niveau de forage oued nechou.

m) Répartition de fer (Fe)

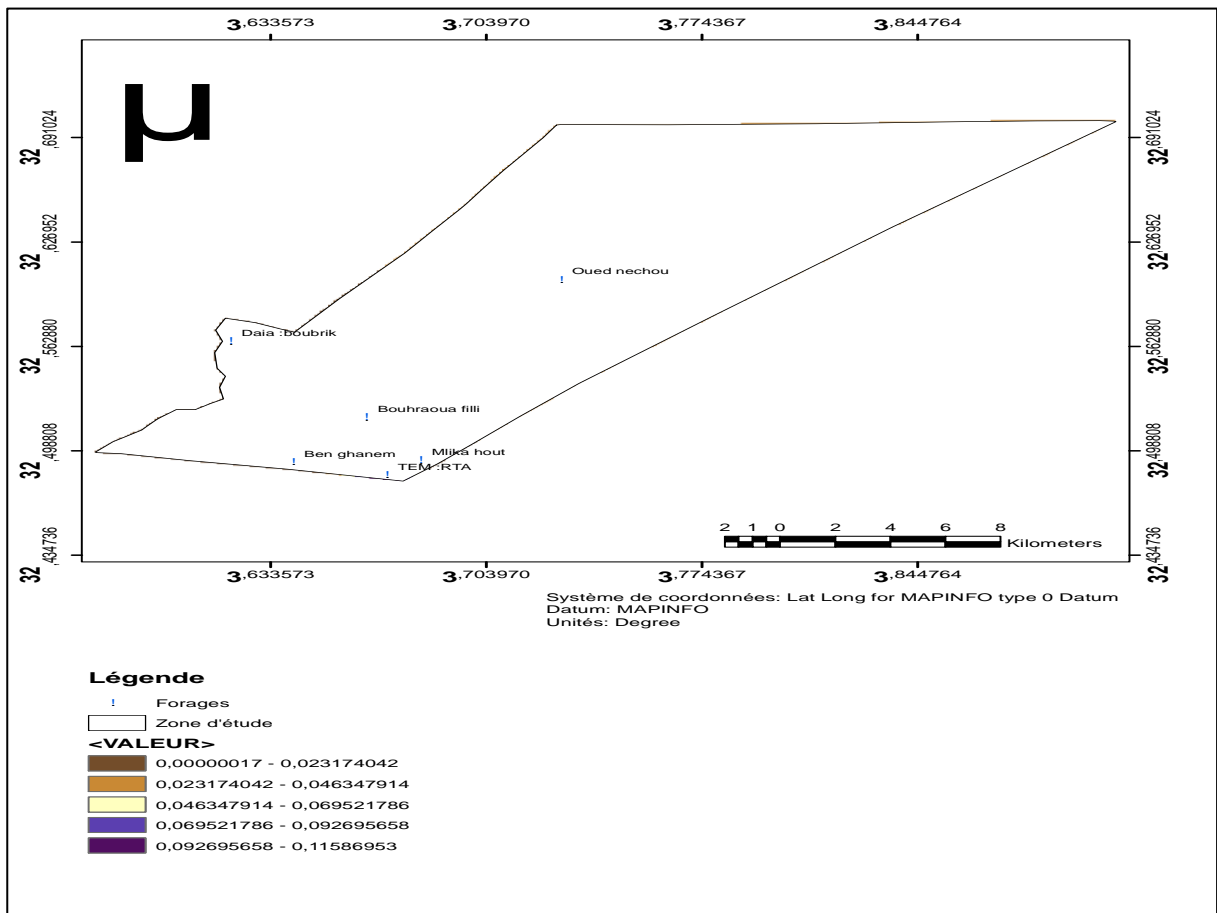


Figure 15: Répartition de fer (Fe)

D'après la figure 28 les concentrations des eaux en fer sont variables d'un forage à un autre.

