

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



Faculté des Sciences et Technologies Département
d'hydraulique et génie civil

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière: Hydraulique

Spécialité : Hydraulique urbaine

***Estimation et cartographie de la qualité des eaux souterraines destinées à
l'alimentation en eau potable et à l'irrigation en milieu aride cas de
SEBSEB(WILAYA DE GHARDAIA).***

Thème

Soutenu publiquement le : juin 2022

Par : Herma Abdelkader

Bichi Ahlam

Devant le jury :

Mr. CHOURAB MOUSTAPHA	Docteur	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. BOUTELLI MOHAMED HICHAM	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mr .BOUBELLI Salim	M.C.A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire : 2021 / 2022.

REMERCIEMENTS

Le prophète Mohamed que la paix soit sur lui dit : qui ne remercie pas les gens ne remercie pas Dieu

Nous remercions Dieu qui nous a aidés à bien tenir cette recherche scientifique.

Merci beaucoup à Dieu.

Nous remercions sincèrement le professeur BOUBELLI Salim pour tous les conseils et les informations précieux qu'il nous a fournis tout au long de la rédaction de ce mémoire et sa patience avec nous pour terminer le travail.

Nous remercions également tous les enseignants de la spécialité Hydraulique urbaine qui ont contribué à atteindre ce stade à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, et nous remercions chacun des enseignants corrigés et les intervenants de cette thèse.



MERCI A TOUS

Dédicace

Ce travail que je dédie à :Allah (Gloire à Lui)

Ma mère et ma grande et petite famille (herma), chacune en son nom. A tous ceux qui m'ont aidé par ses conseils ou ses encouragements.

À mon collègue (Ahlam Bichi) dans la création de cette recherche.

A tous ceux qui m'ont honoré en lisant cette thèse.



HERMA ABDELKADER

Dédicace

J'offre le fruit de mon effort à celle qui a posé le bon Dieu le paradis sous ses pieds, et l'a respecté dans son sacré livre, ma chère mère, à ce qui a le gentil visage et les bons actes, ce qui n'a jamais été avare vers moi ; tout le long de sa vie, mon cher père ; mes frères : Ismail, Mohamed Yacine ; mes sœurs : Zineb, Ikram, Fatima Zahra, Djoumana . à toute la famille BICHI , , à toute la famille Ben saifia . à mon amie et sœur de carnet de cœur BEN YAMNA Fatima Zahra. à tous mes collègues et mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université ; tous mes remerciements à tous qui m'ont donné la main d'aide même par un joli mot.



AHLAM BICHI

Liste des tableaux

N°	Titre de tableaux	page
01	Températures (°C) moyennes mensuelles, des maximas et des minima pour les dix ans (2011-2021) dans la région de Ghardaïa	09
02	Valeurs des précipitations de la région de Ghardaïa (2011-2021)	11
03	Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020)	11
04	Les vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2010-2020).	12
05	Les précipitations moyennes mensuelles et les températures moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2011/2021).	14
06	Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa dans la période (2011-2021).	15
07	Faciès chimiques des points de six (06) forages d'eau.	27
08	Indice croisé SAR/Conductivité	51
09	Risque des bicarbonates (HCO_3) pour l'eau d'irrigation (meq/l).	53
10	conversation des analyses de la conductivité électrique en meq/l	53
11	Les niveaux de toxicité pour des ions spécifiques (meq/l)	55
12	conversation des analyses des chlorures et du sodium en meq/l.	55
13	Normes Algérienne de potabilité des eaux.	57

Liste des Figure

N°	Titre de Figure	Page
01	Carte de situation de la zone d'étude	05
02	Carte géologique de la région de Ghardaïa	08
03	Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2011-2021).	10
04	Répartition des précipitations moyennes mensuelles (2011-2021)	11
05	Variation d'Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020)	12
06	Variation des vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2010- 2020).	13
07	Diagramme Ombrothermique (P=2T) de la région Ghardaïa (2011/2021)	14
08	Figure N°07 : Bilan hydrique de la région de Ghardaïa (2011/2021)	16
09	Interface de commande du logiciel DIAGRAMME	20
10	Plan d'approche méthodologique	21
11	Carte d'inventaire des points de prélèvement.	22
12	Diagramme de Piper	23
13	Faciès chimique des analyses d'après de diagramme de Piper	24
14	Diagramme de Schoeller et Berkloff	25
15	Faciès chimique des analyses d'après de diagramme de Schoeller et Berkloff	26
16	Diagramme de Stiff	27
17	Représentation les analyses de faciès chimique selon le diagramme Stiff	28
18	Répartition spatiale de la température des eaux de six (06) forages de la région étudiée.	30

19	Répartition de pH	31
20	Répartition de la conductivité électrique	32
21	Répartition de la turbidité	33
22	Répartition de la dureté	35
23	Répartition de TAC	36
24	Répartition de Tds	37
25	La répartition de calcium	38
26	Répartition spatiale de sodium	39
27	Répartition spatiale de magnésium	40
28	Répartition spatiale d'ammonium	41
29	Répartition spatiale de fer	42
30	Répartition spatiale de chlore.	43
31	Répartition spatiale de bicarbonates	44
32	Répartition spatiale de sulfure	45
33	Répartition spatiale des nitrates	46
34	Répartition spatiale des phosphates	47
35	Représentation les analyses des eaux d'après le diagramme de Wilcox	50
36	Risque du sodium pour l'irrigation.	56
37	Risque des chlorures pour l'irrigation.	56
38	Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis les paramètres physiques	58
39	Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis les paramètres physiques	60
40	Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis les cations	61
41	Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis les anions	62
42	Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis le nutriment	63

Liste des abréviations

Ca : Calcium
Cl : chlorures

CS : contraction du sulfat

DA : déficit agricole

EPT: Eau peptonnée tomponée.

ETR : Evapotranspiration Réelle

ETP : Evapotranspiration potentielle

HCO₃ : bicarbonates

K : Potassium

Max : maximum

Moy : moyen

Mg : Magnésium

Na : Sodium

NO₃ : Nitrates

NH₄ : Ammonium

ONM : Office National de Météorologie.

ONS : Office National des Statistiques

PO₄ : Phosphates

RFU : Reserve facilement utilisable

SAU : Surface Agricole Utile.

SAU : Surface Agricole Utile.

SO₄ : Sulfures

TDS : Le Totale des solides dissous

TAC : Titre alcalimétrique complète

M mol : milli mol

SOMMAIRE

Remercîments

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des Figure

Liste des abréviations

Introduction générale.....01

CHAPITRE I : Présentation du secteur d'étude et le contexte climatique

1. Présentation de secteur d'étude04

1.1. Introduction.....04

1.2. Géologie et hydrogéologie de la région Sebseb.....06

1.2.2.1. Albien.....06

1.2.1.2. Cénomaniens.....06

1.2.1.3. Turonien.....06

1.2.2. Contexte hydrogéologique.....06

1.2.2.1. Les nappes phréatiques quaternaire.....06

1.2.2.2. Les nappes du continentale intercalaire.....06

1.2.2.3. Types d'aquifères a capte.....06

1.2.2.3.1. Nature lithologique.....06

1.2.2. Contexte climatologique.....09

1.Introductio.....09

2. Le climat de Sebseb.....09

2.1. Les températures	09
2.2.1. Les précipitations	10
1.2.2. L' humidité	11
1.2.4. Le vent	12
1.2.4. Diagramme ombrothermique de Gaussen P=2T.....	13
1.2.7. Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa	15
3.Conclusion.....	19

CHAPITRE II : Répartition spatiale et Diagnostic qualitative des eaux

Introduction.....	19
Procédure d'étude et analyse	19
Estimation des étapes d'analyse.....	19
Approche méthodologique.....	21
Méthode d'étude.....	21
Etude classificatoire des eaux souterraines.....	22
Faciès hydro-chimique.....	22
Classification de Piper	23
Classification de Schoeller et Berkloff.....	25
Classification de stiff	27

CHAPITRE III : Répartition des Paramètres physico-chimique

1. les paramètres physique	29
1.1.Les températures.....	30
1.2.Le PH.....	31
1.3.La conductivité électrique.....	31
1.4.La turbidité.....	33

1.5.La dureté.....	34
1.7.Le TAC.....	36
1.7. Le TDS.....	39
2. Répartition des éléments majeurs.....	40
2.1.Les cations.....	40
2.1.1. Le calcium(Ca)	40
2.1.2. Le sodium (Na).....	41
2.1.3. Le magnésium (Mg)	42
2.1.4. L'ammonium (NH₄)	43
2.2.5. Le Fer.....	42
2.2. Les Anions.....	44
2.2.1.Le chlore (cl)	44
2.2.2. Les bicarbonates (HCO₃).....	46
2.2.3. Les sulfures (So₄)	47
2.2.4.Les nitrates (No₃)	48
2.2.5.Le phosphate (Po₄)	49
3.Qualité des eaux destinées à l'irrigation	50
3.1. Classification de Wileos (SAR)	50
3.1.1. Pourcentage de sodium (Na%).....	50
3.1.1.2.Taux d'absorption du sodium (SAR)	51
3.2.1.Diagramme de Wilcox.....	51
3.2.2.Risque des bicarbonates	54
3.2.4. Les risque des ions phytotoxiques.....	56
4. Qualité des eaux destinés à l'eau potable.....	59

4.1. Normes Algérienne de potabilité des eaux..	59
5. Paramètres physiques.....	59
5.1.T°,Tac,Tds et PH.....	59
5.2.Tur, Cond et Th	60
5.3. Cations.....	61
5.4. Anions.....	62
5.5.Nutriments.....	64
6. Conclusion.....	65
Conclusion générale	67
Référence Bibliographique	69

RESUME

L'Algérie est considérée comme l'un des pays qui possède une importante réserve d'eau souterraine, en particulier dans son sud. C'est la partie à laquelle appartient la municipalité de seb seb et l'état de Ghardaïa (le lieu de notre étude actuelle). à travers cette étude, nous visons à étudier la qualité de L'eau potable et d'irrigation , à cette effet , nous avons prélevée six échantillons d'eau (albien) pour effectuer un contrôle de qualité : les résultats obtenus (selon les données) pour chaque élément chimique et ses effets conduisent au fait que l'eau est potable et l'irrigation dans tous les puits (sur les quels l'étude a été menée) avec la concentration des ions et des cations, à l'exception du sulfate (SO₄) , qui a donné une concentration élevée, qui doit être traité avant d'être distribué aux résidents .

ETAPES D'ETUDE

Afin d'atteindre l'objectif précédent, nous avons suivi les étapes du processus comme suit :

Premièrement : prélever plusieurs échantillons dans chaque puits (environ 3 à 4 échantillons)et tenir compte des procédures de sécurité pour préserver la nature de échantillons.

Deuxièmes : nous avant contacté le laboratoire de la société de gestion de l'eau potable à Ghardaïa , et avons reçu des échantillons pour analyse.

Troisièmes : nous avant reçu les résultats sous forme de tableaux présentant les caractéristiques de chaque puits (F1,F2,F3,F4,F5,F6) .

Quatrièmement : en utilisant des méthodes logiciel (à l'aide d' ArcGIS10.4.1) , nous obtenons les résultats indiqués dans les graphiques

Mots clés : Sebseb, Qualité, Eau potable, Concentration, Irrigation.

ABSTRACT

Algeria is considered to be one of the countries that has a large underground water reserve, especially in its south. it is the part to which belongs the municipality of seb seb and the state of Ghardaïa (the place of our current study). through this study, we aim to study the quality of drinking and irrigation water, acet effect, we took six water samples (albian) to carry out a quality control: the results obtained (according to the data) for each chemical element and its effects lead to the fact that water is drinkable and irrigation in all wells (on which the study was conducted) with the concentration of ions and cations, except for sulfate (SO₄), which gave a high concentration, which must be treated before being distributed to residents.

STUDY STEPS

In order to achieve the previous result, we followed the process steps as follows:

First: take several samples from each well (about 3 to 4 samples) and take into account safety procedures to preserve the nature of the samples.

Second: we contacted the laboratory of the drinking water management company in Ghardaia **beforehand**, and received samples for analysis.

Sadly: we received the results before in the form of tables presenting the characteristics of each well (F1, F2, F3, F4, F5, F6).

Fourth: using software methods (using ArcGIS10.4.1), we get the results shown in the graphs

Keywords: Sebseb, Quality, Drinking water, Concentration, Irrigation.

المخلص

تعتبر الجزائر من الدول التي لديها احتياطي كبير من المياه الجوفية ، خاصة في جنوبها و هو الجزء الذي تنتمي إليه بلدية سب سب ولاية غرداية (مكان دراستنا الحالية). من خلال هذه الدراسة ، نهدف إلى دراسة جودة مياه الشرب والري ، من اجل ذلك ، وأخذنا ست عينات من المياه (الجوفية) لإجراء مراقبة الجودة : النتائج التي تم الحصول عليها (حسب البيانات) لكل عنصر كيميائي وتأثيراته. يؤدي إلى حقيقة أن الماء صالح للشرب والري في جميع الآبار (التي أجريت عليها الدراسة) بتركيز الأيونات والكاتيونات ماعدا الكبريات (SO4) التي أعطت تركيزا عاليا يجب معالجتها قبل توزيعها على السكان.

مراحل الدراسة :

من أجل تحقيق النتيجة السابقة ، اتبعنا خطوات العملية على النحو التالي:

أول : أخذ عدة عينات من كل بئر (حوالي 3 إلى 4 عينات) مع مراعاة إجراءات السلامة للحفاظ على طبيعة العينات.

ثانيا : اتصلنا مسبقاً بمختبر شركة إدارة مياه الشرب في غرداية واستلمنا عينات لتحليلها.

ثالثا : تلقينا النتائج من قبل على شكل جداول تعرض خصائص كل بئر (F1، F2، F3، F4، F5، F6).

رابعاً : باستخدام الأساليب البرمجية (باستخدام ArcGIS10.4.1) نحصل على النتائج الموضحة في الرسوم البيانية.

الكلمات المفتاحية: سب سب ، الجودة ، مياه الشرب ، التركيز ، الري

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socio-économique réel et durable d'un pays, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes surtout les informations concernant sa qualité afin de protéger contre la pollution hydrique.

En Algérie, nous avons un potentiel hydrique global mobilisable ne dépassant pas les 12,3 milliards m³ (eaux superficielles), ce qui offre un volume annuel de **280 m³/habitant/an** . Avec des ressources en eau souterraines du Nord et du Sud, du dessalement de l'eau de mer, nous arrivons actuellement aux alentours de **18.2 milliards de m³/an**, soit de 450 m³/habitant/an. En réalité, cette quantité est largement suffisante pour recouvrir les divers besoins d'agglomération. Mais d'autre part la question qu'il faut reposer dans ce point :Est-ce que cette qualité des eaux convenable avec les normes nationale des qualités requis pour l'usage (boisson, irrigation et industriel) .

Généralement ,la qualilé des eaux en Algérie est une variable et instable selon la région car elle est liée aux plusieurs facteurs notamment la climatologie et la géologie du terrain .

Dans notre région de Ghardaïa, les eaux souterraine ont toujours été une source importante d'approvisionnement en eau potable pour les populations locales et pour l'irrigation. Cependant la qualité d'eau représente une préoccupation grandissante. Le défi auquel font face toutes les régions d'Algérie et particulièrement les zones rurales est la protection de qualité des ressources en eau souterraine.

Les objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche est estimation et cartographie de la qualité des eaux souterraines destinées à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation en milieu aride cas de sebseb (wilaya de Ghardaïa) .Ce dernier se fait par une bilan d'analyse au niveau de laboratoire pour des déchantions du forages choisisses puis représenter et évaluer la nature chimique des eaux selon des divers classifications .

Nos Travaux de recherche ont été menés dans la zone de sebseb qui est située dans la wilaya de Ghardaïa à **60 km** du chef-lieu, s'étalant sur une superficie de **5 640 km²** environ . Ainsi mon projet de fin d'étude s'est décomposé en trois grandes chapitres qui seront décrits dans ce rapport :

- Une première chapitre basée sur la présentation du secteur d'étude et le contexte climatique, ou nous allons présenter le contexte géologie, hydrogéologie et climatologie de la région sebseb.
- Une deuxième chapitre a permis d'étude la répartition spatiale et diagnostic qualitative des eaux.
- Troisième chapitre a consisté à représenter les analyses physico –chimique et en même temps se fait leurs clarification selon Piper, Stif et Sehoeller.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale résultant les principaux résultats obtenus.

Chapitre I : Présentation du secteur d'étude et le contexte climatique

1. Etude et Présentation de région

1.1 .Introduction

À travers ce premier chapitre, la présentation spatiale du secteur d'étude se consacre sur les traits majeurs du milieu d'étude notamment la situation géographique de la région, le cadre climatique, la géologie et l'hydrogéologie. Ces éléments vont contribuer à situer le système aquifère dans le contexte régional et à identifier les éléments utiles à la compréhension des problématiques abordées au cours de l'étude. Situation géographique de la commune Sebseb.

La commune de Sebseb est située dans la wilaya de Ghardaïa à **60 km** du chef-lieu de la wilaya et à **663 km** au sud d'Alger.

Selon l'ANRH, la zone d'étude est d'une superficie de **5 640 km²** (6.55% de la totale wilaya), s'étend du Nord au sud sur **15 à 30 km** et l'est en ouest sur environ **200 km**. Le chef-lieu communal, se situe sur la parallèle **32 08'** de latitude et **3 36'** de longitude est, cette localité, se trouve à l'ouest de la route nationale **N 01**, à **20 km** au sud du chef-lieu de daïra, sur le dorsal du M'ZAB. Elle est limitée administrativement :

- Au nord par Metlili. (Wilaya de Ghardaïa) ;
- Au sud par Mansoura. (Wilaya de Ghardaïa) ;
- Au l'est par Rouissat. (Wilaya d'Ouargla) ;
- Au l'ouest par Brezina. (Wilaya d'el Bayad).

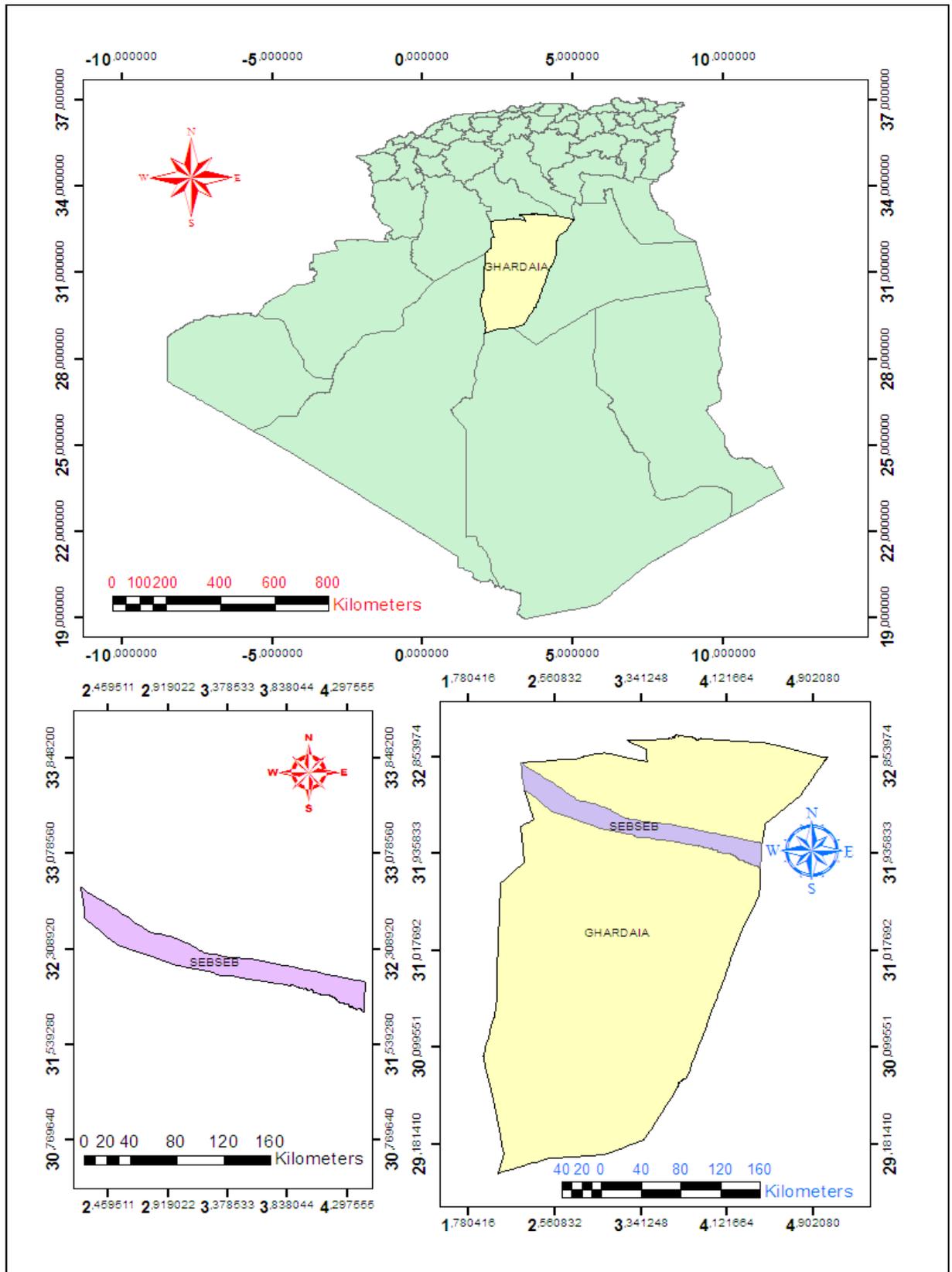


Figure n°1 : Carte de situation de la zone d'étude.

1.2. Géologie et hydrogéologie de la région Sebseb

1.2.1 .Contexte géologique

La zone d'étude présente une succession de formations géologiques allant du Cénomaniens au Turonien. Le Quaternaire correspond au dépôt de recouvrement alluvionnaire de la plupart de la vallée de Sebseb, se caractérise par trois couches géologiques.

1.2.1.1 .Albien

Recoupé par les sondages sur une épaisseur de 500 mètres, il représente une grande importance hydraulique pour la région. Il est composé de sables fins à moyens jaunâtres parfois rougeâtres à rose. Des intercalations d'argiles verdâtres à vertes sont fréquentés.

(A.hamel et al,2019)

1.2.1.2. Cénomaniens

Cet étage présente un faciès argileux, formé essentiellement par des argiles vertes, grises et noirâtres, plus ou moins plastique à couches lenticulaires. Des minces intercalations de couches calcaires et des intercalations plus importantes de gypses massifs fibreux blancs et de l'anhydrite.

Des argiles bariolées (marron, verte et rouge) prédominent dans la partie basale du Cénomaniens, elles sont attribuées par certains géologues au sous-étage Vraconien. L'épaisseur moyenne du Cénomaniens dans la région du M'Zab est de 230 mètres.