La concentration maximale a été observée au forage TEM:RTA avec 0.1158 mg/l. Les autres forages présentent des teneurs en fer inférieure au les normes algérienne (0.3 mg/l)

n) Répartition des titre hydrotimétriques (TH) :

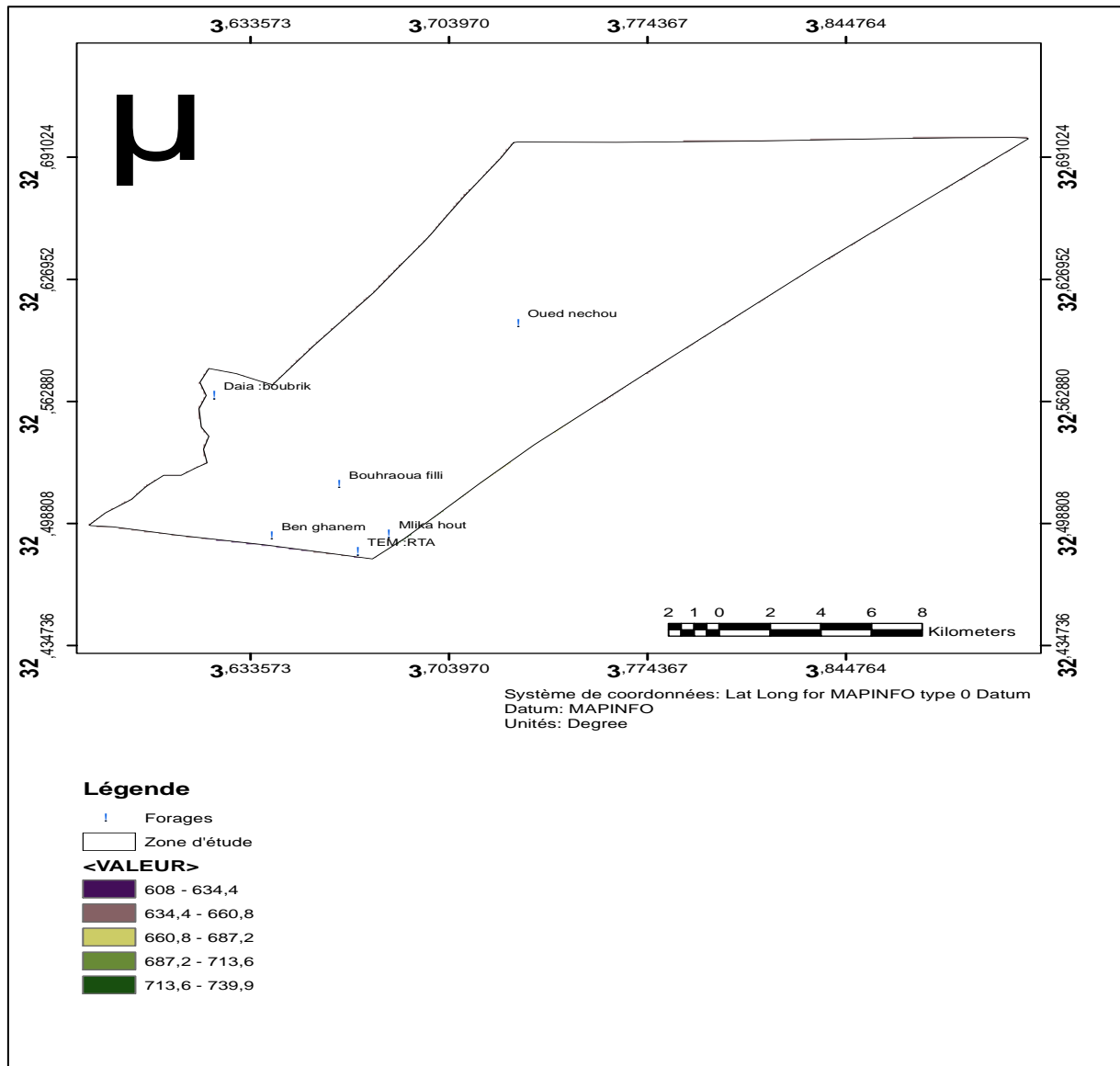


Figure 16: Répartition des titres hydrotimétriques (TH).

TH - titre hydrotimétrique ou « dureté de l'eau » Le TH indique la teneur globale en sels de calcium et magnésium qui sont responsables de la dureté de l'eau dans la plupart des eaux naturelles. Généralement le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 99%.

L'unité de mesure du TI est le degré français - %: 1°f= 4 mg/l de calcium ou 2,4 mg/l de magnésium ou encore 10 mg/l de CaCO₃ (carbonate de calcium qui composent majoritairement les dépôts de tartres).

La norme NF EN 14743 a redéfini l'unité de mesure de la dureté. La nouvelle unité est la milli mole par litre : mmol/l. Une milli mole par litre de CaCO₃ correspond à 10° f.

o) Répartition des Taux de salinité (TDS) :

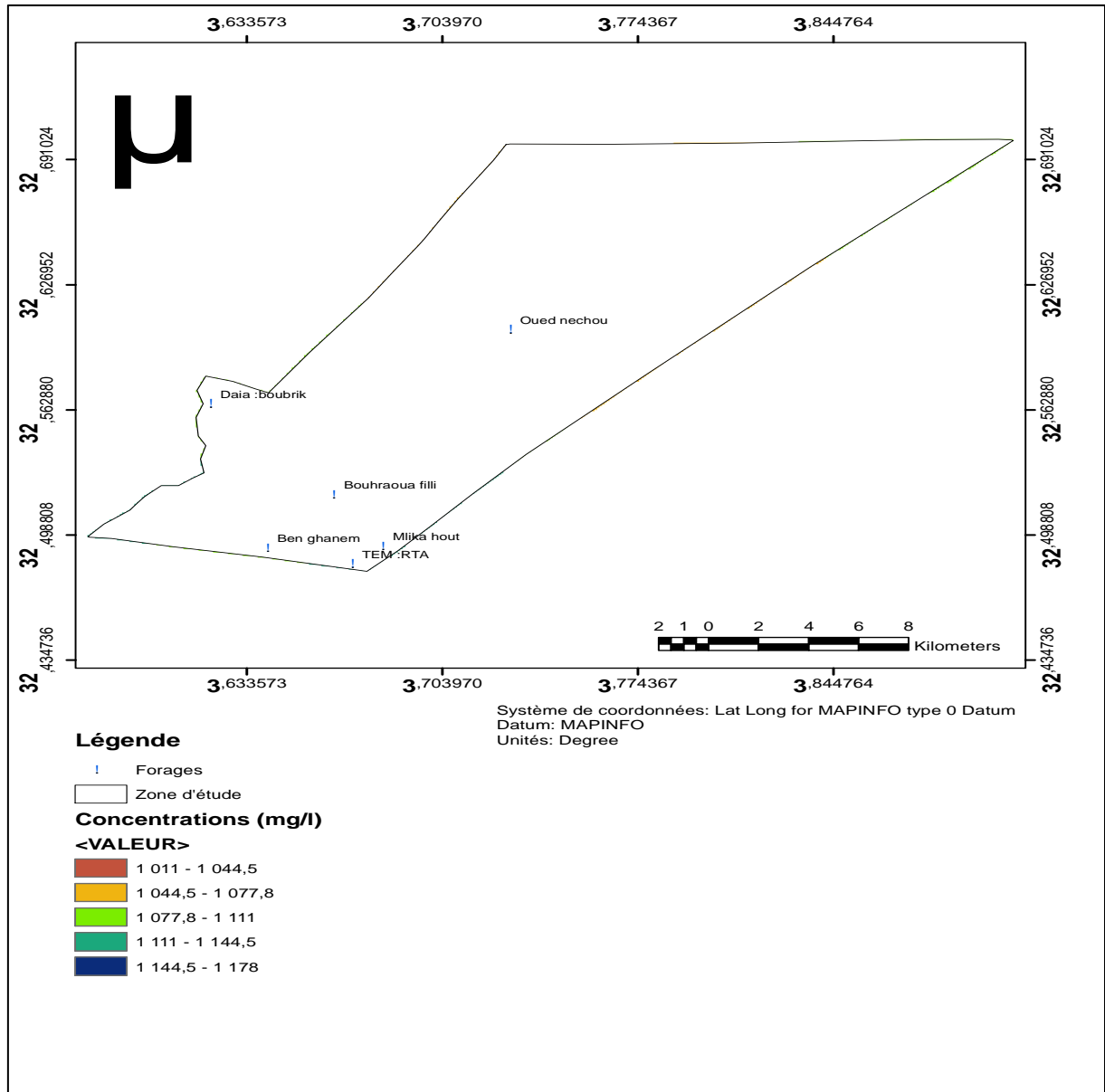


Figure 17: Répartition des Taux de salinité

Le TDS

Le total des solides Dissous « TDS » représente la concentration totale des substances (ions) dissoutes dans l'eau. Il est composé de sels inorganiques (calcium, magnésium,

potassium, carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates) de quelques matières organiques provenant des activités humaines et d'un certain nombre de sources naturelles.

La répartition des analyses réalisées sur le **TDS** représente dans la figure N°26 on observe que la valeur maximale a été enregistrée au forage **bouhraous filli**, par contre, la valeur minimale a été enregistrée au forage **oued nachou**, tandis que la valeur moyenne a été enregistrée aux les deux forages **ben ghanem** et **daia**.

3-. Qualité des eaux :

a) Paramètres physiques :

- La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Les températures de l'eau de la nappe CI sont fortement influencées par la profondeur de l'eau sous le sol. Elle varie entre 20.6 C° et 22.5C°
- Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, pour notre échantillon les valeurs du pH comprises entre 7.5 et 7.7.
- La conductivité électrique exprime la salinité de l'eau, elle est mesurée dans notre échantillon des eaux souterraines entre 2100 et 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

D'après les analyses cette eau ne dépasse pas la norme algérienne (température 25°C ;

Le ph 8.5 ; la conductivité électrique 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) donc cette eau est une eau potable.