1.2.1.3.Turonien

Constitue le plateau rocheux de la dorsale du M'Zab (110m) parsemé par de nombreux oueds.

Il est composé d'assises calcaires et calcaires dolomitiques massifs à patine ocre, souvent fossilifères ; avec de nombreux nodules de silex. On note aussi des structures d'end karst fossiles, occasionnant des pertes totales ou partielles de la boue lors de l'exécution des sondages hydrauliques. (Bellakhal et Boudjellal 2020)

1.2.2 Contexte hydrogéologique

La géologie permet de estimer les capacités du réserve d'aquifère et connaître leurs types de nappes, ainsi que leurs conditions aux limites selon la distribution des faciès géologies. Généralement, le système d'aquifère du Sahara septentrional, constitués en deux grande couche d'aquifère qui sont : La formation de continentale intercalaire (CI) et celle du complexe terminale (CT).

1.2.2.1 Les nappes du complexe terminale (CT).

Le Quaternaire est constitué de sables éoliens et sables argileux et alluvions des oueds.

La profondeur de pompage des eaux de la nappe phréatique varie entre 15 et 25 mètres à partir de la surface du sol. Cette profondeur augmente chaque fois que l'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Les puits de la nappe phréatique se trouvent également à l'extérieur de l'oasis. Ils sont nécessaires pour les nomades, et constituent des sources d'eau et des repères pour les terrains et les parcours. Cette nappe est fortement exploitée dans la vallée de Sebseb pour l'usage agricole des petites parcelles.

1.2.2.2 . Les nappes du continentale intercalaire

Souvent appelée « Nappe de l'albien » couvre les terrains dont l'âge .En vue d'augmenter les disponibilités en eau pour les besoins agricoles et domestiques des habitants, 15 forages ont été réalisés dans la nappe albienne. le débit varie de 22 à 40 litres par seconde. Pour amener l'eau à la surface, le pompage est nécessaire (ANRH, 2016) .

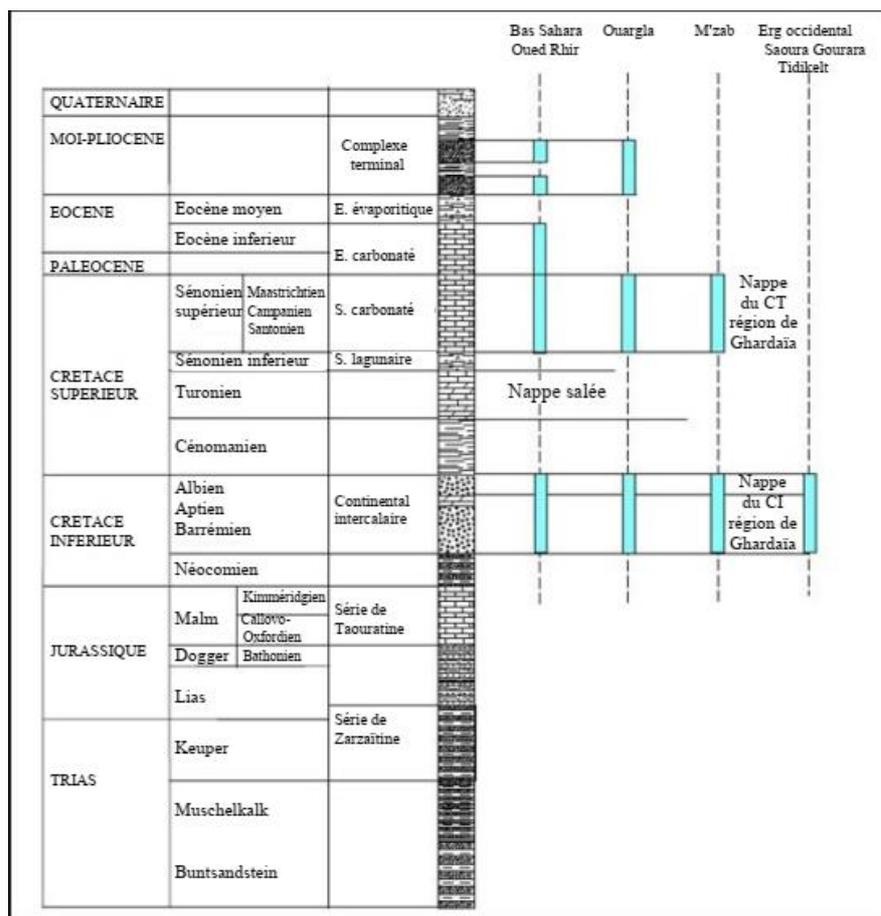


Figure 02: Coupe lithologique de CI et CT de la région de Ghardaïa (OSS, 2003).

1.2.2.3 .Types d'aquifères captée

L'aquifère a capté dans notre étude est de type continental intercalaire (albienne) qui s'étend sur 600 000 km² dans des grès et des argiles datés de 100 à 150 millions d'années. Environ 20000 milliards de m³ d'eau y sont piégés. Elle occupe la totalité du Sahara algérien septentrional, et se prolonge : dans le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye (ANRH, 2016)

1.2.2.3.1 . Nature lithologique

L'étude de la coupe géologique dans cette zone présente les formations suivantes :

✚ Le Turonien : de 1 à 30 mètres. Calcaire grisâtre à blanc massif, Marne jaune à calcaire à la base.

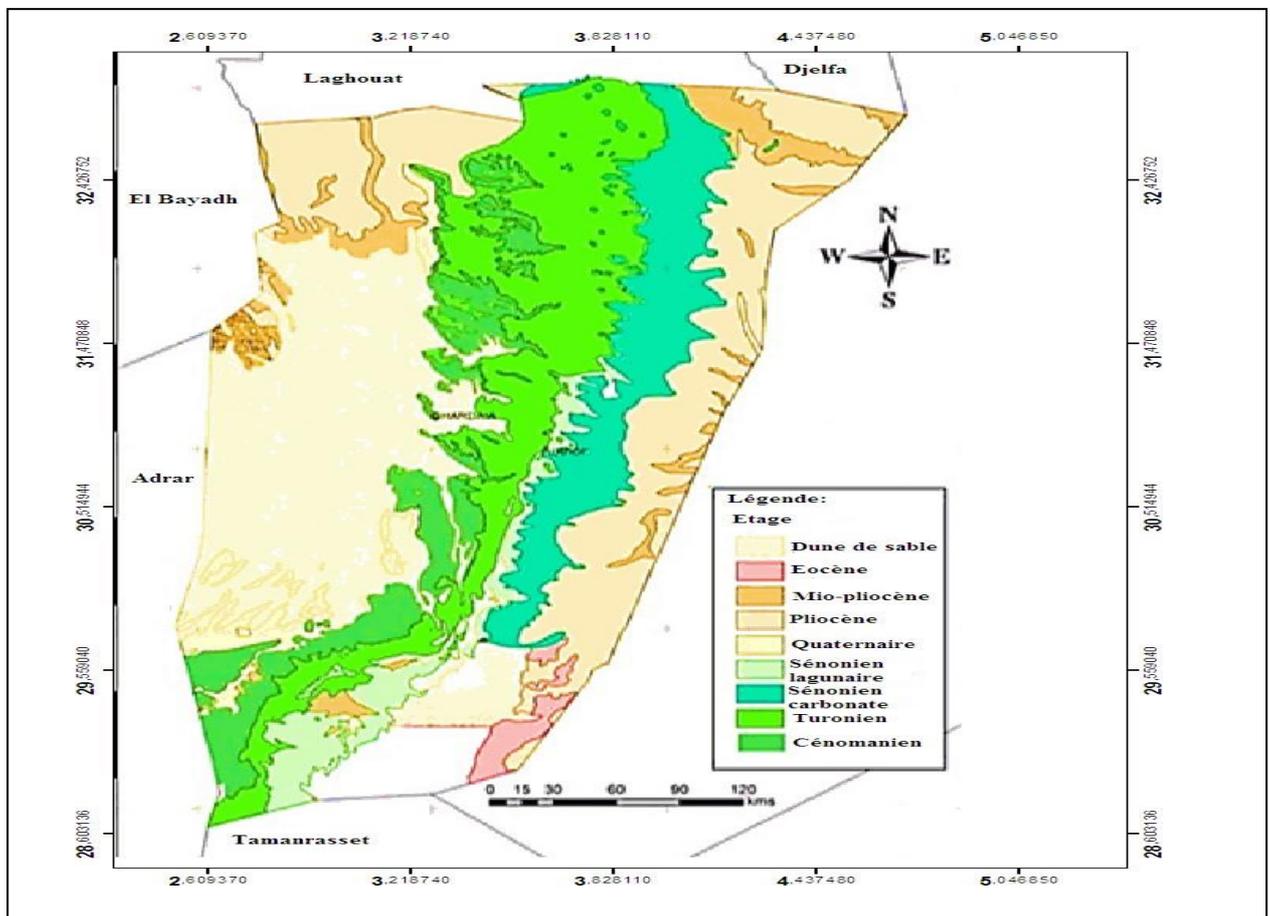


Figure 03: Carte géologique de la région de Ghardaïa (A.hamel et al,2019)

✚ Le Cénomanién : de 30 à 290 mètres. Il s'agit d'argiles verdâtres grises, brunes, parfois noirâtres. Compactes et bariolée à gypses vitreux, argiles grisâtres claires sableuses à la base.

✚ L'Albien : A partir de 290 mètres. Sables bruns moyen à fin argileux, sables jaunes à grès, argiles grises sableuses, à vertes, sables fins bruns et roses, argiles grises sableuses,

sables fins brun argileux, grès rose et brun à ciment argileux, sables à argiles rouge, sables fins roses gréseux, grès rouge, argile rouge plastique à la bas.

1.2.2 . Contexte Climatique

1. Introduction

La climatologie s'appuie sur l'analyse de la distribution statistique des variables météorologiques, telles que : la température, les précipitations, le soleil, l'humidité, le vent et la pression atmosphérique d'une région donnée sur une période donnée. Ces derniers sont des caractéristiques nécessaires pour les études hydrologiques.

Dans cette partie, on prend les éléments les plus importants « température et précipitation », vu leur effet majeur sur l'alimentation des nappes, on prend également des autres éléments qui peuvent aussi avoir un effet sur cette dernière.

2. Le climat de Sebseb

Le caractère fondamental du climat Saharien est la sécheresse de l'air mais les microclimats jouent un rôle considérable au désert. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques (BELLAKEHAL & BOUDJELLAL, 2020).

En général le climat de la région de Sebseb de la wilaya de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (du mois d'avril au mois de septembre) et une autre saison tempérée (du mois d'octobre au mois de mars) avec une grande différence entre les températures estivales et hivernales

2.1. Les températures

Les températures et leur influence sur l'évapotranspiration, paramètre essentiel du déficit d'écoulement. Elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. Cela va être présenté sur la courbe des variations des moyennes mensuelles des température

Tableau N° 1 : Températures (°C) moyennes mensuelles, des maxima et des minima pour les dix ans (2011-2021) dans la région de Ghardaïa.

Moins	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	oct	nov	déc.
T°Min	4.49	5.57	8.7	12.89	17.87	22.46	26.44	25.84	21.46	15.76	8.88	5.69
T°Max	19.38	20.55	25.22	31.09	36.07	39.86	41.03	41.55	37.86	31.54	24.98	19.56
MMT	11.74	12.93	16.90	21.84	26.68	31.36	34.29	32.05	29.62	23.39	16.51	12.23

Avec :

- ✓ T est température exprimée en °C.
- ✓ T° min : Moyennes mensuelles de températures minimales en °C.
- ✓ T° max : Moyennes mensuelles de températures maximales en °C.
- ✓ MMT° : Moyennes mensuelles de températures en °C.

Les valeurs de la température affichées dans le **tableau N° 1** caractérisent le climat d'une région saharienne. On remarque que le maximum du mois le plus chaud est noté en **août** avec **41.55 °C**, et le minimum et le plus froid est noté au mois de **janvier** avec **4,49 °C** (**Tableau N° 1**). La température moyenne mensuelle est atteinte au mois **juillet** une valeur de **34.29°C**. La courbe représente des températures (**min, max et moy**), montrent pratiquement la même allure avec chacune.

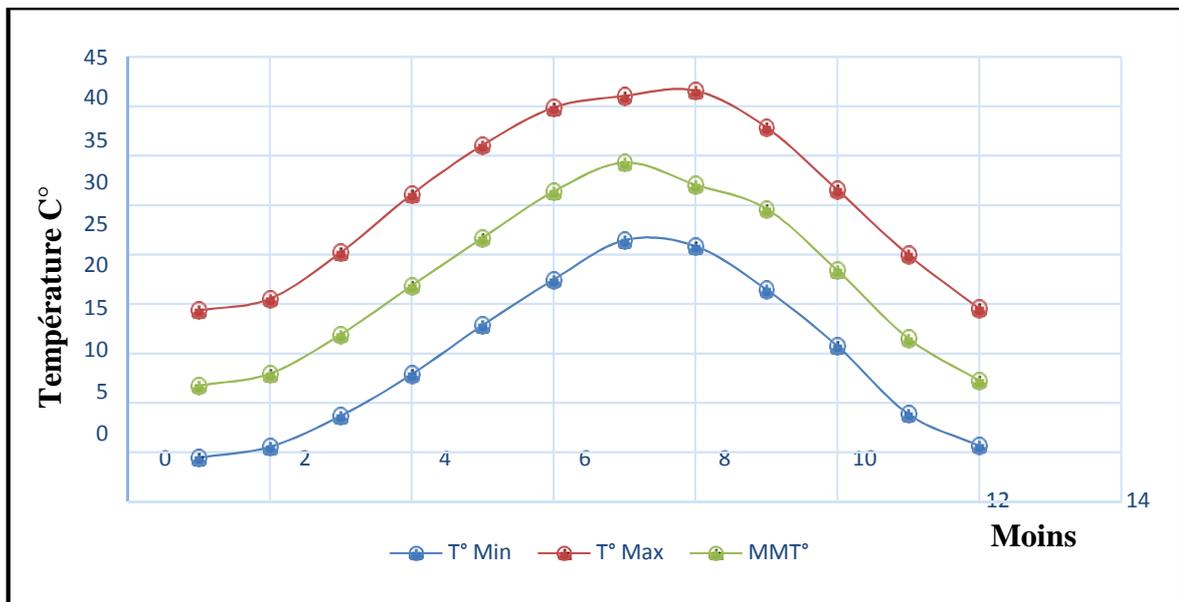


Figure N°4 : Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2011-2021)

1.2.1 . Les précipitations

Les précipitations liquides, qui déterminent l'apport d'eau à la nappe. Nous analyserons leur abondance, et leur fréquence périodiques (annuelle, mensuelle et saisonnière).

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de (2011-2021)

Tableau N°2 : Valeurs des précipitations de la région de Ghardaïa (2011-2021)

Moins	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	oct.	nov.	déc.
Pluie (mm)	2.795	3.346	10.384	6.125	3.214	2.505	0.341	3.951	10.211	4.724	3.971	3.509

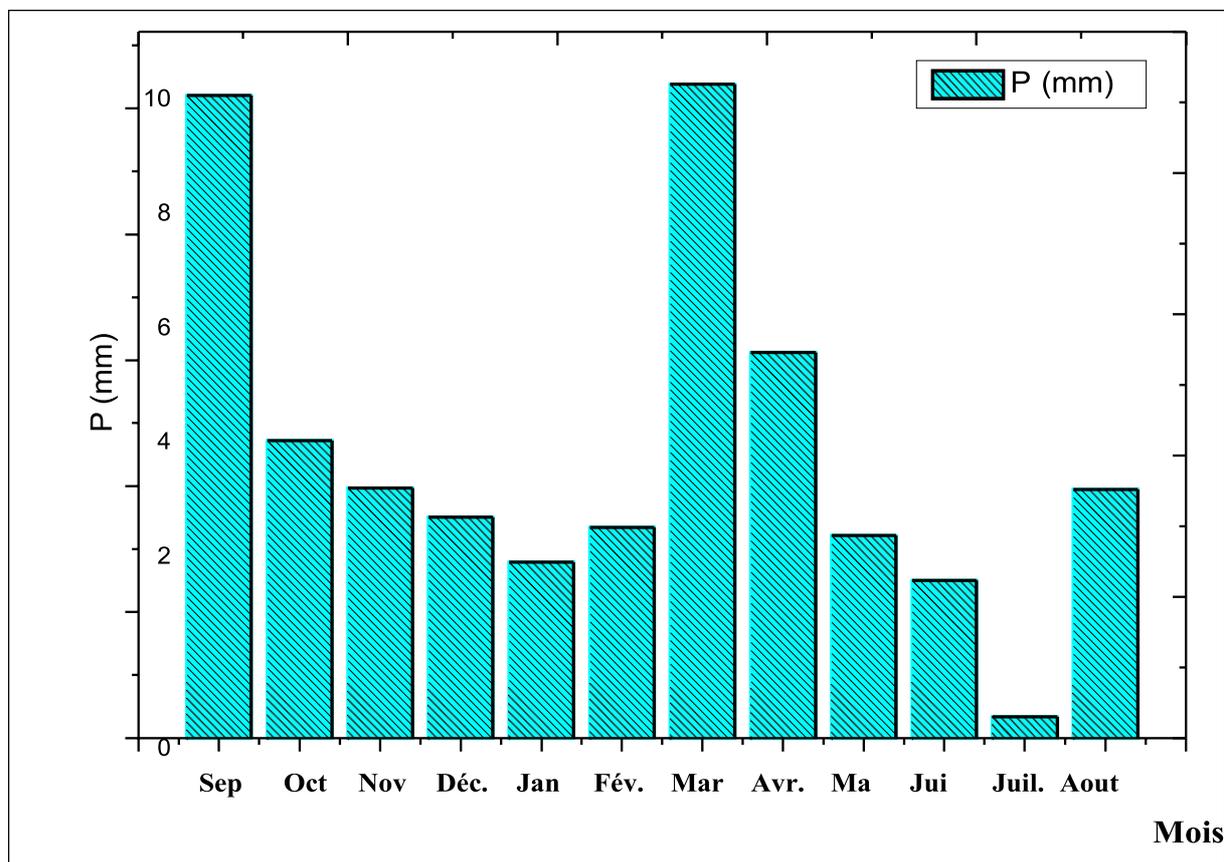


Figure N°5 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (2011-2021)

1.2.2 . L'humidité

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 %**.

Tableau N°3 : Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020)

Moins	Jan	fév.	Mars	Avril	Ma	Juin	Juillet	Août	Sept	oct.	nov.	déc.
Humidité	56.5	48.40	41.19	35.2	29.4	25.6	20.60	24.69	32.39	40.59	51.70	62.40

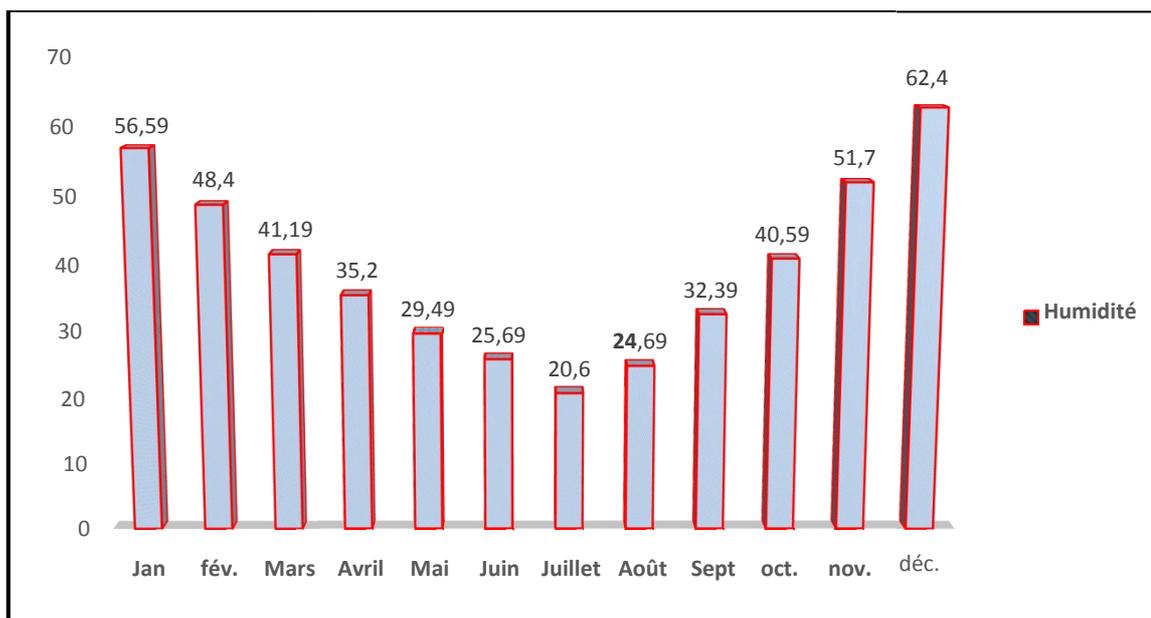


Figure N°6 : Variation d’Humidité moyenne mensuelles de la région de Ghardaïa (2010-2020)

1.2.3 .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 N-O. Les vitesses Moyennes mensuelles des vents à la station ONM Ghardaïa. Les vitesses des vents sont illustrées dans le tableau Suivant :

Tableau N°4 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2010-2020).