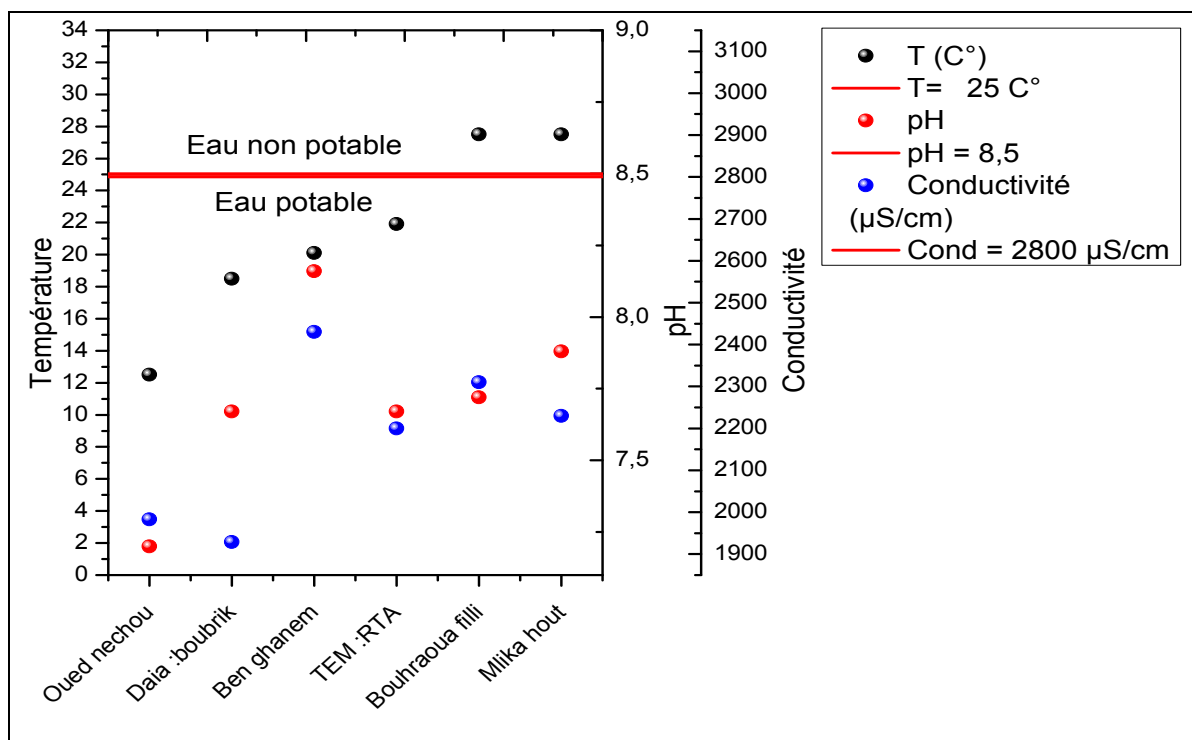


Figure 18: Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les paramètres physiques.

b) Les cations :

L'évolution dans l'espace pour les eaux souterraines indique la non-potabilité des eaux souterraines en sodium, ces eaux dépassant largement les normes Algériennes de potabilité 200 mg/l et une évolution dans l'espace qui montre une potabilité via le potassium, le calcium et le magnésium pour toutes les eaux de forages analysées.

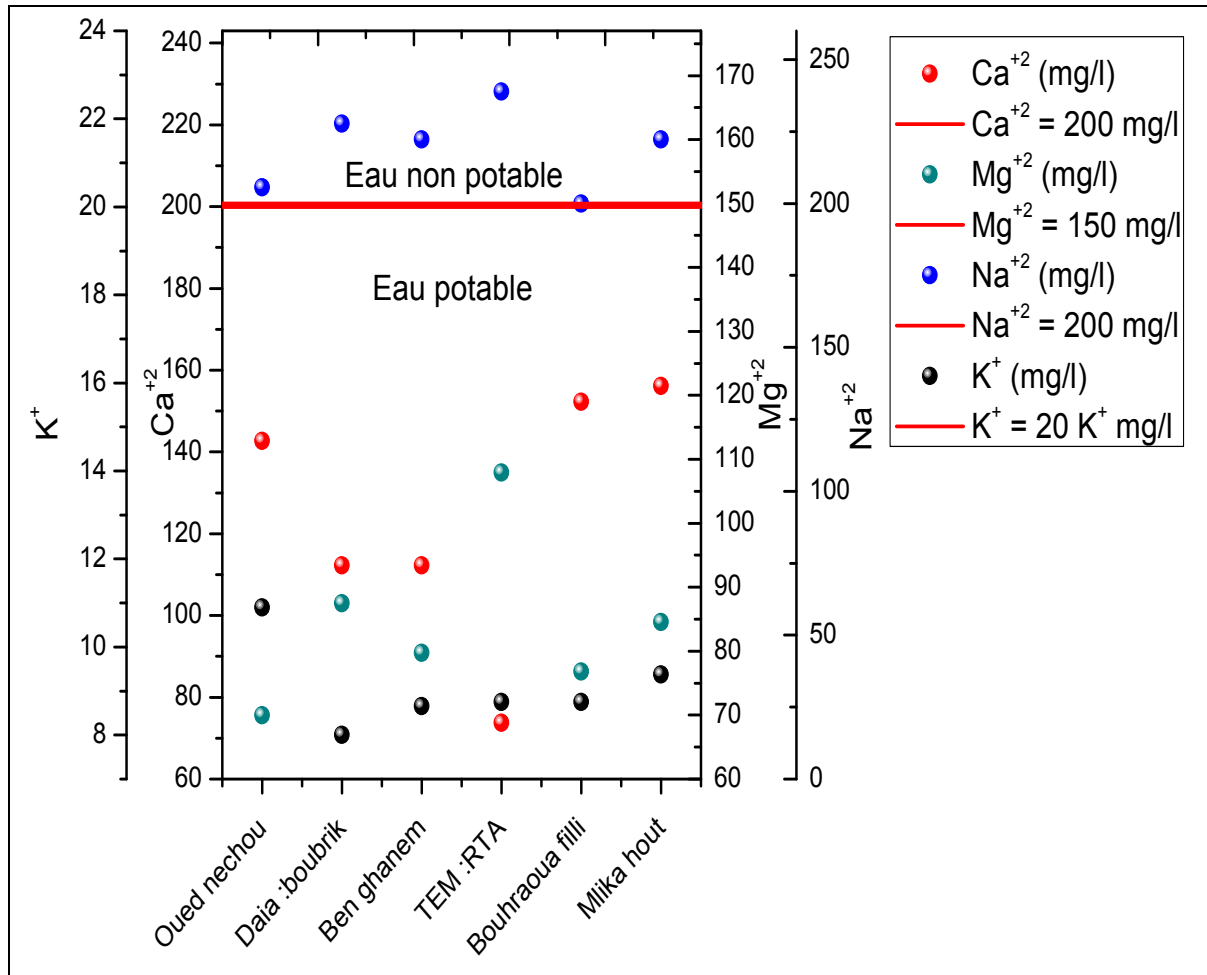


Figure 19: Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les cations.

c) Les anions :

Les anions sont des paramètres utiles pour déterminer la salinité des eaux en combinaison avec les cations.

Les eaux souterraines montrent des concentrations conformes aux normes Algériennes des eaux potables vis-à-vis les sulfates, les bicarbonates, les chlorures pour tous les forages sans exception.