Moins	J	fév.	Ma.	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	oct.	nov.	déc
V_{vent}	20.8	25.09	26.5	26.5	25.90	24.89	21.39	19.69	20.6	20.00	21.69	20.39

Avec :

V_{vent} : vitesse moyenne de vent m/s

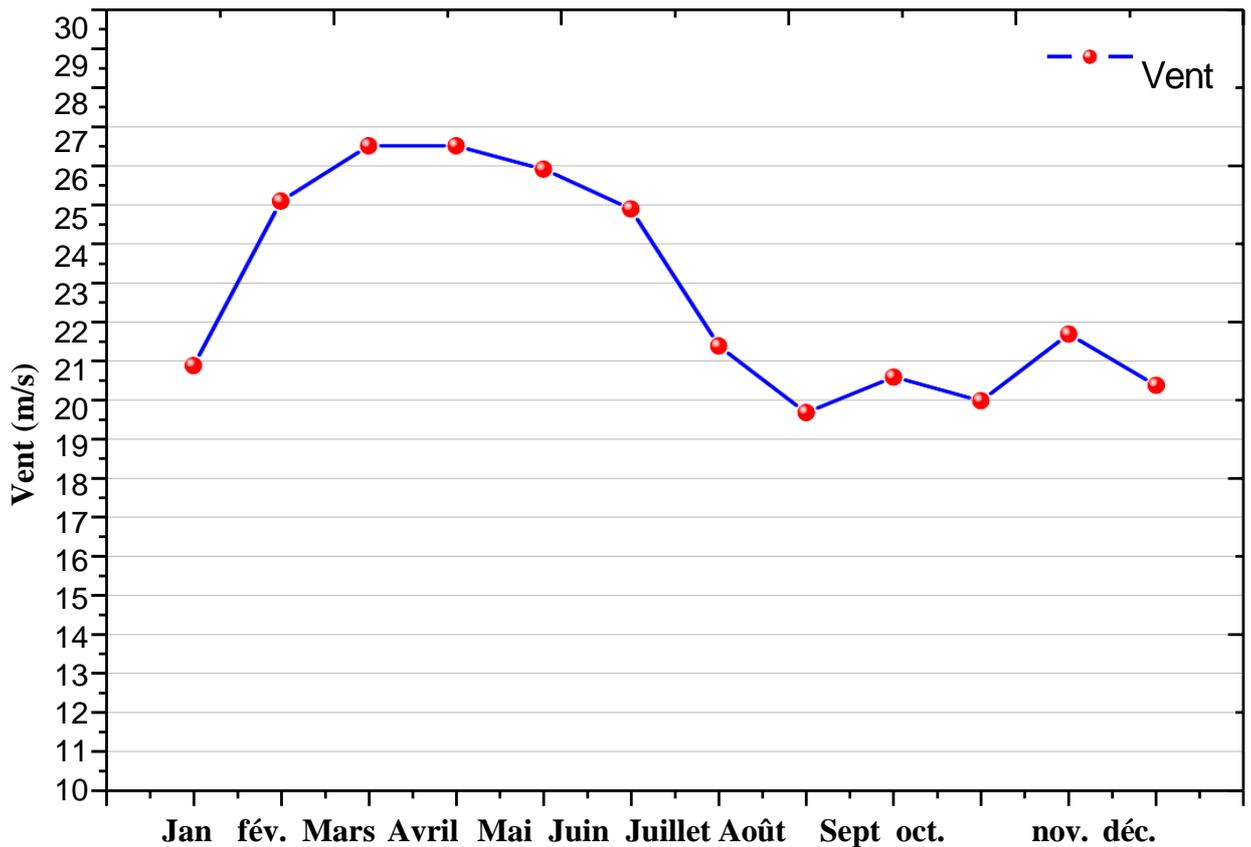


Figure N°7 : Variation des vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2010-2020).

1.2.4 Diagramme ombrothermique de Gaussen $P=2T$

La construction du diagramme se fait en plaçant sur l'axe des abscisses les mois de l'année et sur le premier axe des données les températures et sur le second axe parallèle les précipitations avec un rapport de $P = 2T$. D'après les données climatiques, il est constaté que la région de Ghardaïa est caractérisée par une période sèche qui s'étale sur toute l'année 2018. Le but de cette analyse est de déterminer le type du climat.

Le tableau N°5 et la figure N°6 portent les données et le diagramme Ombrothermique de la région de Ghardaïa établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles.

Tableau N°5 : Les précipitations moyennes mensuelles et les températures moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2011/2021).

Mois	Jan	fév.	Mars	A	Mai	Ju	Jui	Aou	Sept	oct.	nov.	déc.
P_{moy} (mm)	9.73	2.47	7.42	6.2	1.98	2.3	2.15	5.85	1658	7.21	5.56	6.31
T_{moy} C°	24.0	27.73	36.47	63.5	56.61	65.9	69.39	71.25	61.75	50.0	35.08	25.71

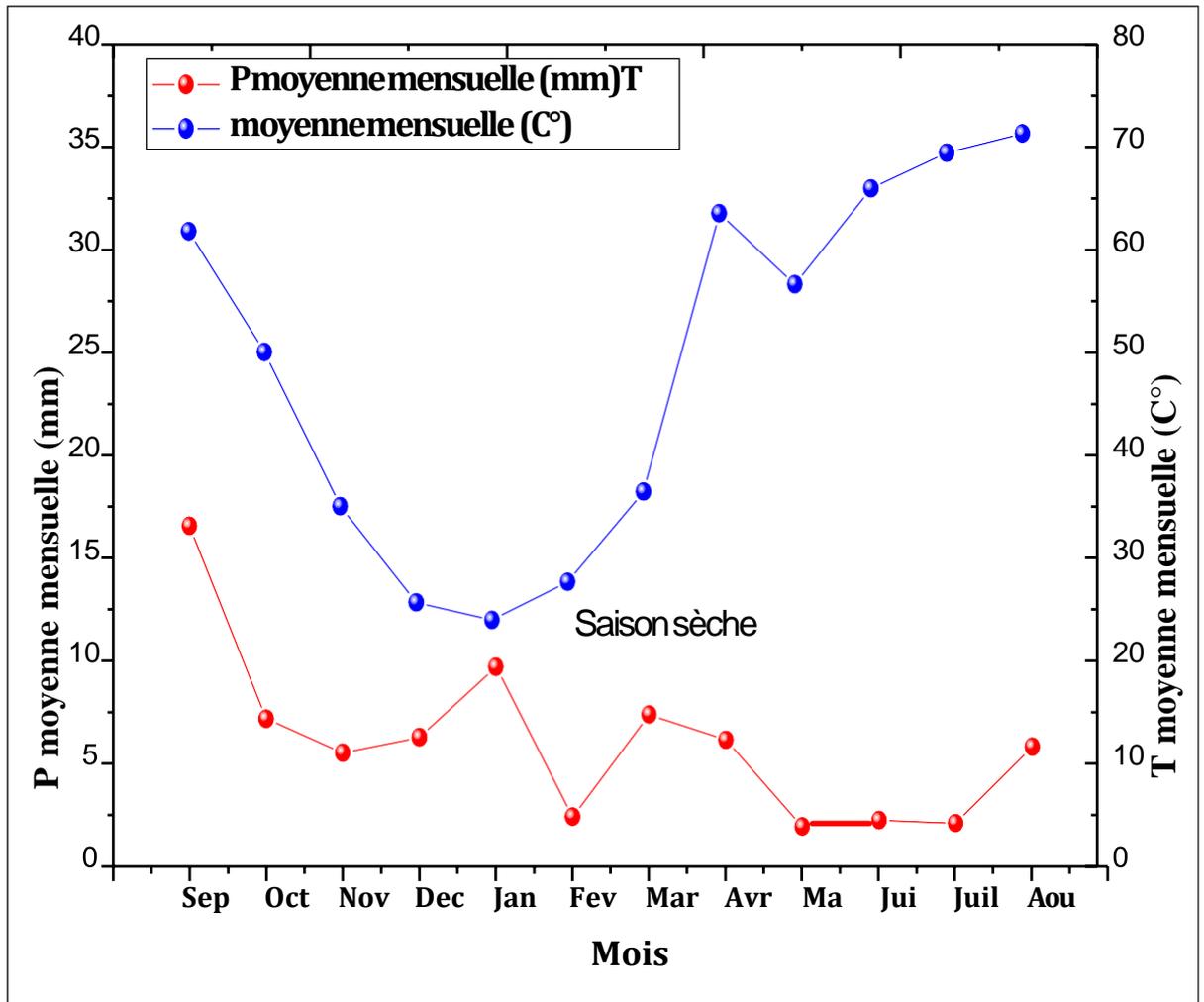


Figure N°8 : Diagramme Ombrothermique (P=2T) de la région Ghardaïa (2011/2021)

1.2.5. Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa

D'après la méthode de Thornthwaite et Turc, Durant la période (2011-2021), l'année est déficitaire. L'évapotranspiration potentielle (ETP), est plus importante, donc la quantité d'eau précipitée Sera vite évaporée. Un déficit (DA) agricole pendant toute l'année, et qui atteindra son maximum au mois de juillet (287.1mm).

Tableau N°06 : Le bilan hydrique de la station de Ghardaïa dans la période (2011-2021).

Moins	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T°C	30.9	25	18	13	12	14	18	31.7	28.3	32.9	34.7	35.6
P mm	16.6	7.2	5.6	6.3	9.7	2.5	7.4	6.2	2	2.3	2.1	5.9
i	15.7	11.4	6.7	4.2	3.8	4.7	7.1	16.4	13.8	17.4	18.8	19.5
I	139.5											
a	2.7											
F	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4
K	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
ETP	140	78.9	30	13	11	16	33	151	111	160	193	207
ETP	196	110	39	16	14	22	47	227	155	255	289	290
ETR	16.6	7.2	5.6	6.3	9.7	2.5	7.4	6.2	2.0	2.3	2.1	5.9
RFU	00	00	00	0	00	00	00	00	00	00	00	00
DA	179	103	33	10	4.1	20	39	220	153	24	287	284

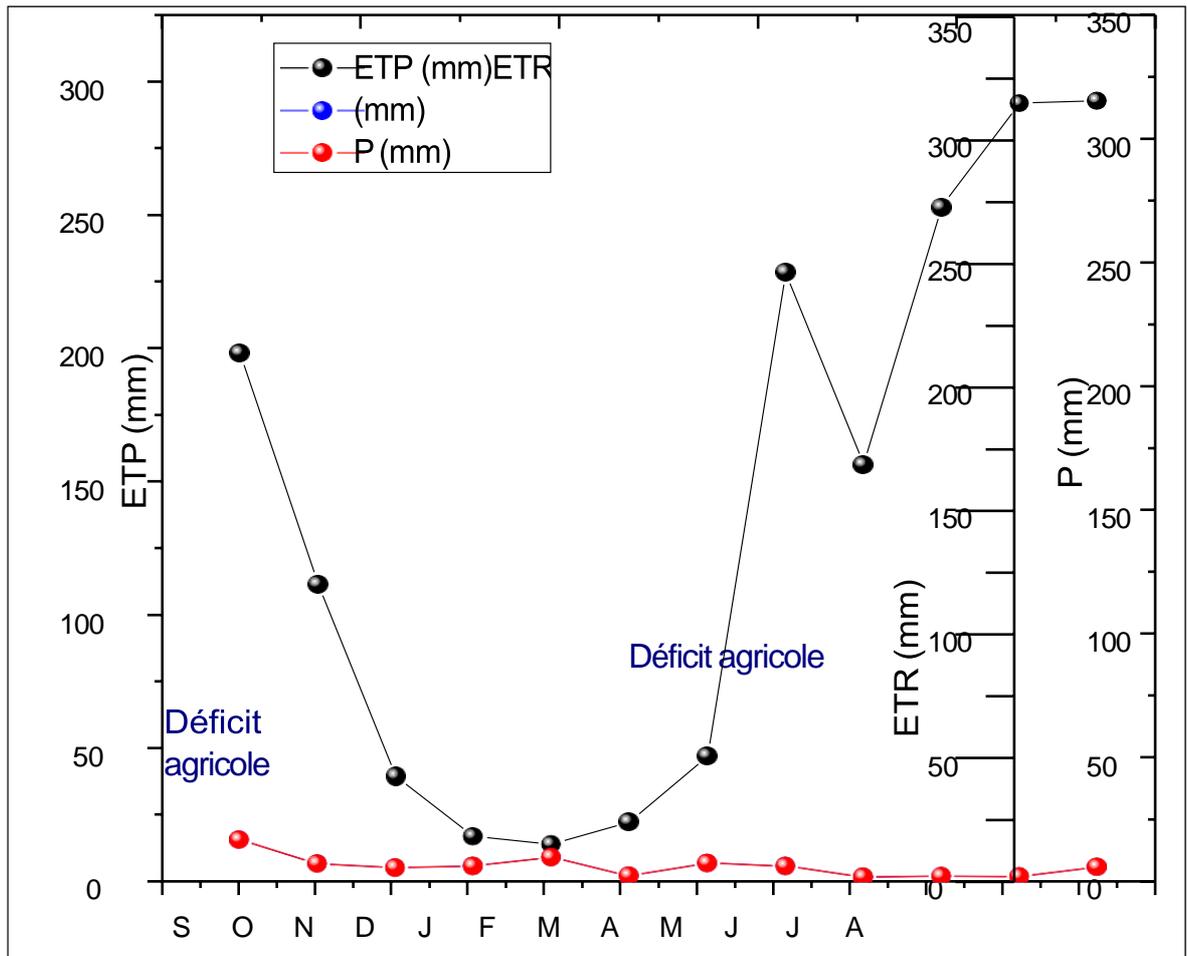


Figure N°09 : Bilan hydrique de la région de Ghardaïa (2011/2021)

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en mm tel que : $P = E + R + I$;

E : **ETR** moyenne en mm tel que : $ETR = K_s * K_c * ETP$

R : Ruissellement moyen annuel en mm ;

I : Infiltration moyenne annuelle en mm ; **ETP** : Evapotranspiration mensuelle en mm

T : Température moyenne mensuelle en C° ;

i : Indice thermique mensuel, déterminé par l'expression : $i = (T)^{1.514}$;

a : Coefficient calculé par la formule : $a = \left(\frac{16}{100}\right) i + 0.5$.

3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de donner un aperçu sur les différentes situations caractérisant la région d'étude. Et en plus, l'objectif de ce chapitre de donner une idée de quelques-unes des caractéristiques de la région, en particulier les caractéristiques climatiques, géologiques et hydrogéologiques.

Sebseb est une région soumise à un climat saharien, de type désertique, dont les amplitudes thermiques entre les maximas et les minimas sont très importantes et par une pluviométrie très faible.

L'évapotranspiration potentielle (**ETP**), est plus importante, donc la quantité d'eau précipitée sera vite évaporée. Un déficit (**DA**) agricole pendant toute l'année, et qui atteindra son maximum au mois de juillet (**287.1mm**). Les précipitations, le ruissellement et la réserve facilement utilisable est nulle pendant les douze mois.

Les ressources en eau, qui existent dans la zone d'étude, sont, essentiellement, d'origine souterraine, donc la zone d'étude se compose des nappes suivantes :

- ❖ La nappe phréatique ;
- ❖ La nappe de complexe terminale ;
- ❖ La nappe de continental intercalaire.

Chapitre II :
Répartition spatiale et
Diagnostic qualitative
des eaux

Introduction

Les compositions chimiques de l'origine des eaux sont multiples, donc on trouve l'origine des eaux sont : naturel, domestique, urbain, industriel, agricole, souterraines et de surface. Cette eau est miscible avec les classes de physique polluants, chimique et biologique.

Grace à l'étude chimique des eaux souterraine, nous comprenons certaines des informations qui se produisent dans la réserve d'eau souterraine en mélangeant de l'eau avec des roches, qui acquièrent certains minéraux par dissolutions, en suivant les transformations de l'eau et en estimant la profondeur de la qualité de l'eau en relation avec la potabilité et l'irrigation.

A travers ce chapitre, nous allons utiliser les différentes cartes concernant les éléments chimiques (quelque des cations et des anions) et des analyses chimiques ont été effectuées pour ces derniers qui déterminent la qualité des eaux souterraines.

1. Procédure d'étude et analyse

Avant de déterminer les résultats des mesures et d'analyses physico-chimiques obtenus des eaux au niveau de la région Sebseb de la wilaya Ghardaïa, nous jugeons utile de présenter les outils informatiques utilisés et les étapes d'analyse des échantillons de ce dernier.

1.1. Description des étapes d'analyse

Pour faire une étude cartographique en utilisant les analyses de laboratoire pour les six forages, on utilise logiciel Arc Gis 10.4.1 .on obtenir les cartes et les graphes situant dans le chapitre trois .

Les déférent logiciel peut utiliser :

- Logiciel **Arc GIS 10.4.1** : est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. Il est développé par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute).
- Arc GIS comprend les logiciels de bureau Windows suivants :
- **Arc Reader** : qui permet d'afficher et d'interroger des cartes créées avec les autres produits Arc GIS.

1.2. Approche méthodologique

Pour étudier et analyser les caractéristiques hydro-chimique des eaux souterraines et de classifier selon les normes de potabilité et de l'irrigation pour avoir déterminé la destination de chaque type d'eau selon les résultats obtenus, nous mettons ce plan figure N°09

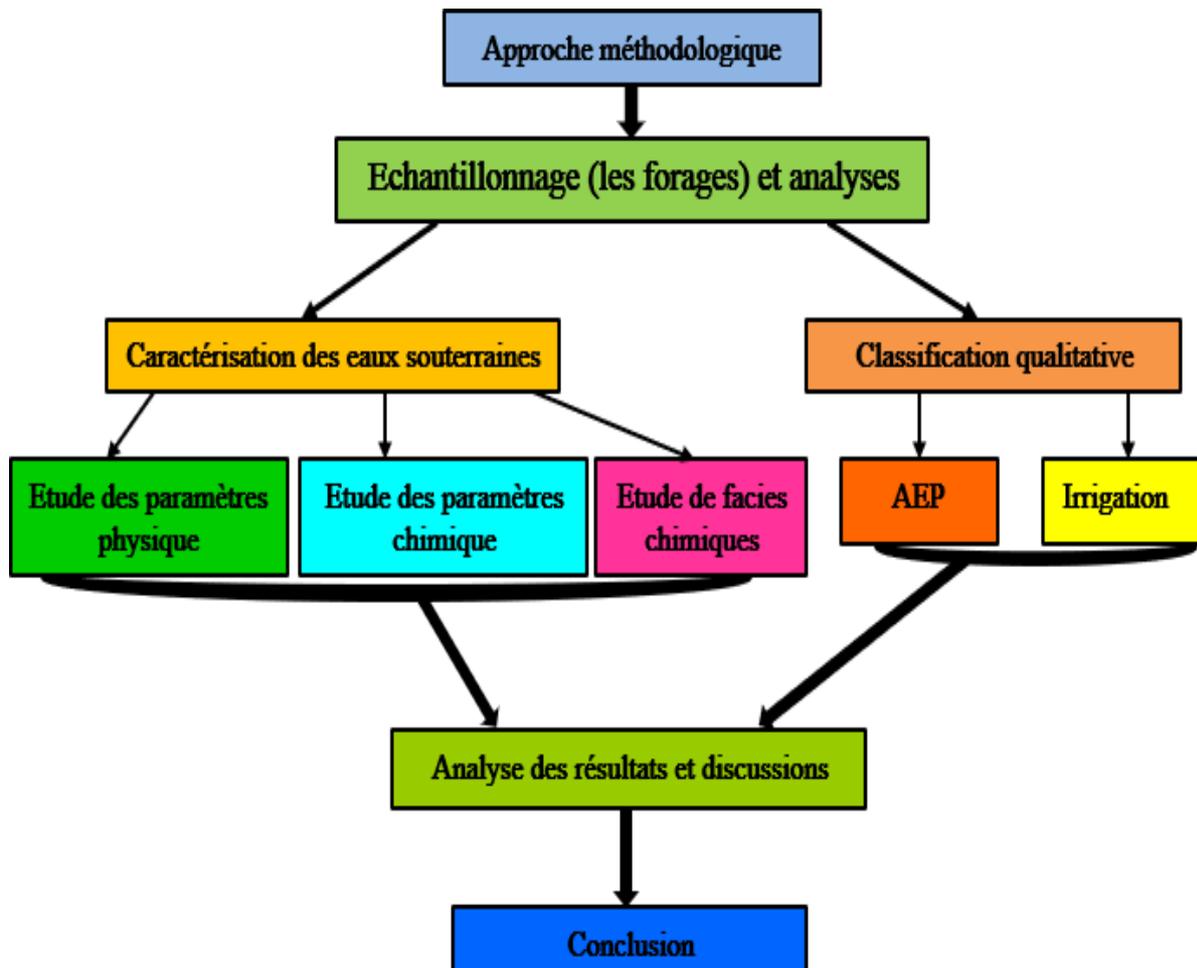


Figure N°11: Plan d'approche méthodologique.

1.3. Méthode d'étude

L'étude portait sur six (06) forages d'eau souterraine stationnée dans la région précédemment mentionnée « Sebseb ». Une gamme de propriétés physique et chimiques de ces forages ont été prises et étudiées par les outils informatiques.

La figure N°09 montre les six (06) forages d'eau souterraine qui ont été collectés et analysés.

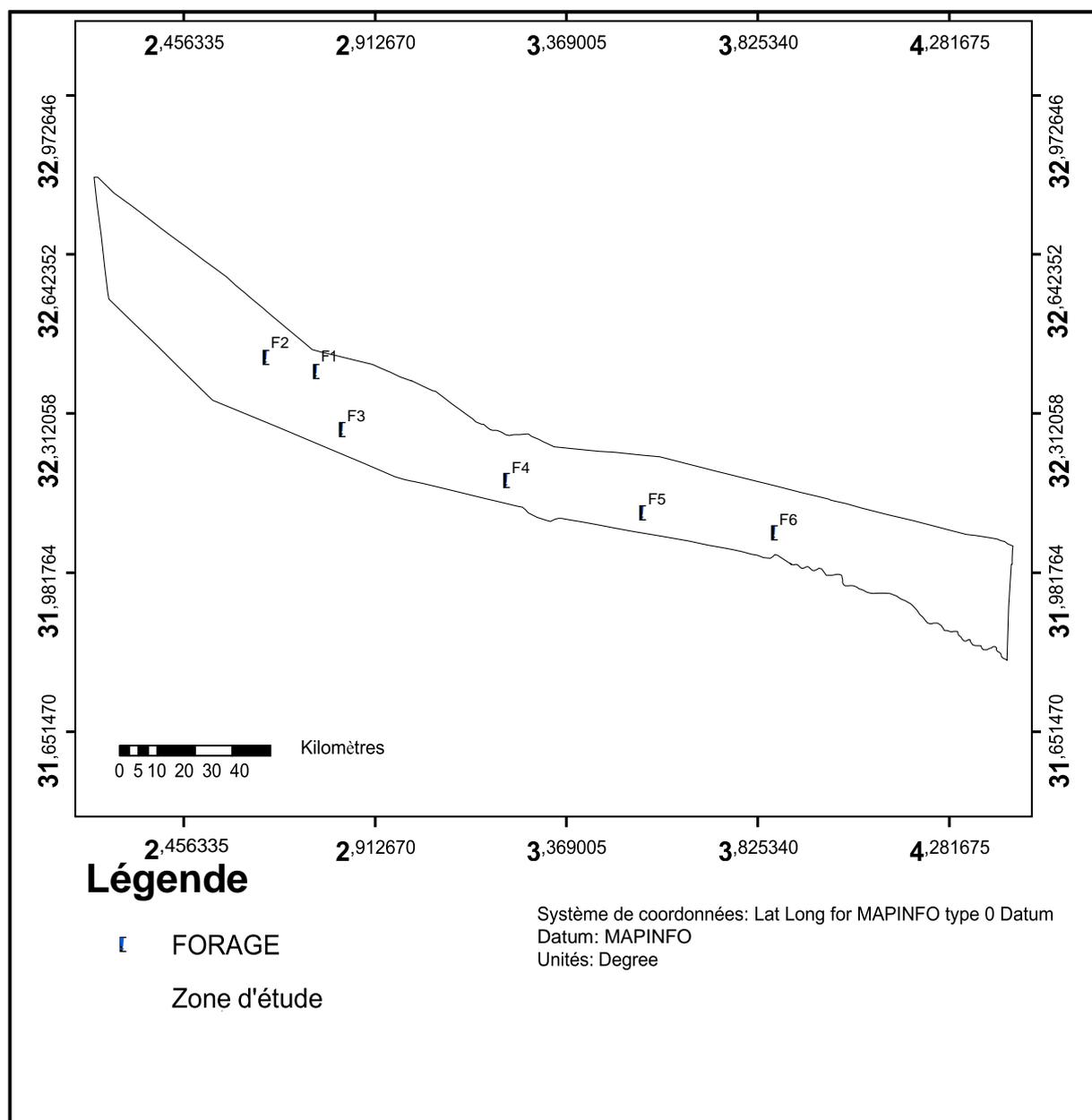


Figure N°12 : Carte d'inventaire des points de prélèvement.