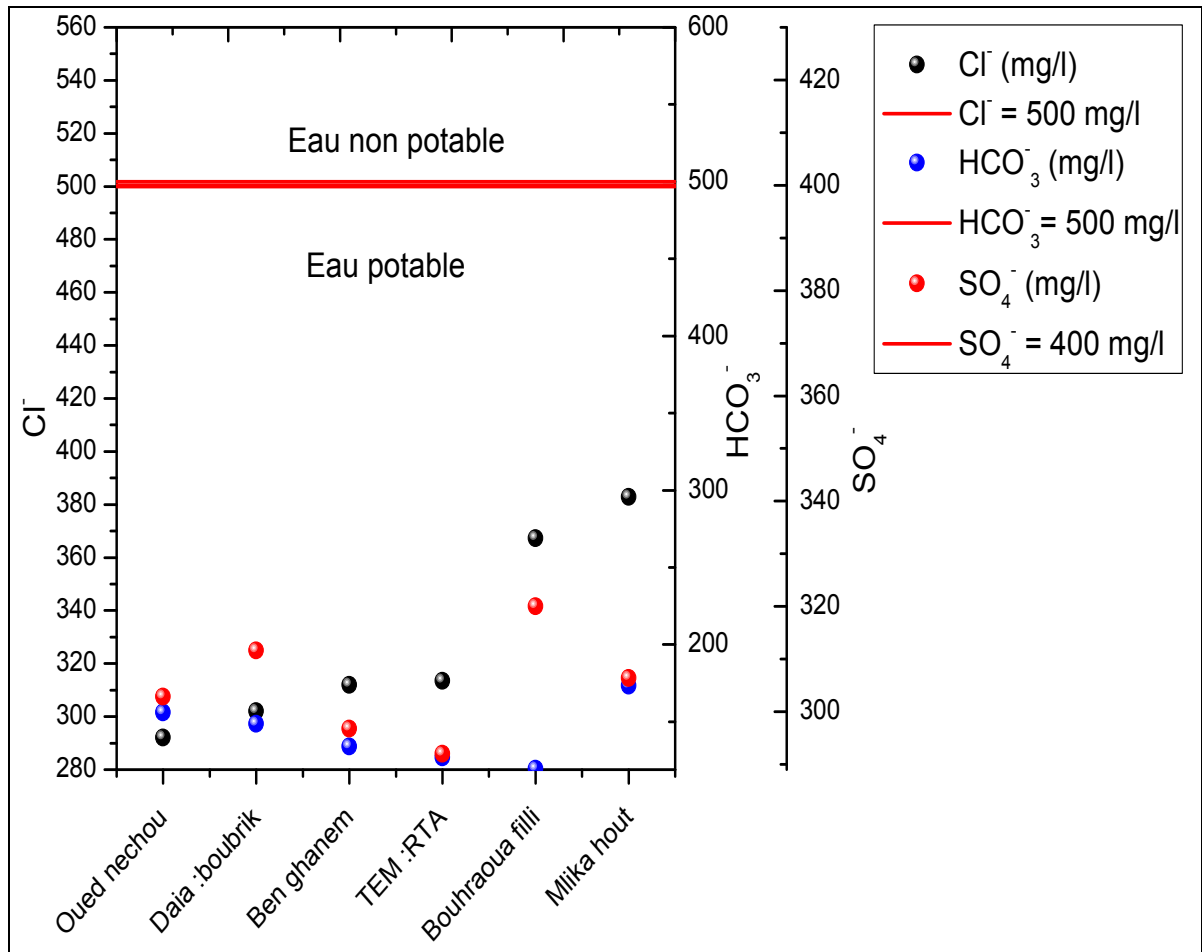


Figure 20: Qualité des eaux souterraine de Ghardaïa vis-à-vis les anions.

Conclusion :

Les eaux souterraines des forages de la ville de Ghardaïa montrent qu'elles sont potables pour la consommation humaine via les cations sauf pour le Sodium qui se trouve en forte concentration et une potabilité via les anions et les paramètres physiques. Tandis que les eaux souterraines, elles sont potable via la consommation humaine.



Conclusion générale

conclusion

Conclusion générale :

Les régions arides renferment d'importantes réserves en eau souterraine dont la qualité est dans la plupart des cas médiocre. Dans de telles régions où règnent des conditions climatiques dures, le renouvellement des nappes est soumis aux aléas du climat.

La commune de Ghardaïa est située au nord de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km de Berriane ; elle est le chef-lieu, située à 600 km au sud d'Alger. Elle couvre une superficie de 306 km².

La région de Ghardaïa est caractérisée par un relief très accidenté formé par un réseau serré de ravines séparées par des crêtes ou des croupes. Les ravins sont sous l'action de l'érosion pluviale au début du quaternaire.

La région de Ghardaïa est une région située dans le Sahara septentrional caractérisé par un climat chaud et sec en été et froid en hiver

Le climat de la région de Ghardaïa est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (max 16mm) d'une part, et les températures très élevées dépassent 30°C pendant le mois de Juin (max moy 32.93°C) et juillet (max moy 34.69°C) d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région à partir ces hautes températures et faibles précipitations acquièrent un climat saharien hyper aride de notre zone d'étude.


Les eaux souterraines des forages de la ville de Ghardaïa montrent qu'elles sont potables pour la consommation humaine via les cations sauf pour le Sodium qui se trouvent en forte concentration et une potabilité via les anions et les paramètres physiques. Tandis que les eaux souterraines, elles sont potable via la consommation humaine.

D'après les analyses cette eau ne dépasse pas la norme algérienne (température 25°C ;

Le pH 8.5 ; la conductivité électrique 2800 µS/Cm) donc cette eau est une eau potable.

Pour les cations l'évolution dans l'espace pour les eaux souterraines indique la non-potabilité des eaux souterraines en sodium, ces eaux dépassant largement les normes Algériennes de potabilité 200 mg/l et une évolution dans l'espace qui montre une potabilité via le potassium, le calcium et le magnésium pour toutes les eaux de forages analysées.