1.3.1. Etude classificatoire des eaux souterraines

1.3.1.1. Faciès hydro-chimique

Les fronts chimiques de l'eau établissent un équilibre entre la composition chimique de l'eau et des roches ; L'eau prend une minéralisation qui sert à distinguer les faciès chimiques. Plusieurs méthodes ont été définies par divers auteurs pour classer et connaître les différents faciès hydro-chimiques des eaux.

Dans le cadre de notre étude, on utilise les méthodes principales à savoir :

1. La classification de Piper .
2. La classification de Schoeller et Berkloff.
3. La classification de Stiff .
4. La classification de Wilcox.

Toutes ces classifications sont basées sur la composition chimique des eaux.

1.3.1.2. Classification de Piper

Le diagramme de Piper (Figure N°11) permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

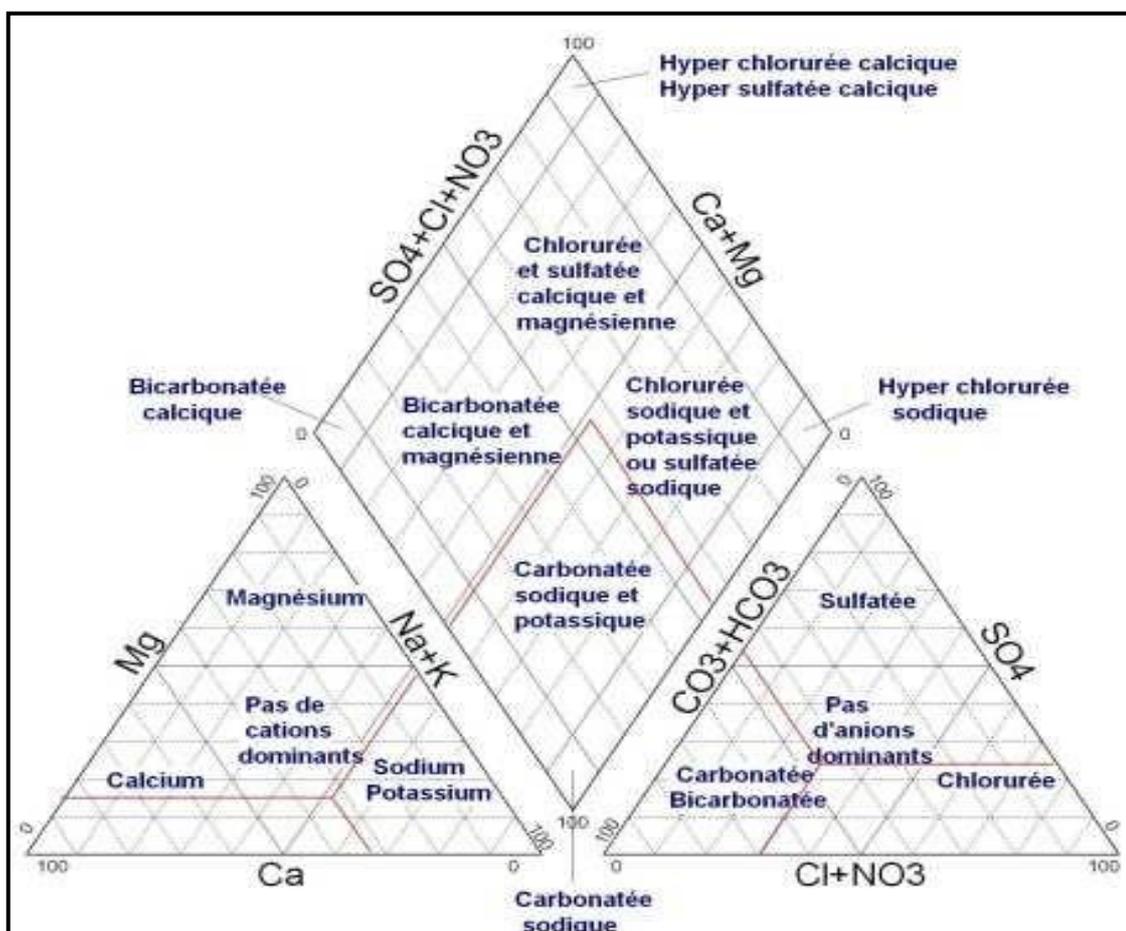


Figure N°13: Diagramme de Piper

Le report des résultats des analyses des six (06) forages sur le diagramme de Piper est donné par la figure suivante :

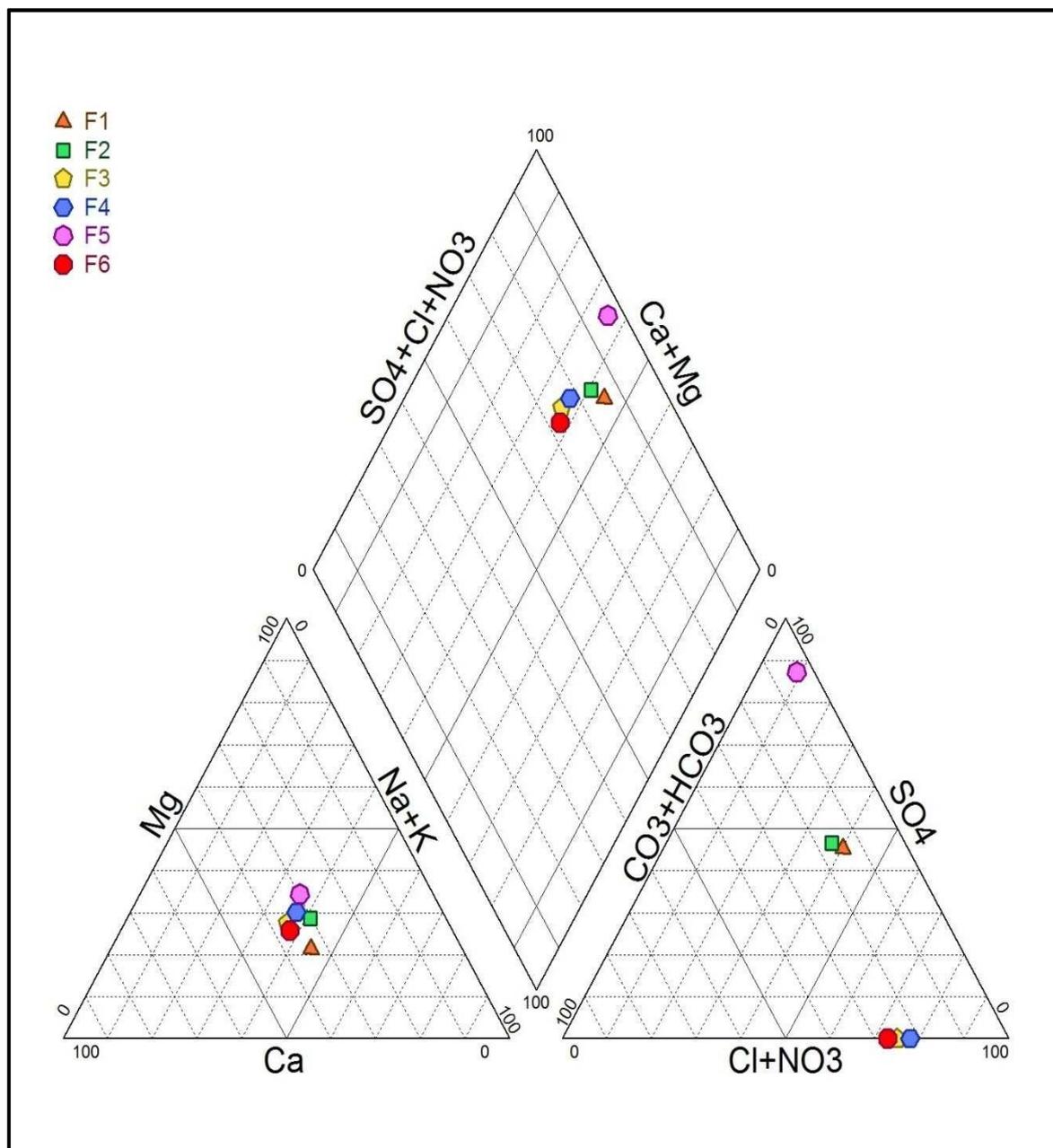


Figure N°14 : Faciès chimique des analyses d'après de diagramme de Piper

Selon ce diagramme, on peut classer les eaux de la région de Sebseb selon seul familles des faciès chimiques : est le Chlorurée-sodique et sulfatée-sodique.

1.3.1.3. Classification de Schoeller et Berkaloff

Le diagramme de Schoeller Berkalov (Figure 13) permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux.

En utilisant les concentrations des éléments majeurs et graphique en colonnes à en les reportant sur un échelle logarithmique. Les valeurs en mg/L au milieu du utilisées sont exprimées diagramme et l'atération en meq/L

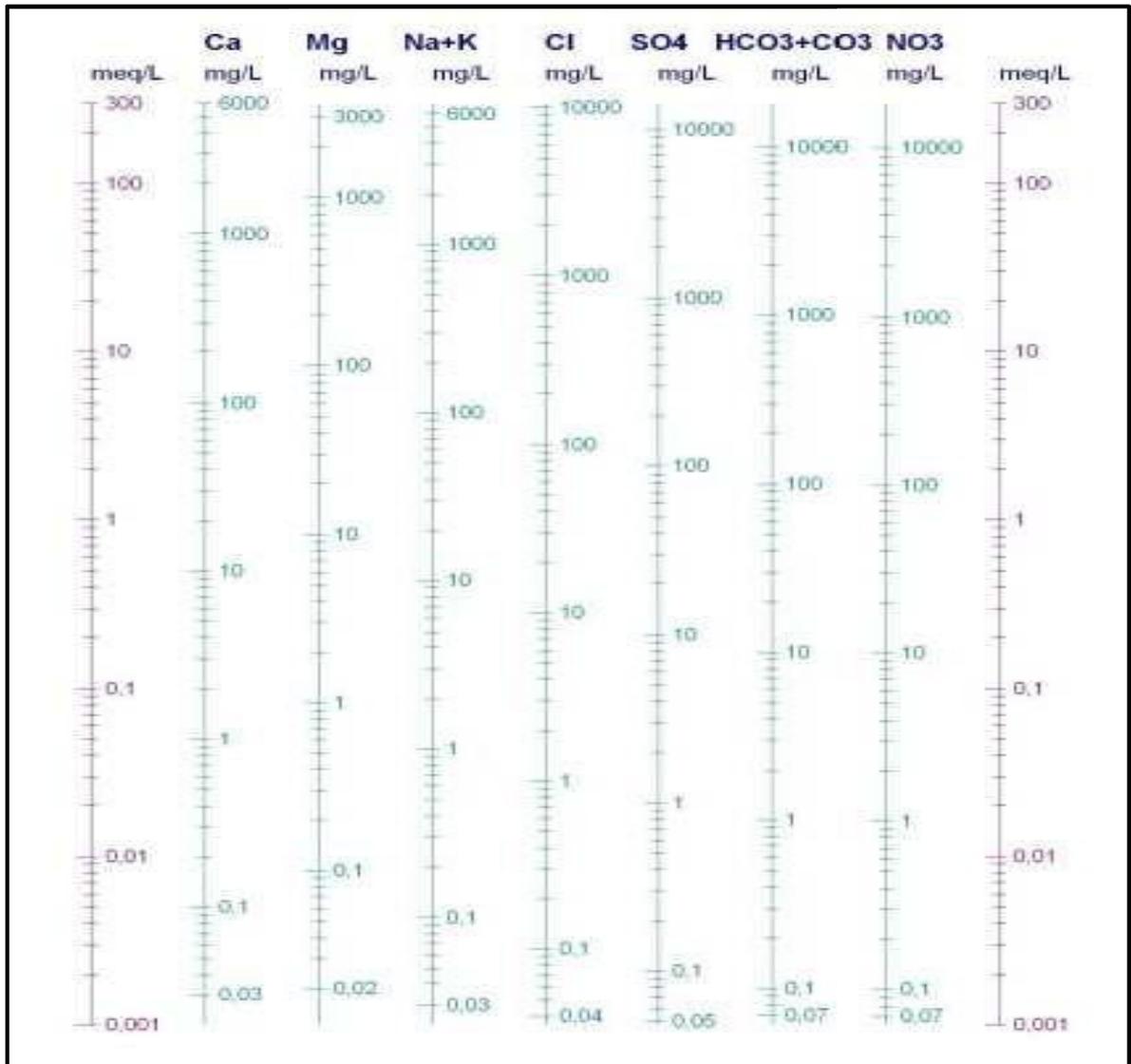


Figure N°15 : Diagramme de Schoeller et Berkaloff

Suivant les résultats obtenir par diagramme de Schoeller et Berkaloff , nous pouvons présenter les faciès chimique (les cations et les anions) .

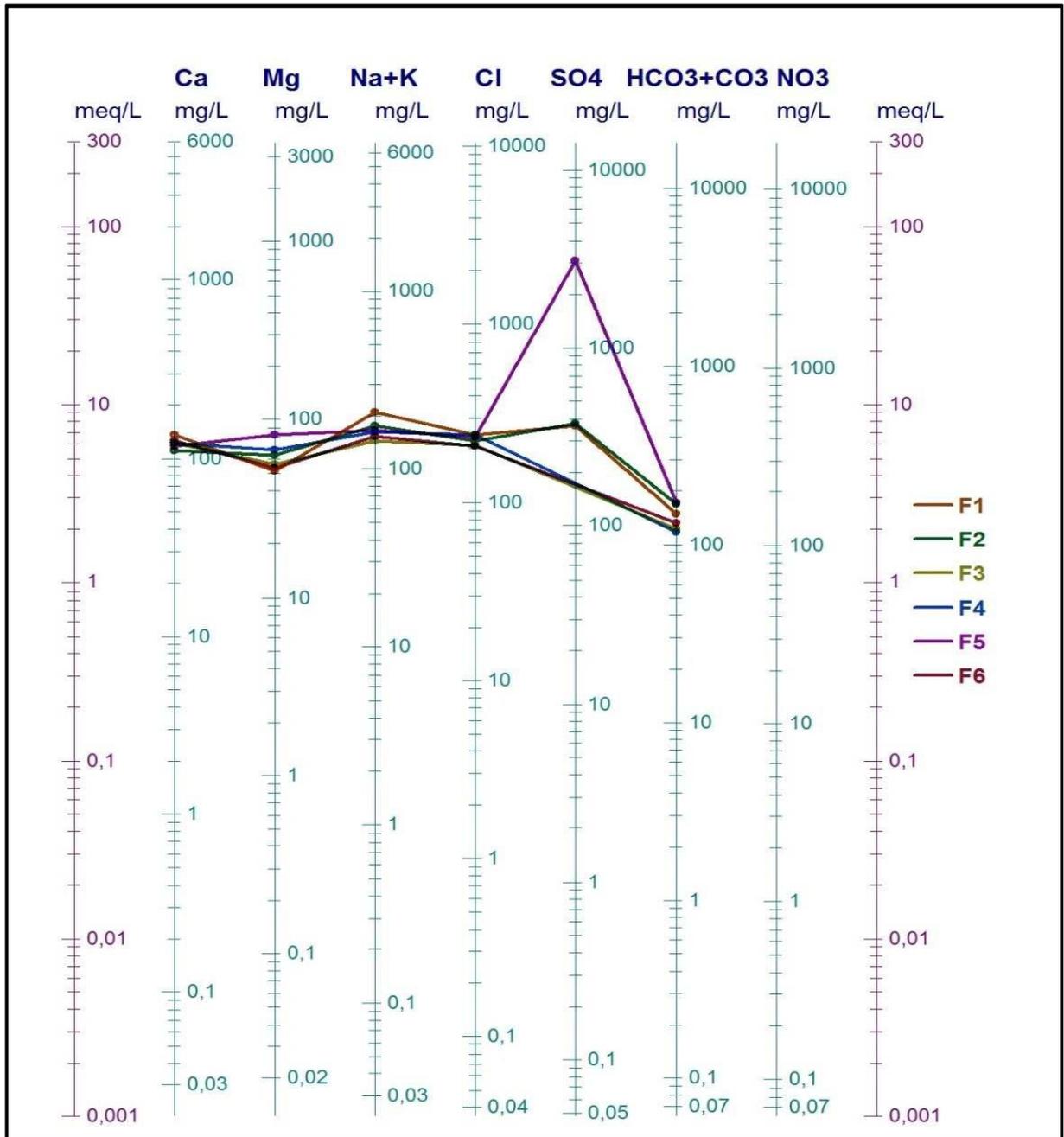


figure N°16: Faciès chimiques des analyses d'après de diagramme de Schoeller et Berkaloff.

D'après le diagramme de Schoeller et Berkaloff, on distingue 2 types de faciès chimiques, ce qu'indiquons dans le tableau suivant :

forage	Anions	Cations	Faciès chimique
F1 F2 F5	$NO_3^- < HCO_3^- < Cl^- < SO_4^{2-}$	$Mg^{2+} < Ca^{2+} < Na^+ + K^+$	Sulfaté-sodique
F3 F4 F6	$NO_3^- < SO_4^{2-} < HCO_3^- < Cl^-$	$Mg^{2+} < Ca^{2+} < Na^+ + K^+$	Chloruré-sodique

Tableau N°07: Faciès chimiques des points de six (06) forages d'eau.

1.3.1.4. Classification de Stiff

Ce genre de diagramme permet d'obtenir une figure géométrique polygonale avec les cations représentés à gauche (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}) et les anions à droite (Cl^- , $HCO_3^- + CO_3^-$, $SO_4^{2-} + NO_3^-$). Les valeurs utilisées sont exprimées en **meq/L**.

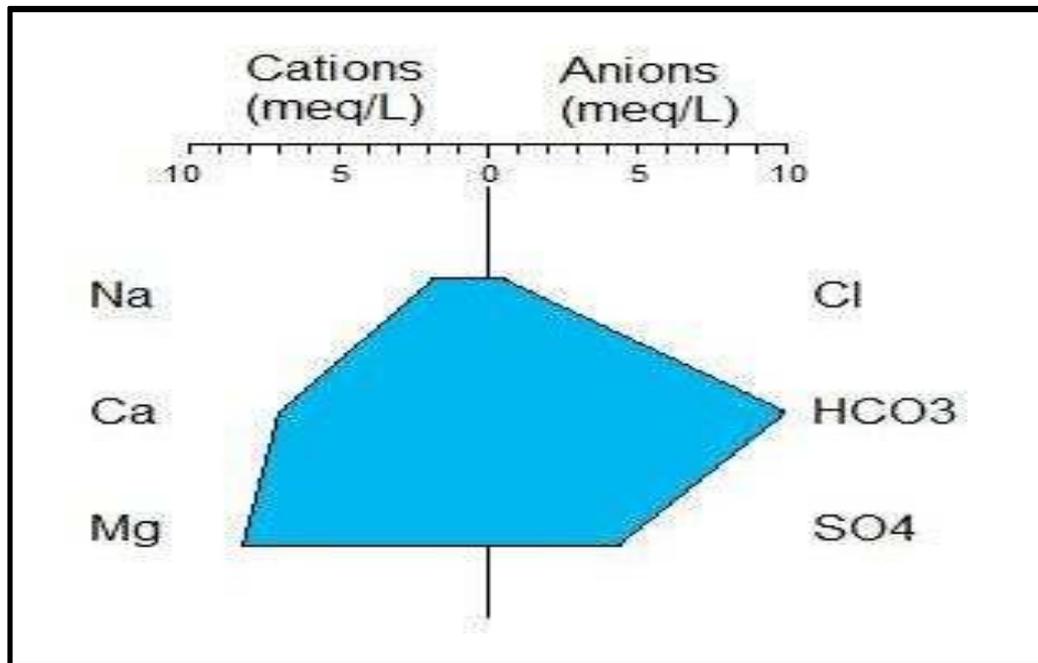


Figure N°17 : Diagramme de Stiff

A travers notre travail réalisé, nous représentons les analyses des faciès chimiques des six (06) forages d'eau dans la figure N°15.

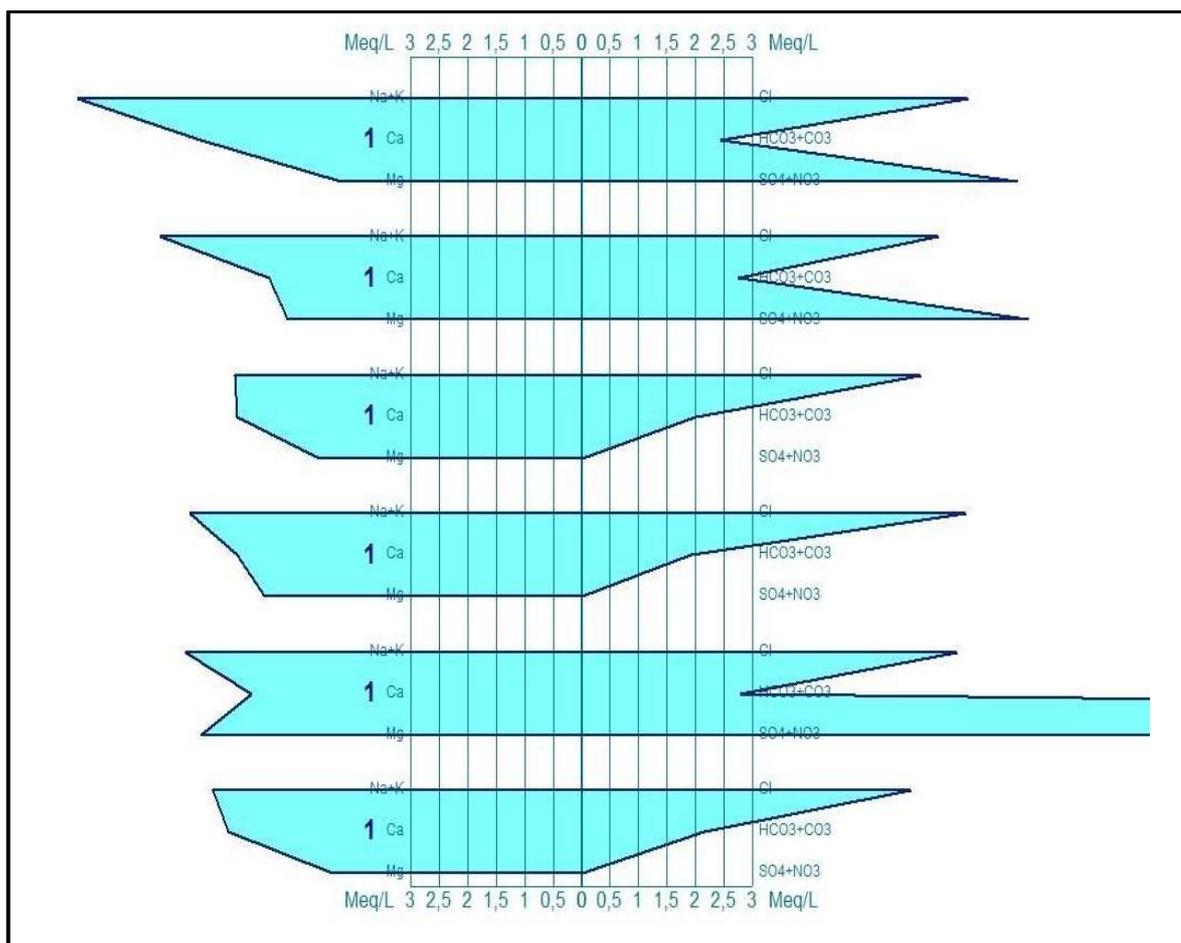


Figure N°18: Représentation les analyses de faciès chimique selon le diagramme Stiff.

D’après le diagramme de Stiff , nous observons les faciès chimiques suivants :

Formule Caractéristique			
Forage	Anions	Cations	Faciès Chimique
F1	cl< So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Sulfaté sodique
F2	cl< So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Sulfaté sodique
F3	cl> So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Chlorique sodique
F4	cl> So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Chlorique sodique
F5	cl< So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Sulfaté sodique
F6	cl> So4-2>Hco3->No3-	Na+2>Ca+2>Mg+2>K+	Chlorique sodique

Chapitre III :
Répartition des paramètres
physico-chimique

Introduction

Ce sont eux qui font l'identité de base de l'eau. Ils sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux comme la température, le PH et la conductivité électrique, qui permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau, et le titre alcalimétrique, qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. (FRAHTIA & NEZZAR, 2016)

1. Les Paramètres physiques

1.1. Les températures

La température de l'eau est une caractéristique physique importante joue un rôle essentiel dans le contrôle de la composition chimique de l'eau souterraine, elle varie en fonction de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau.

Les résultats obtenus sur la température des eaux de six (06) forage (figure N°17) montrent une valeur maximale de **24.28 à 26.59 C°** aux forages **F3, F4 et F6** qui situé à (Chaàb El-Argoub « b » Quartier administrative, et Hay El Bordj) successivement et la température minimale de **15 C° à 17.32 C°** qui se trouve en **F1, F2 et F5** situés à (Chaàb El- Argoub « a », Djdid et Ferd) respectivement.

D'après les normes de l'OMS, la température fixée en 25 C° et selon les résultats la variation de la température des eaux prélevées dans la région étudiée entre **15 et 26.59 C°** donc elle dépasse les norme pour les forages F3, F4 et F6 et ne dépasse pas pour les forages F1, F2 et F5.

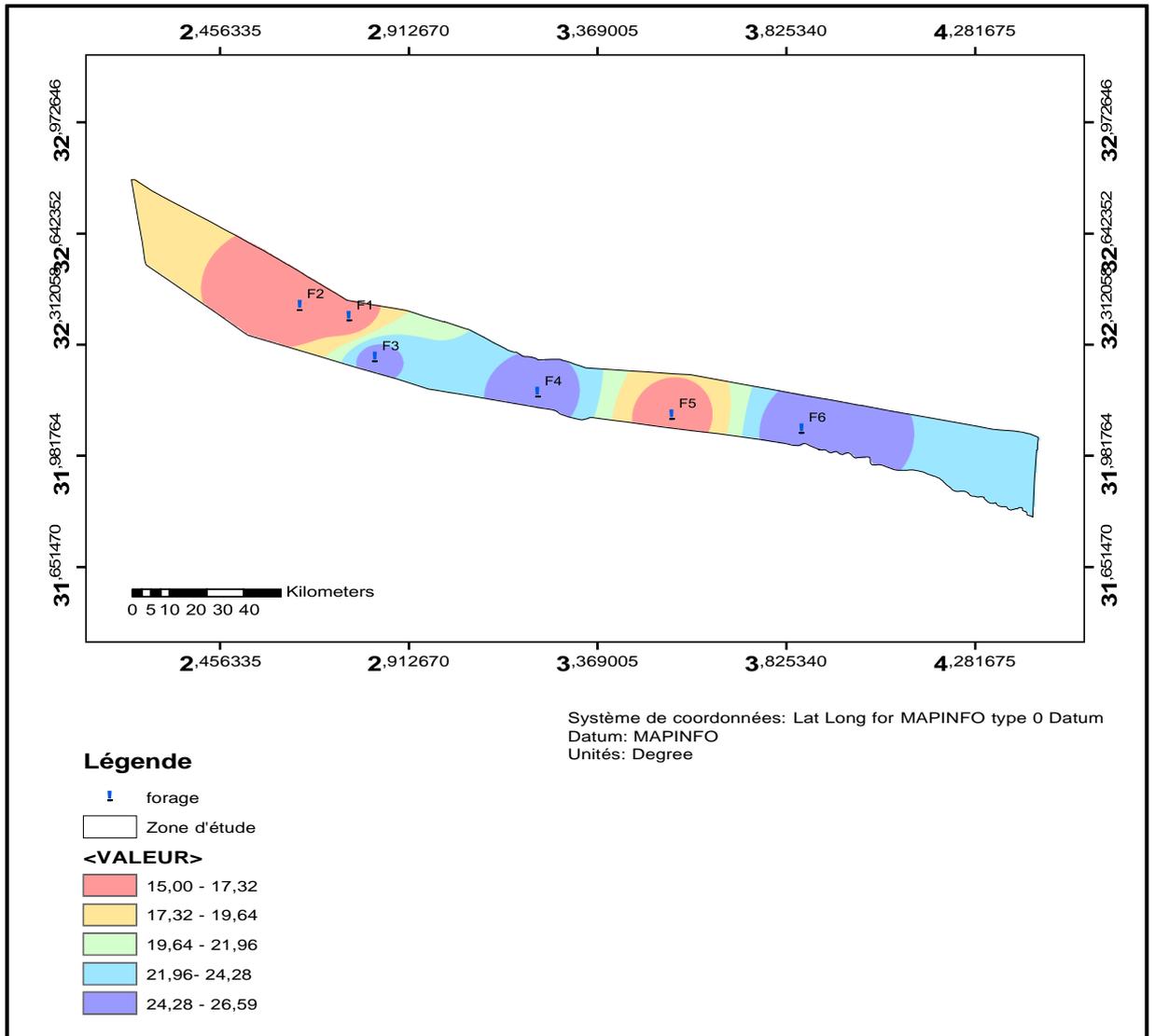


Figure n°19 : Répartition spatiale de la température des eaux de six (06) forages de larégion étudiée.

1.2. Le PH

le PH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ion H⁺ de l'eau .Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0à14, 7 étant le PH de neutralité . Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico - chimique.

$$PH = - \text{Log} [H^+]$$

L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

$[H^+] < [OH^-]$ à $pH > 7$: l'eau est basique.

$[H^+] > [OH^-]$ => $pH < 7$: l'eau est acide .

$[H^+] = [OH^-]$ => $pH = 7$: l'eau est neutre.

Le PH oscillent entre 7.64 et 7.83 . cette intervalle de pH pour tous les Fourrages supérieur à 7 (normes OMS) , ce qui donne une eau basique.

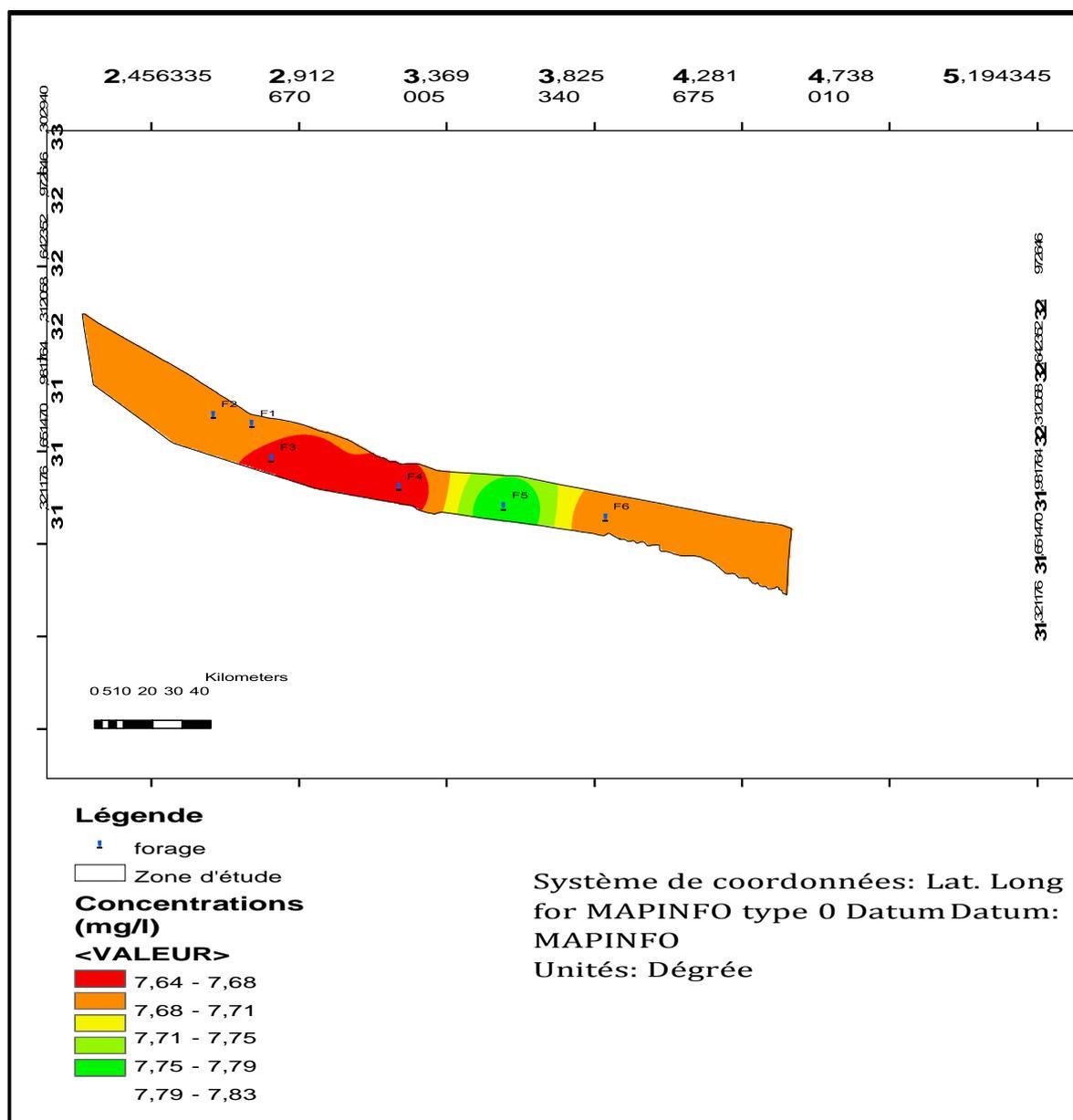


Figure N°20 : Répartition de PH

1.3. La conductivité électrique

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité électrolyte. L'unité de mesure communément utilisée est ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Elle est directement proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau et constitués de cations et d'anions (Zerki, 2017).

Les teneurs de la conductivité électrique des eaux de la région Sebseb ne dépassent pas les normes algériennes des eaux potables, soit **2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$** . Des concentrations varient de 1600 et 1880 us/cm ce qui explique la salinité des eaux de la région .Figure N°19.

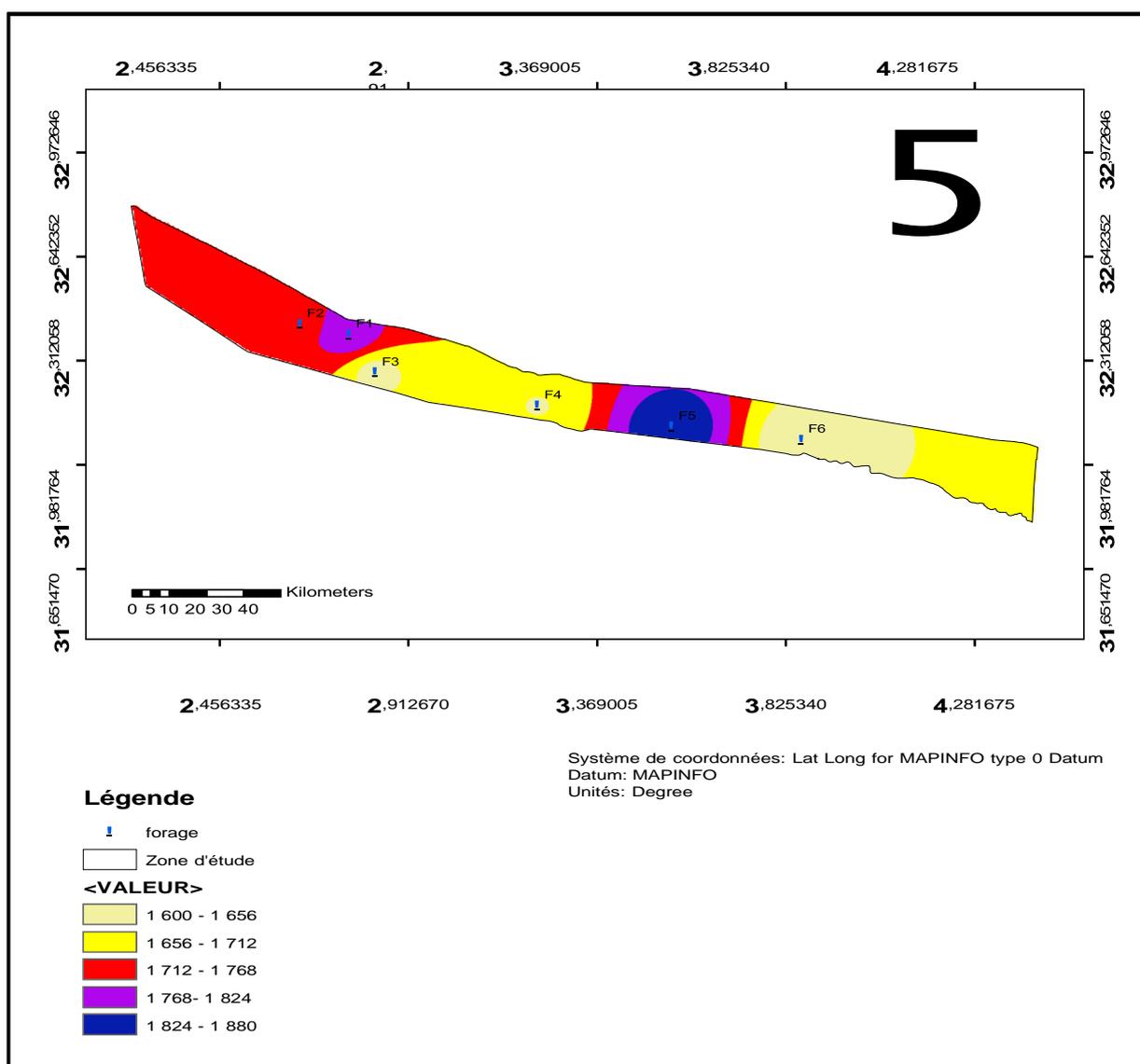


Figure N°21 : Répartition de la conductivité électrique

1.4. La turbidité

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses, particules organiques colloïdales, plancton, organismes

microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau. (FRAHTIA & NEZZAR, 2016)

La répartition des résultats de mesure de la turbidité de six (06) forages montrent dans la figure N°20.

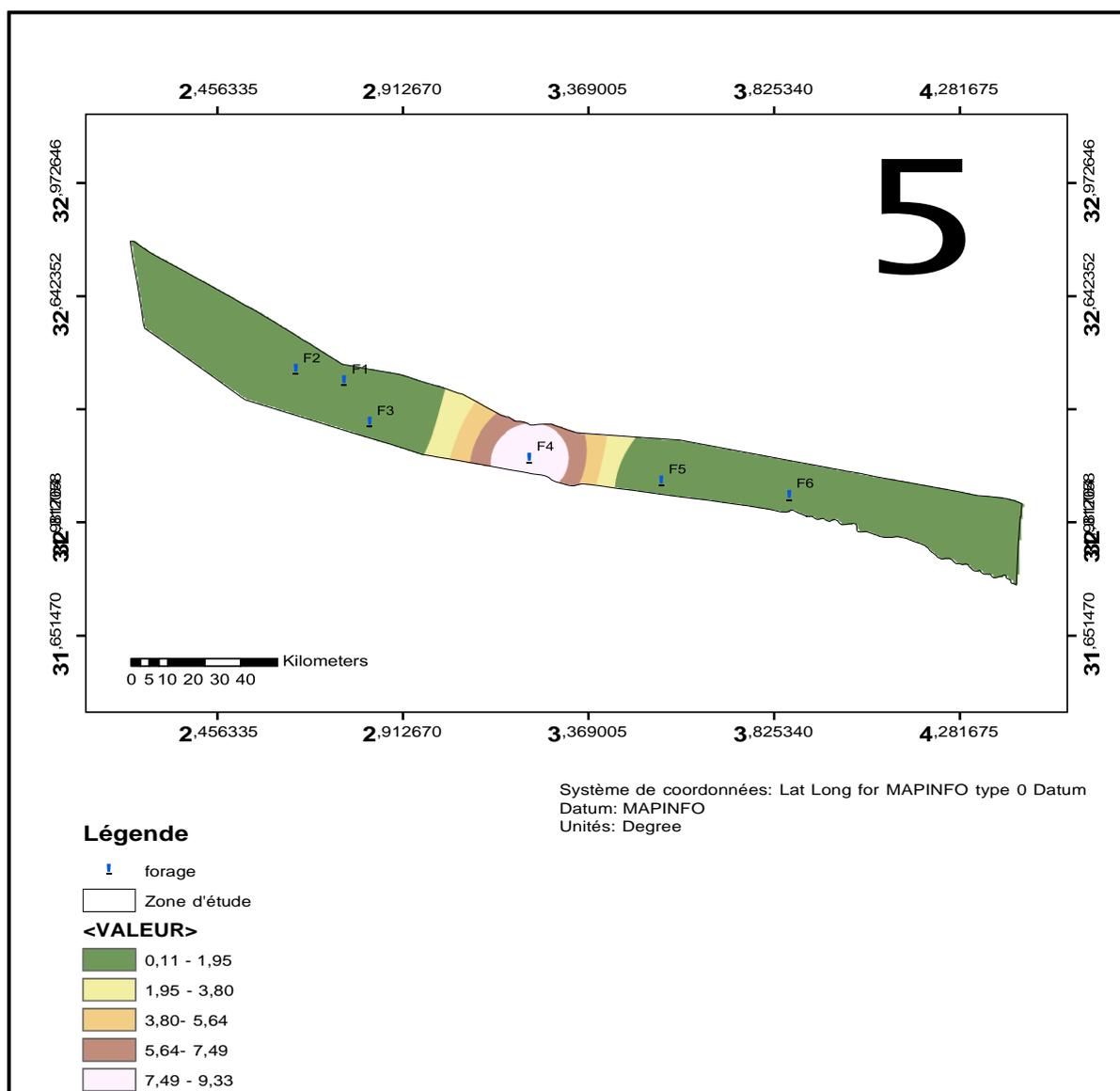


Figure N° 22: Répartition de la turbidité

A partir de la figure N°20, nous observons que le forage F4 donne une qualité acceptable avec une valeur max de 9.33 NTU , alors que l’autres forages présent des valeurs moindre que le forge F4.

1.5. La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique correspond essentiellement à la présence de sels de calcium (Ca²⁺) et de magnésium (Mg²⁺). Elle est directement liée à la nature du terrain traversé. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques. Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté. (Lounnas, 2009).

- ❖ **Dureté totale** : somme des concentrations en calcium et magnésium ;
- ❖ **Dureté calcique** : concentration globale en calcium ;
- ❖ **Dureté magnésienne** : concentration globale en magnésium.

Les ions calcium et les ions magnésium sont positifs, donc dans l'eau, ils peuvent se lier à d'autres ions négatifs ; de ce fait on peut diviser la dureté en deux catégories :

(Lounnas, 2009)

- a. **Dureté permanente ou non carbonatée** : dureté qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et de magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorures et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitent sous forme de carbonate de calcium ;
- b. **Dureté carbonatée ou temporaire** : dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonates, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté permanente.

La dureté s'exprime généralement en degré Français ou en milliequivalents/L.

Selon la figure N°21 on remarque que la répartition spatiale de la dureté entre **532** et

627.98 meq/L. Au niveau du forage **F5** la dureté atteint **627.97 meq/L**. Selon les normes de la dureté totale qui sont environ de 200mg/l en **CaCO3**.

A. Méthode de calcul de la dureté totale

Pour le forage (F1) , nous observer vous qui la dureté temporelle est 919.40 meq/l qui exprime « A » , et la dureté permanent est 932.60 meq/l qui exprime « B » . Donc la dureté totale est calculer par la formule suivante :

$$DT(f1) = A + \left(\frac{B-A}{2}\right), (AN) \quad DT(f1) = 919.40 + (932.6 - 919.4)/2 = 926 \text{ meq/L.}$$

De la même manière nous avons calculé la dureté totale pour les autre forages tels que DT(f2)= 899.605 meq/L , DT(f3)=926 meq/L , DT(f4)= 938.80 meq/L , DT(f5)= 952.39 meq/L , DT(f6)= 912.80 meq/L .