Pour les anions, les eaux souterraines montrent des concentrations conformes aux normes Algérienne des eaux potables vis-à-vis les sulfates, les bicarbonates et les chlorures pour tous les forages sans exception.



**Références
bibliographiques :**

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

- A.N.R.H Ghardaïa 2003 : Rapport de fin du sondage (Coopérative agricole du TIMOUKRAT commune de Metlili daïra de Metlili), Ghardaïa,
- A.N.R.H Ghardaïa 2010 : Rapport de fin du sondage (Rapport Oued Metlili 3_(DSA), Ghardaïa, 11p.
- Abbud, M. & Aker, N. (1986) The study of the aquiferous formations of Lebanon through the chemistry of their typical springs. Lebanese Sci. Bull. 22).
- ACHOUR M. (2003) : étude hydrogéologique de la nappe phréatique de la vallée de metlili (ghardaïa) 36p.
- ACHOUR M. (2010) : Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant
- Agronomie Saharienne, Centre Universitaire d'Ouargla. 108p.
- AN.R.H., 2011 - Inventaire Des Forages D'eau Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya
- applications des énergies renouvelables», Mémoire de Master, Université de Béchar,
- AUBERT G., 1975 - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Ann. LN.A., Alger, 6 (1): 185-195.
- AUBERT G., 1976 - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales INA, Alger Vol N° 1, pp
- BADRAOUI M. 2003 - Elaboration d'un modèle d'écobilan pour l'évaluation environnementale
- BAIZE D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie (choix- expression- présentation-
- BELHADJ M. CHIANG C. FRANFART R., LOUDELOUT H., 1975 - Modèles
- BEN BRAHIM F., 2001 - Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des
- BEN BRAHIM F., 2006 - Evaluation de la durabilité de la céréaliculture sous pivot par l'étude de
- connectée», Mémoire de Master, Université de Boumerdes, Algérie, 2017
- De Ghardaïa ; Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ; 15 p.
- de l'agriculture irriguée au Maroc (Cas de périmètre irrigué de Tadla). institut Agronomique et
- F.Nour Elhouda ,R.Nadjlaa « Réalisation d'une station météo connectée», Mémoire de
- Foudil Zahra; « Réalisation d'un prototype d'une station météorologique dédiée aux

Références Bibliographiques

- Ghardaia, Algeria », Climatebase.ru (consulté le 8 février 2020).
- Hilab Mouaiz ;« Réalisation d'une station météorologique à base d'Arduino UNO»,
- History of Home Weather Stations: <https://www.acurite.com/learn/history-of->
- <https://www.elprocus.com/temperature-sensors-types-working-operation/>Mise à jour
- homeweather-stations. Mise à jour Mai 2021.
- interprétation). LN.R_A., Paris, 172 p.
- Kara Lydia, GUELLAL Sofiane : « Conception et réalisation d'un système de mesure et
- la salinisation du sol dans la région d'Ouargla (Cas de Hassi Ben Abdellah). Mémoire
- Magister,
- les nouveaux piézomètres captant la nappe du CI ; ANRH ; Ghardaïa, Algérie ; 14p.
- l'IAS). Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat En
- LN.A., Alger, 6 (1) : 247-258
- Mahmoud Bacha Aissa; « Conception et réalisation d'une plateforme station météo
- Mars 2021.
- Master, Université de Aboubaker belkaid, Telmcen, 2019.
- mathématiques pour la description de la salure et de l'alcalisation des sols du Sud
- Marocain. Aon.
- Mémoire de master, université de Biskra, 2018.
- Mohand-AkliHaddadou, Dictionnaire toponymique et historique de l'Algérie, TiziOuzou,
- Éditions Achab, 2012 (ISBN 978-9947-9-7225-0), p. 308.
- Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 2018.
- Quargla, 101pp.
- sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette d'Ouargla (cas de
- l'explouation de
- transmission de paramètres météorologiques», Mémoire de Master, Université de
- Vétérinaire Hassan IT Rabat, 38p.
- Vincent Luyet «Stations météo», Rapport, Février 2010.