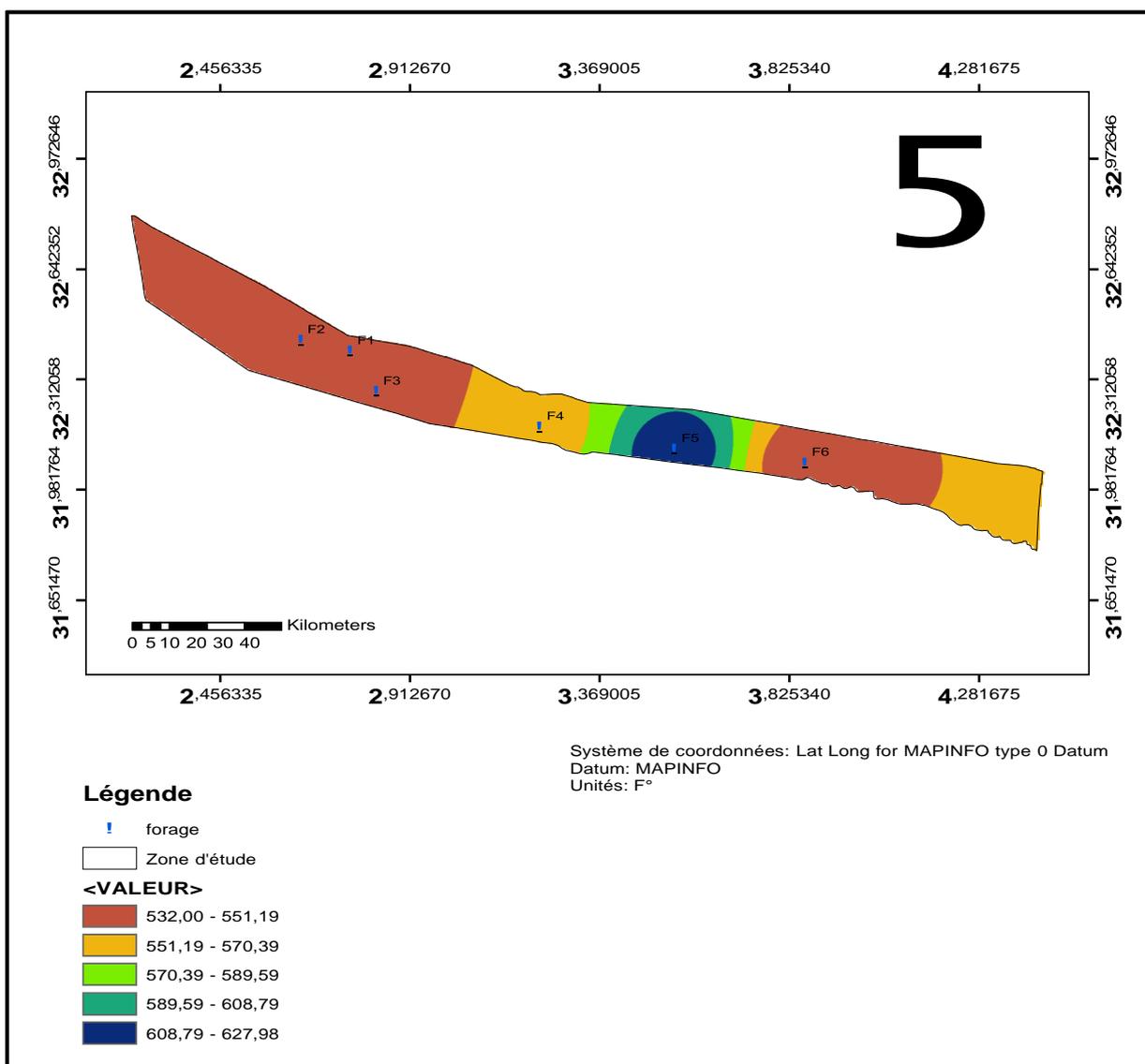


figure n°23 : Répartition de la dureté

1.6. Titre alcalimétrique complète (TAC)

Le 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).

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

A travers de la figure N°... on observe que la valeur de TAC attendre à 170.79 et une valeur maximale aux tous les forages F2 et F5 tandis qu'une valeur minimale de 117.12 au forage F3 et F4, avec une moyenne de 138.58 au niveau de forage F1. L'alcalinité lié directement à la présence d'espaces basique nous rappelons que les ions hydroxyde (Ho-).

Les ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-) et dans une quelque qua nous trouvons les ions (PO_4^{3-}), silicates (SiO_3^{2-}) à moindre valeur.

Afin de comprendre le prossuce du calcule le (TAC) nous présentant le réaction suivant :



Pour le calcul de T.A , en degré France “F°” secrète :

Lion hydroxyde + lion carbonate = T.A (F°) $\text{HO}^- + (1/2) \text{CO}_3^{2-} = \text{T.A (F}^\circ)$

Pour le calcul de T.A.C , en degré France “F°” secrète :

Lion hydroxyde + lion carbonate + lion hydrogénocarbonate = T.A.C (F°)



Forages	T.A.C	HCO3(mg/l)
F	148.84	148.84
F2	168.36	168.36
F3	122.00	122.00
F4	117.12	117.12
F5	170.8	170.8
F6	131.76	131.76

D’aprè de Billon d’analyse donnée au-dessus : le calcul de T.A se fait comme suit :

$$\text{T.A} = \text{T.A.C} - \text{HCO}_3^-$$

D’après l’ application numérique de la formule de T.A nous trouvons que le T.A égalé nulle .Ce qui traduit expérimental que la a coloration rose n'a pas apparu après l'ajout du phénophtaléine à notre échantillon et on a aussi l'eau est potable. **TA = 0.**

1.253

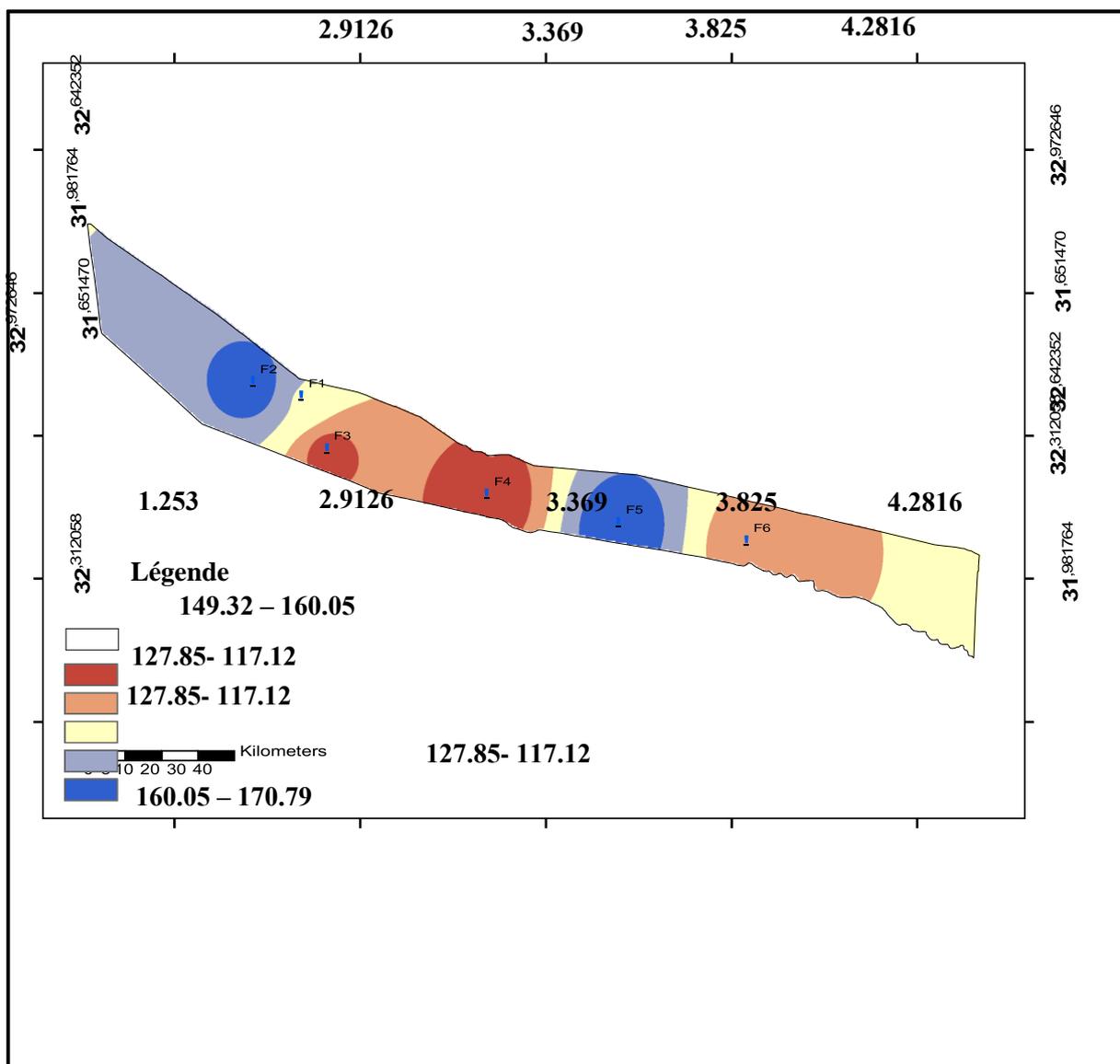


Figure N° 24 : Répartition de TAC

1.7. Le total des solides Dissous 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 réaliser sur le TDS représente dans la figure N°23 on observe que la valeur maximale a été enregistrée au forage **F5**, par contre, la valeur minimale a été enregistrée au forage **F2**, tandis que la valeur moyenne été enregistrée aux les deux forages F1et F2

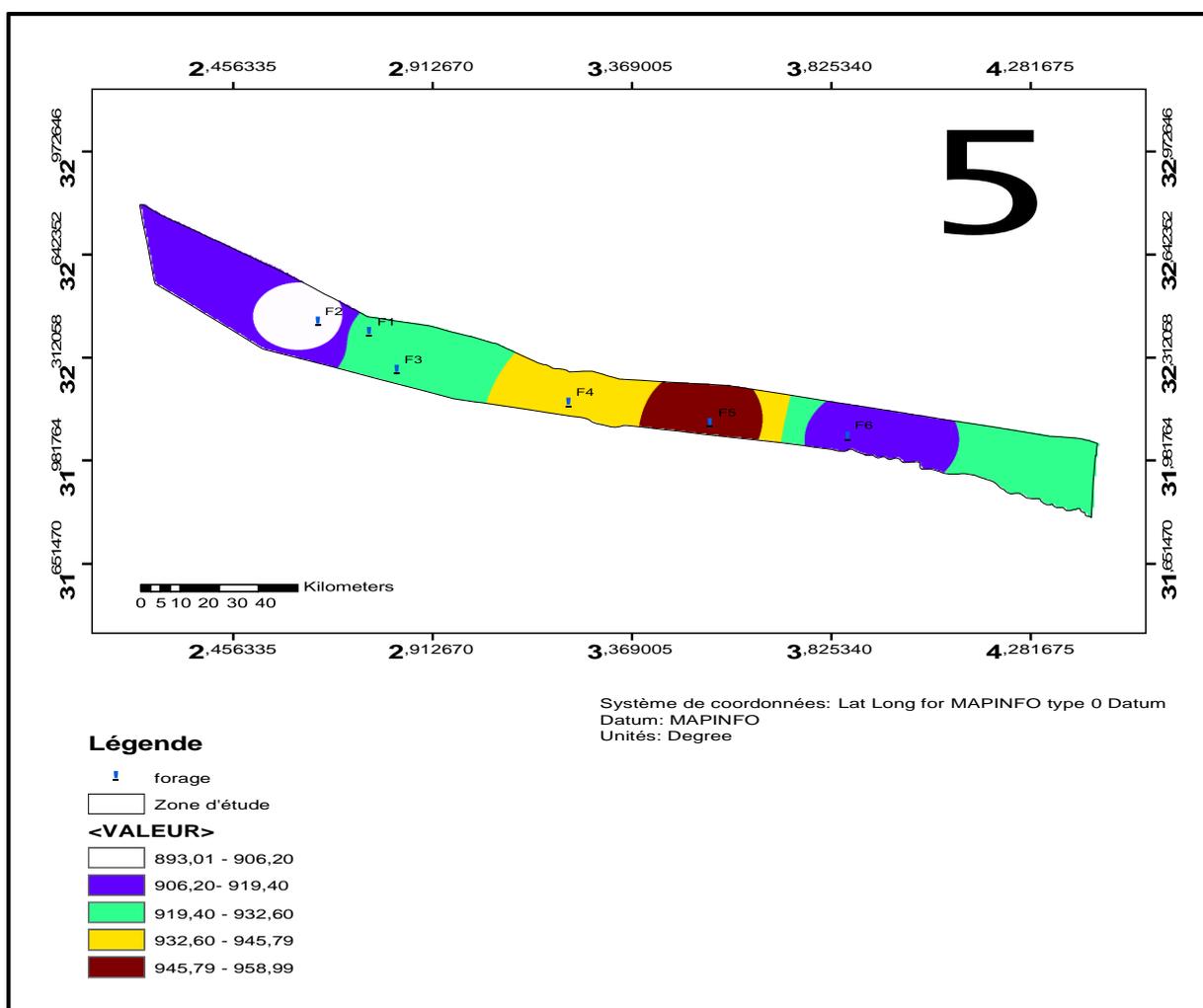


figure N° 25 : Répartition de TDS

2. Les paramètres chimiques (Les éléments majeurs)

Dans les études de caractérisation des eaux souterraines de la région **Sebseb** à Ghardaïa, l'importance des ions (valeurs exprimées en **meq/l**) suit l'ordre suivant : Na^+ , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , NH_4^+

2.1. Les cations

2.1.1. Le calcium Ca^{2+}

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium (**BELLAKEHAL & BOUDJELLAL, 2020**).

D'après la figure N°24, la répartition spatiale des concentrations du calcium, montre des concentrations oscillent entre 110.62 et 134.65 mg/l. Au niveau du forage F1, la concentration atteint les 134.65 mg/l, autant que la majorité des forages ne dépassent pas les 120.23 mg/l.

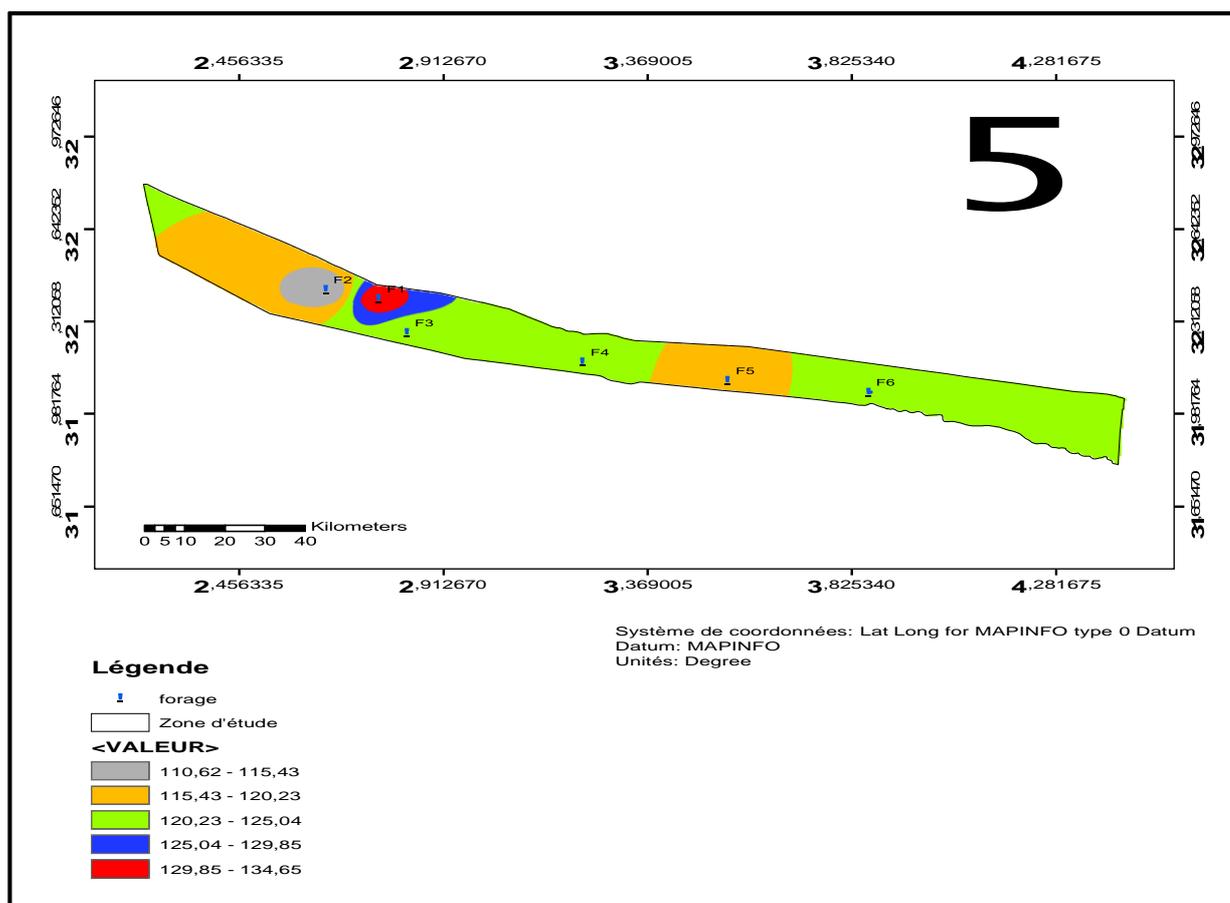


Figure N° 26 : La répartition de calcium

2.1.2. Le sodium Na^+

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région du globe à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux. Dans l'organisme, le sodium assure un équilibre entre les différents compartiments cellulaires, sous l'influence du métabolisme de régulation endocrinien et cardio-vasculaire.

Les corrélations entre la consommation journalière du sodium par l'homme et l'hypertension artérielle ont été démontrées. (FRAHTIA & NEZZAR, 2016)

Selon la figure N°25, la forte concentration est observée au niveau de forage **F1** et la faible concentration est remarquée au niveau des forages **F3** et **F6**.

Le sodium des eaux souterraines provient essentiellement aux formations d'argile et de marne et des eaux usées à l'origine industrielle et domestique.

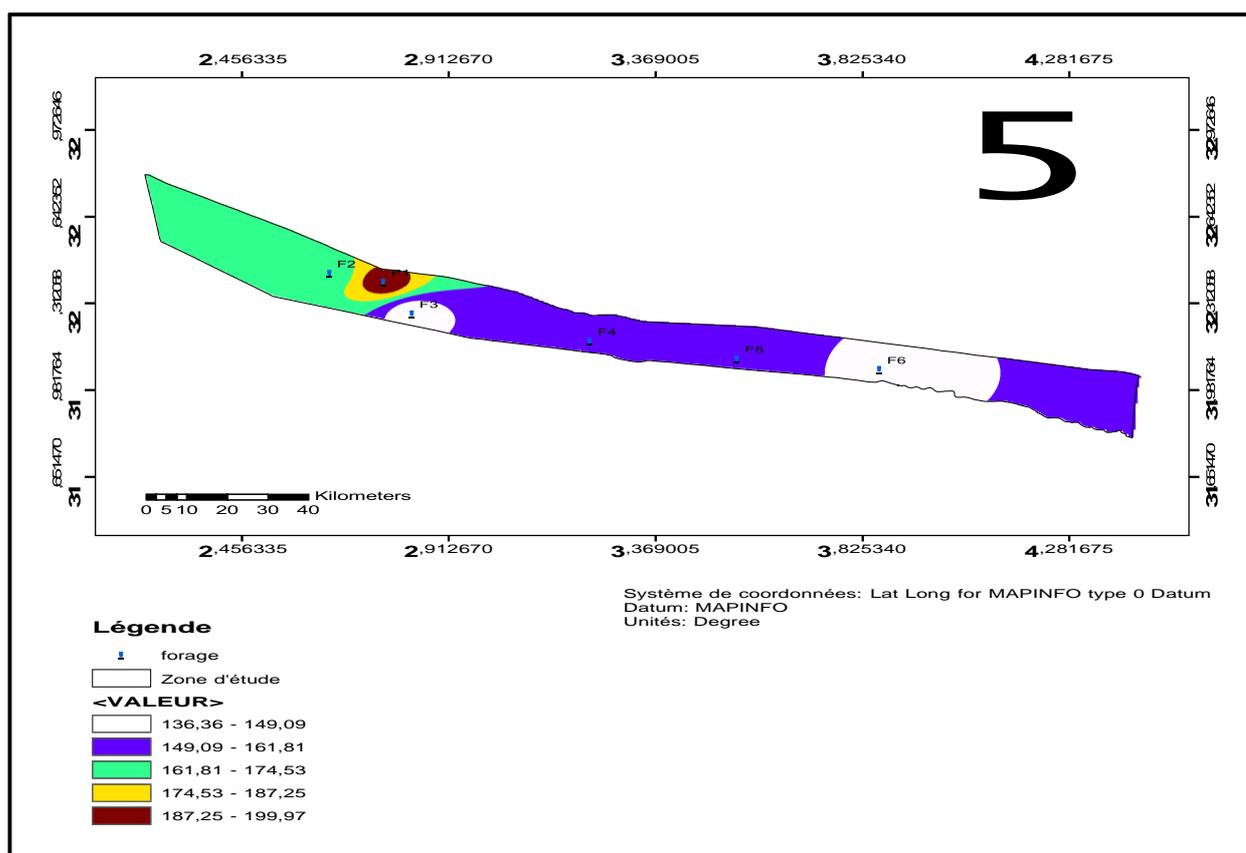


figure N°27 : Répartition spatiale de sodium

2.1.3. Le magnésium Mg²⁺

La carte graphique figure N°26 montrent que les maximums sont de **81.64 mg/L** enregistrés sur le forage **F5** et les minimums sont de **51.52 mg/L** sur les forages **F1**, **F3** et **F6**. Les valeurs sont inférieures par rapport aux normes algériennes (**150 mg/L**).

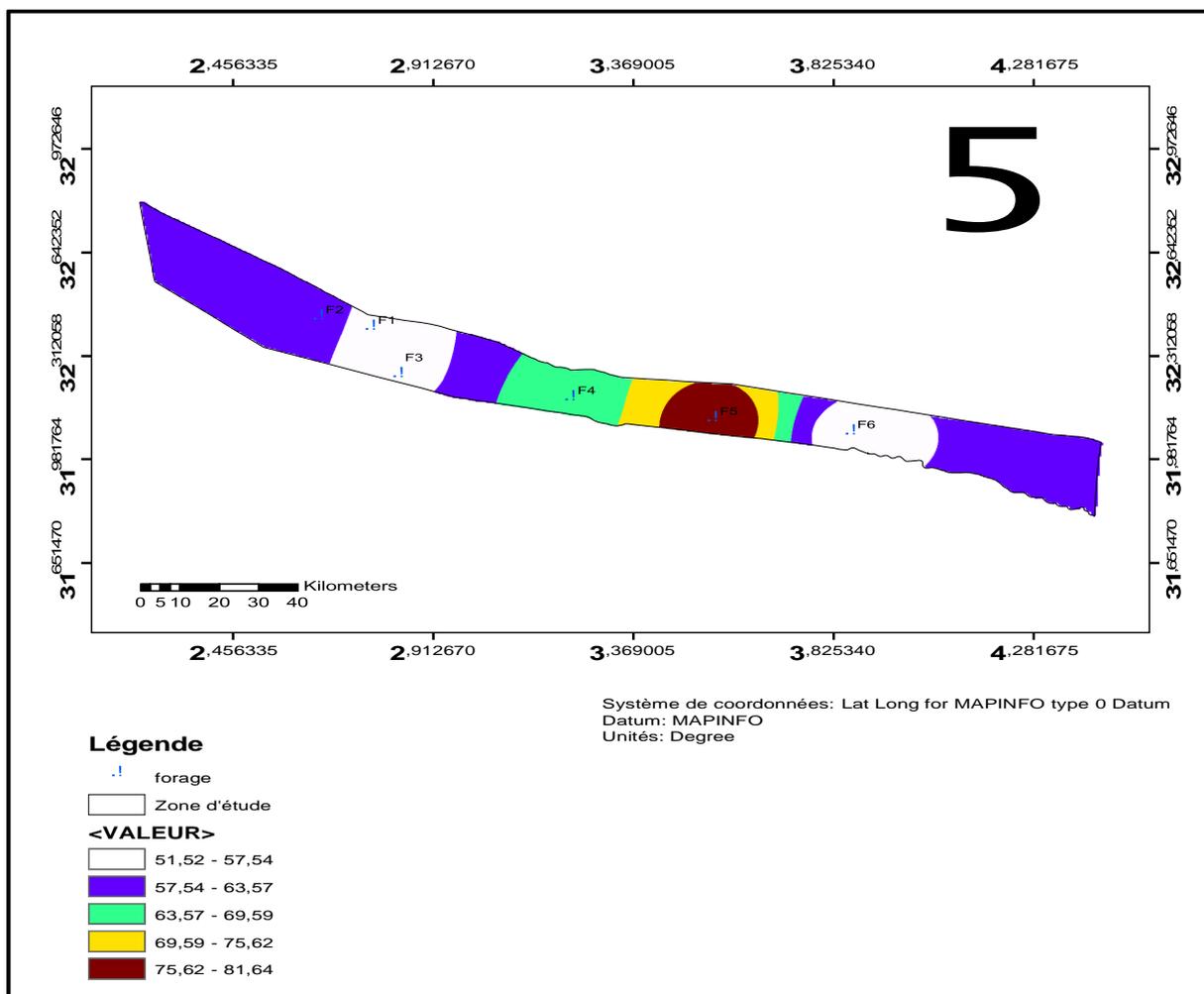


Figure N°28: Répartition spatiale de magnésium

2.1.4. L'ammonium NH₄⁺

L'ammonium est un excellent indicateur de la pollution de l'eau, par son origine les rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel

D'après la carte graphique figure N°27 montrent que les maximums sont de **0.342 mg/L** enregistrés sur le forage **F1** et les minimums sont de **0.004 mg/L** sur les forages **F3, F4, F5** et **F6**. Ces dernières valeurs ne dépassent pas **0.2 mg/L** (selon les normes algériennes). La majorité des forages est des faibles concentrations, en peut dire pour ces valeurs sont négligeables.

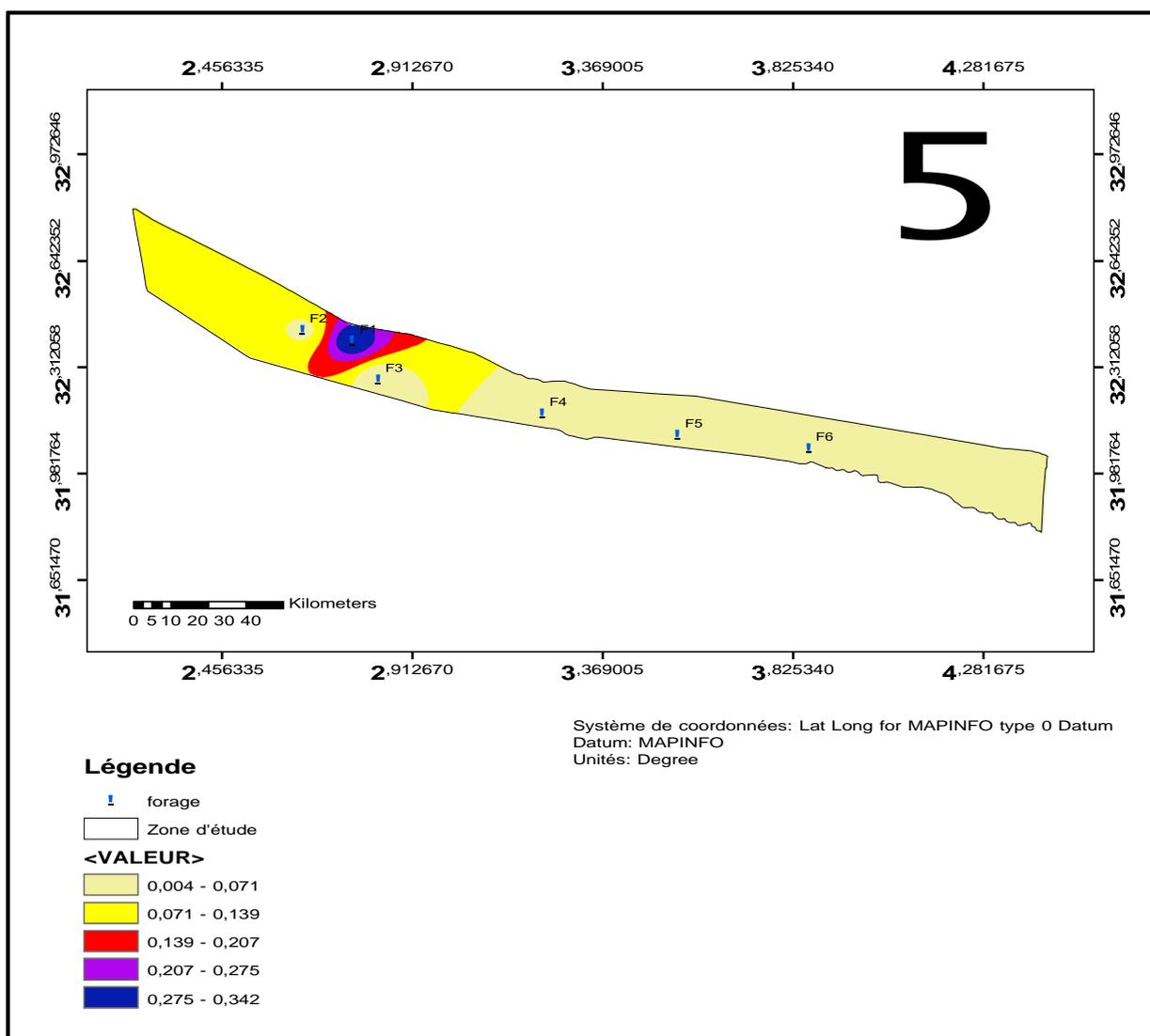


Figure N° 29 : Répartition spatiale d'ammonium

1.2.5. Le fer (Fe²⁺)

D'après la figure 28 les concentrations des eaux en fer sont variables d'un forage à autre. La concentration maximale a été observée au forage **F4** avec **0.38599 mg/l**. Les autres forages présentent des teneurs en fer inférieur au les normes algérienne (0.3 mg/l).

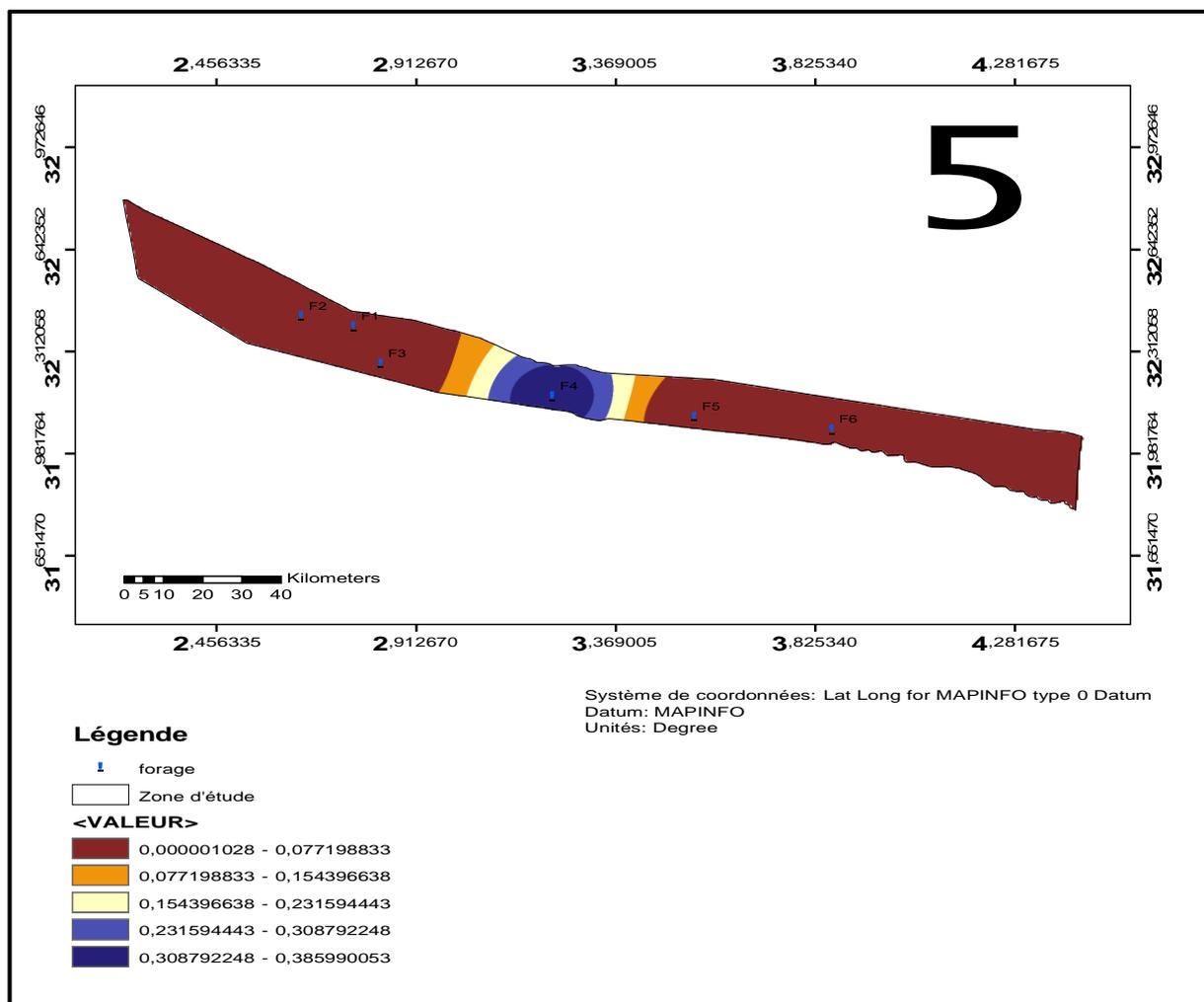


Figure N° 29: Répartition spatiale de fer

2.2.les anions

2.2.1. Le chlore Cl⁻

La dissolution des terrains salifères est la cause principale de la présence des chlorures dans les eaux.

A travers la figure N°29, on observe que la répartition spatiale des chlores ne dépassent pas la norme algérienne de l’eaux potable. La concentration la plus élevé est observée au niveau des forages (F1 et F4), et la concentration faible ont observée au niveau de forage (F6).

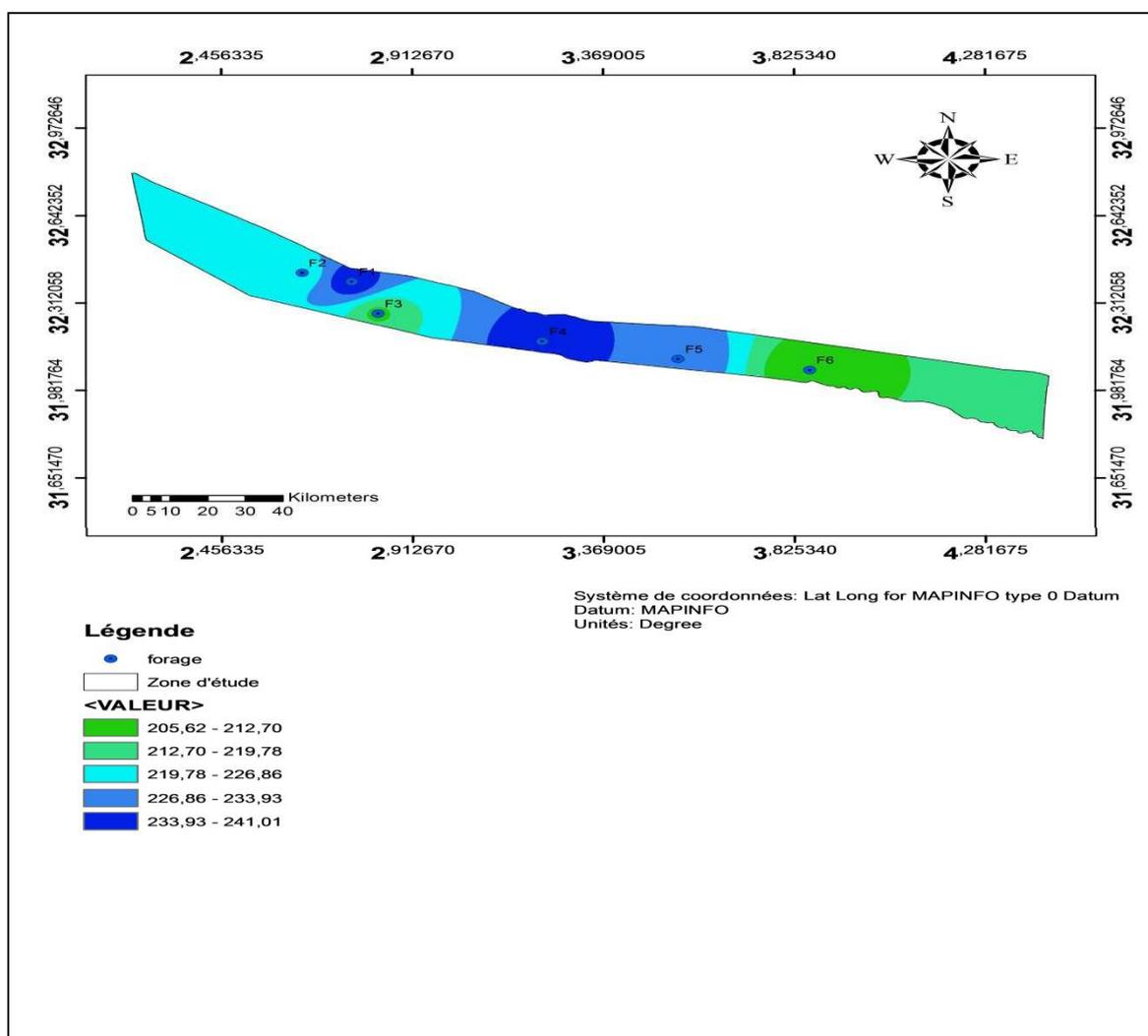


Figure N° 30 : Répartition spatiale de chlore.

1.2.2. Les bicarbonates HCO_3^-

La dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique (CO_2), est l'origine principale de la présence des bicarbonates dans l'eau.

On remarque des faibles concentrations en bicarbonates pour tous les forages placés en la région Sebseb à Ghardaïa.

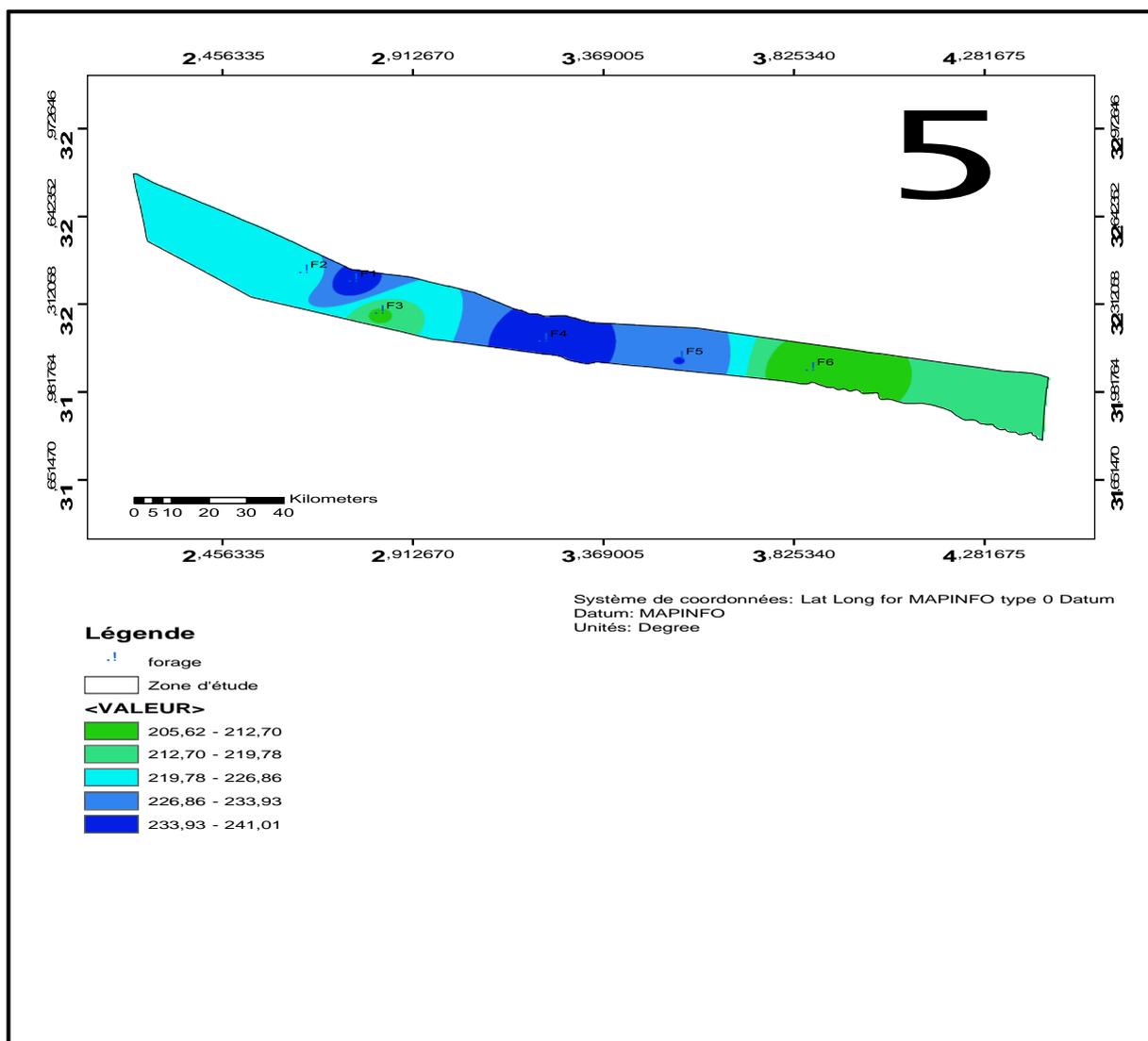


Figure N°31 : Répartition spatiale de bicarbonates

1.2.3. Les sulfures SO_4^{2-}

Les ions sulfates proviennent de la dissolution du gypse ($CaSO_4, 2H_2O$) et par l'oxydation des sulfures en sulfates dans les déchets miniers. Ils sont très solubles et leur concentration est très variable dans les eaux naturelles. C'est l'un des éléments majeurs qui détermine le faciès chimique de l'eau dans la région d'étude. (BEN BRAHIM & BENCHEIKH, 2018).

La norme de potabilité pour les sulfates d'après OMS est (500 mg/l) et la norme algérienne est (400 mg/l)_ Dans les eaux de la région de Seb seb d'après la modélisation chimique de la concentration de sulfate à grâce de logiciel (Arc Gis), nous pouvons présenter les résultats obtenus par une carte (voir la figure n° 31).

les valeurs de « CS » variés entre 0.033558 et 3114.399 mg/l . Elle sont dépassés les normes de « OMS » et Algériennes .

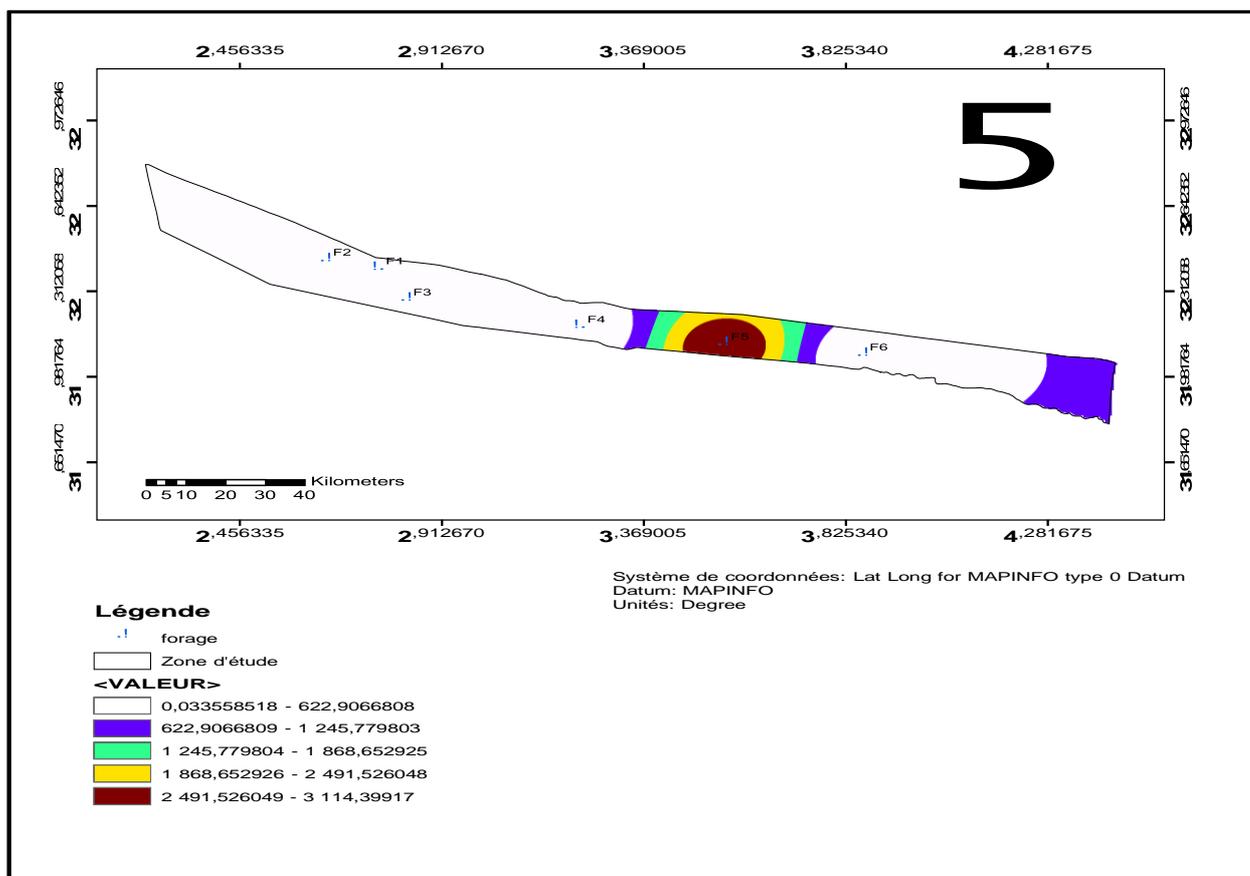


Figure N° 32 : Répartition spatiale de sulfure

1.2.4. Les nitrates NO₃⁻

La répartition spatiale des nitrates, montre des concentrations faibles dans tous les forages étudiés, avec une concentration maximale de **0.028 mg/l**. Le forage F2, est le forage marqué par la haute concentration (**0.028 mg/l**).

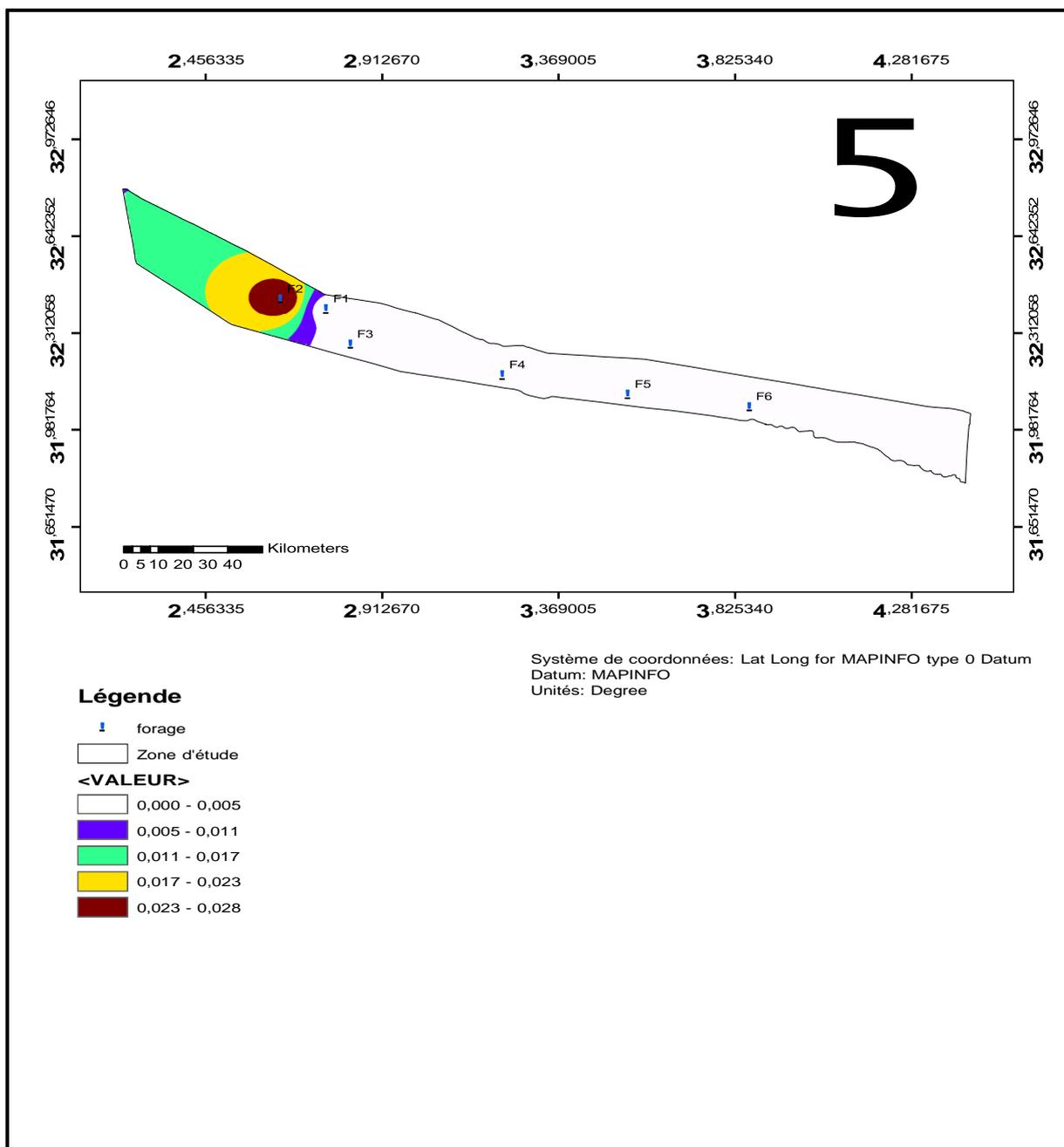


Figure N°33 : Répartition spatiale des nitrates

1.2.5. Le phosphate P_4^{3-}

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique. Les valeurs en phosphates des eaux sont dans l'ensemble très faibles avec une moyenne de **0.0111 mg/l**. La valeur maximale est de **0,02799 mg /l** au forage **F5** et la valeur minimale a enregistré dans les autres forages (figure N°33).

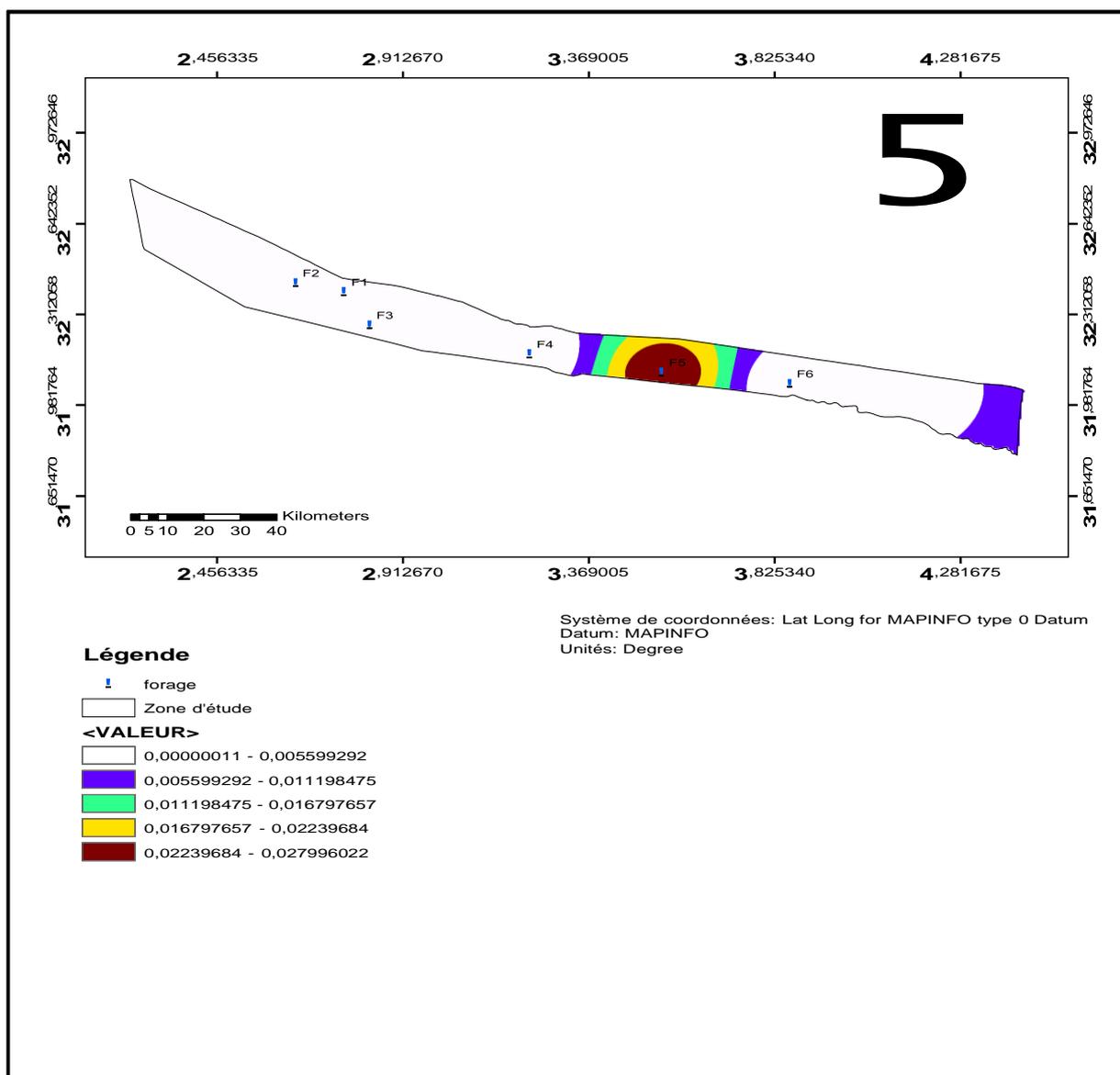


Figure N°34 : Répartition spatiale des phosphates

2. Qualité des eaux destinées à l'irrigation

3.1. Classification de Wilcox (SAR)

Ce diagramme est basé sur les valeurs du rapport d'absorption en sodium (**SAR**) et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau. L'objectif était de représenter les échantillons de six (06) forages sur le diagramme de Wilcox afin de faciliter la caractérisation des eaux profondes sur leur aptitude à l'irrigation.

Afin de calculer théoriquement les conductivités des échantillons de six (06) forages nous basons directement sur les valeurs des conductivités équivalentes pour les différents ions majeurs analysés (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$, $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$) à 25°C d'après la méthode décrite par Hölting (1996). (**HARKAT YAMINA & BENNACEUR, 2019**)

L'aptitude des eaux à être utilisées pour l'irrigation, peut être évaluée par un certain nombre de coefficients plus ou moins fiables parmi lesquels :

- Le pourcentage en sodium (% Na) .
- Sodium adsorption ratio (S.A.R).

3.1.1. Pourcentage de sodium (%Na)

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses, joue un rôle négatif dans le sol, parce qu'il réagit avec le sol en diminuant sa perméabilité et donc en freinant la circulation des eaux. Sa présence dans le sol augmente le volume des particules argileuses, entraînant ainsi une obstruction des pores entre les particules.

Il est basé sur la concentration totale des sels dissous et le pourcentage de sodium par rapport aux autres sels dans l'eau. Le pourcentage de sodium est calculé par la formule suivante :

$$\text{Na \%} = \frac{\text{Na}^+}{\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}} \times 100$$

Les concentrations de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} sont exprimées en meq/L. Tels que :

$$\text{meq/L} = \text{m mol} \times \text{Valence de l'ion} \left(\text{comme : } 1 \text{ méq} = \frac{1 \text{ m mol Ca}^{2+}}{2 \text{ Ca}^{2+}} \right)$$

3.1.1.2. Taux d'absorption du sodium (SAR)

Le risque d'alcalinité est généralement exprimé par le taux d'adsorption du sodium (SAR).

Ce paramètre quantifié la proportion des ions sodium, calcium et magnésium dans un échantillon d'eau. Quand un sol est riche en Na^+ et que son anion dominant est CO_3^{2-} , le sol est dit sol alcalin. Si un sol est riche en Na^+ et So_4^{2-} , ou en Cl^- , on parle de sol salé.

Pour déterminer ce risque, **Riverside** a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par la minéralisation totale. (**HARKAT YAMINA & BENNACEUR, 2019**)

Le **SAR** peut être déterminé par la formule suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\frac{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}}{2}} \quad \text{Concentration en meq/L}$$

Tel que :

- **SAR < 10** : Eau excellente : eau à faible danger d'alcalinisation des sols.
- **10 < SAR < 18** : Eau bonne : danger d'alcalinisation assez appréciable.
- **18 < SAR < 26** : Eau convenable : danger d'alcalinisation important.
- **SAR > 26** : Eau médiocre, danger de forte alcalinisation.

3.2.1 Diagramme de Wilcox

Wilcox a créé une classification qui considère le rapport entre le sodium absorbé par le sol (**SAR**) et la minéralisation totale. D'après notre travail, nous représentons les résultats dans la figure N°34

La classification de **Wilcox** est basée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau, exprimée en pourcentage.

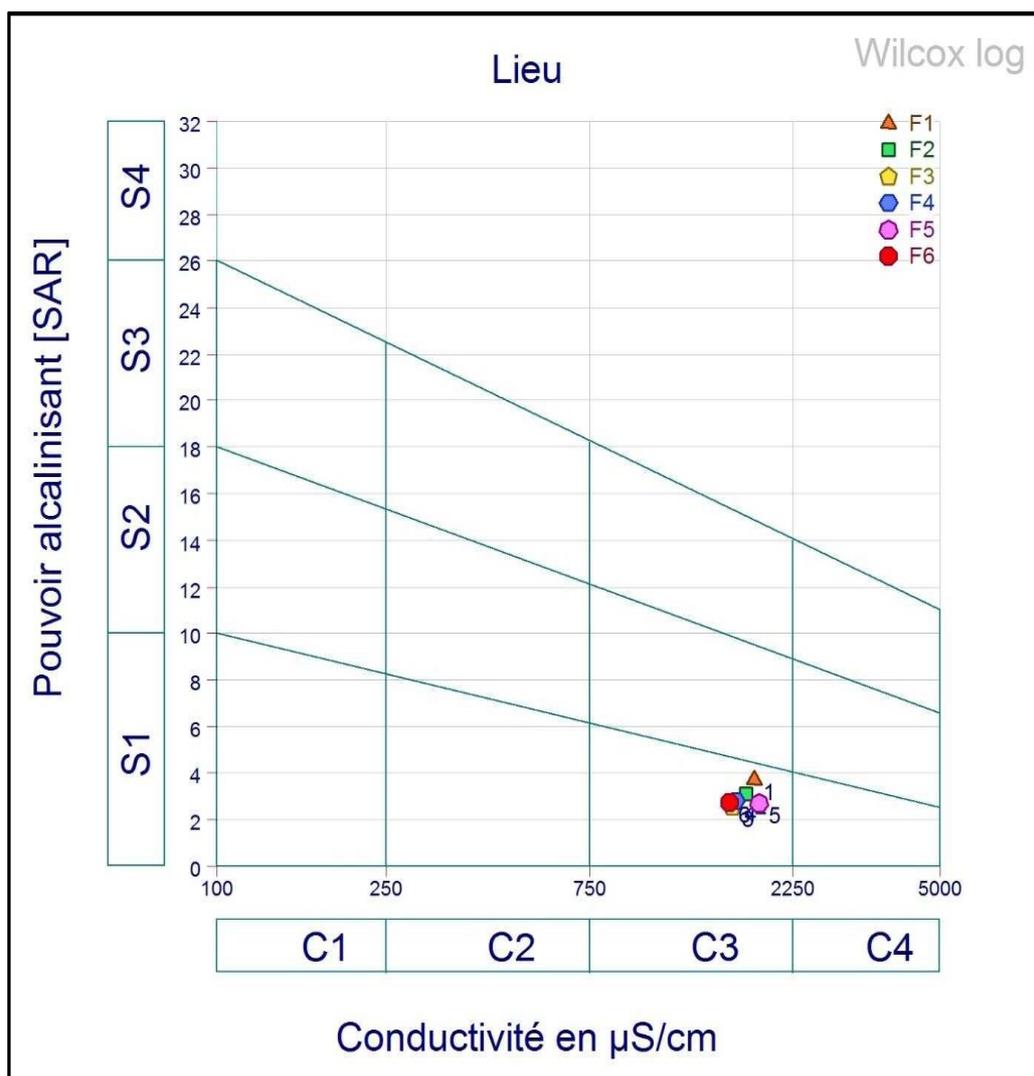


figure n°35 : Représentation les analyses des eaux d’après le diagramme de Wilcox

Indices croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols.
C1-S2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées. ➤ Le sol doit être bien drainé et lessivé.
C1-S3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques ; ➤ La teneur relative en Na peut être améliorée par la jonction de Gypse.
C1-S4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables ; Le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques ; ➤ La teneur relative en Na peut être améliorée par la jonction de Gypse.
C2-S1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel.
C2-S2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel ; ➤ Sol grossier ou organique à bonne perméabilité.
C2-S3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel ; ➤ Sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage, addition de matières organiques) ;
C2-S4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient généralement pas pour l'irrigation.
C3-S1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel ; ➤ Sol bien aménagé (bon drainage) ;

C3-S2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel ; ➤ Sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage ; ➤ Contrôle périodique de l'évolution de la salinité ; ➤ L'ajonction périodique de Gypse peut être bénéfique.
C3-S3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Espèces tolérantes au sel ; ➤ Sol très perméable et bien drainé.
C3-S4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient pas à l'irrigation.
C4-S1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales ; ➤ Peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé.
C4-S2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales ; ➤ Peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé.
C4-S3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient pas à l'irrigation.
C4-S4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eau ne convient pas à l'irrigation.

Tableau N 08 : Indice croisé SAR/Conductivité

Les résultats obtenus montrent que les six (06) forages sont classés en **C3-S1** respectivement, ils sont des :

- Eau convenant aux plantes qui représente une bonne tolérance au sel.
- Sol bien aménagé (bon drainage) ; Contrôle périodique de l'évolution de la salinité.

3.2.2 .Risque des bicarbonates

Selon Lenntech (Une forte teneur en carbonate (CO_3) et en bicarbonate (HCO_3^-) augmente la valeur du S.A.R (environ $>3-4$ meq/L ou $>180-240$ mg/L).

Les ions carbonate et bicarbonate combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) ou carbonate de magnésium (MgCO_3) dans des conditions de sécheresse.

Lorsque la concentration de Ca et de Mg décroît, en comparaison la teneur sodium et l'indice SAR deviennent plus importants. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH. Par conséquent, lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé, ce peut être un signe d'une teneur élevée en ions carbonate et bicarbonate.

3.2.3. Carbonate de Sodium Résiduel (RSC)

Le RSC se calcule grâce à l'équation suivante:

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{+2})$$

C'est un autre moyen de calculer la teneur en sodium grâce au Mg et au Ca. Cette valeur peu apparaître dans certains rapport d'analyse d'eau.

Si le RSC < 1.25, l'eau peut être utilisée pour l'irrigation Si le RSC > 1.25 l'eau n'est pas appropriée à l'irrigation

	Nul	Léger à modéré	Sévère
(Meq/l)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
RSC	<1.25	1.25 à 2.5	>2.5

Tableau N° 09 : Risque des bicarbonates (HCO_3) pour l'eau d'irrigation (meq/l)

forages	X	Y	conductivité $\mu\text{s/cm}$
F1	2,769	32,393	1824,00
F2	2,64963	32,4258	1750,00
F3	2,83105	32,2725	1630,00
F4	3,22347	32,1671	1654,00
F5	3,54821	32,1002	1881,00
F6	3,86238	32,059	1600,00

Tableau N° 10 : conversation des analyses de la conductivité électrique en meq/l

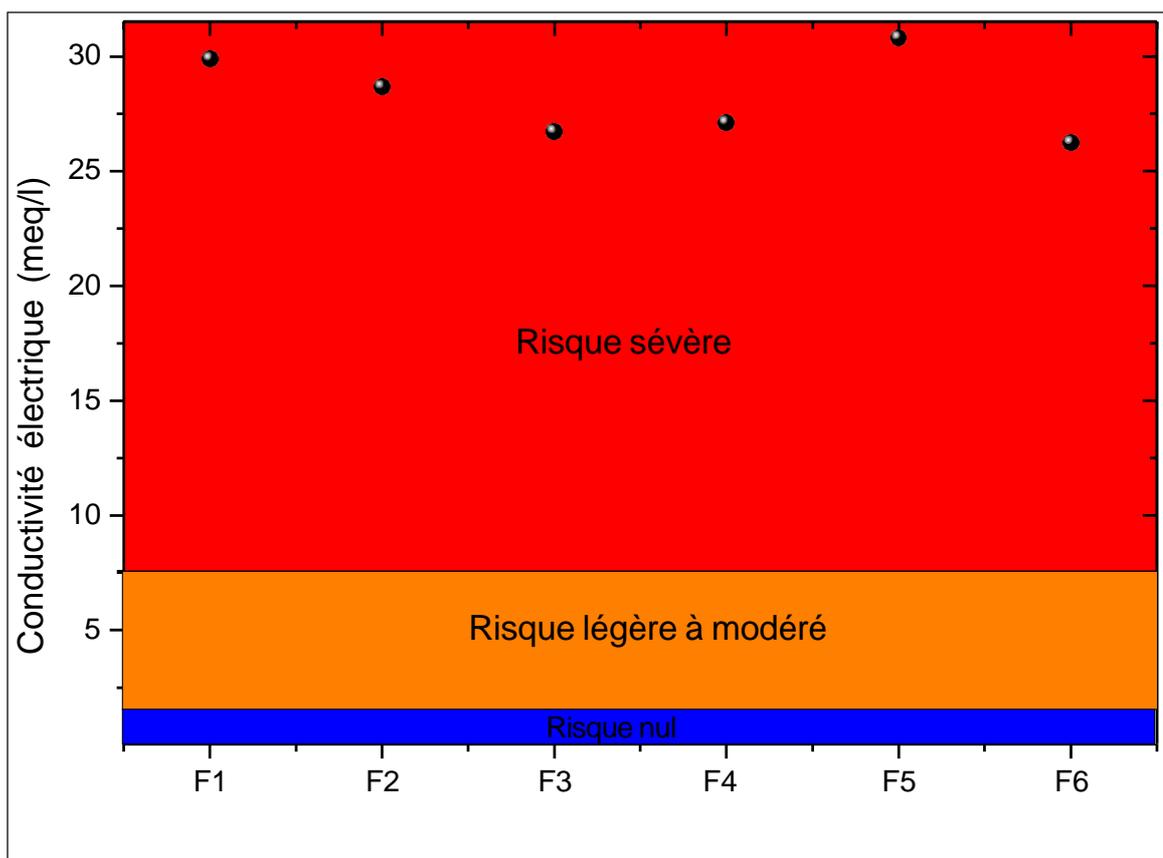


Figure N° 36 : Risque des bicarbonates pour l'irrigation

Les eaux souterraines (*Fig. n°35.*) montrent un risque en bicarbonates sévère pour tous les forages qui reflète une mauvaise qualité de l'eau vis-à-vis le risque en bicarbonates. La richesse des eaux étudiées en bicarbonates augmente le risque en bicarbonates et conduit ces eaux vers une dégradation de qualité via l'utilisation pour l'irrigation.

3.2.4. Les risques des ions phytotoxiques

Dans les eaux d'égouts. Les ions phytotoxiques les plus dangereux sur la santé humaine sont ;

- Bore (B)
- Chlorure (Cl)
- Sodium (Na)

Le sodium et le chlorure sont habituellement absorbés par les racines. Lorsque l'absorption se fait par les feuilles le taux d'accumulation est plus grand. L'absorption directe se produit habituellement dans des systèmes d'irrigation par arrosage dans des conditions de faible humidité et de hautes températures. La convenance de concentration de ces anions dépend du type de récolte, de l'état de croissance, de la concentration en ions, du climat et de l'état des sols. Selon (**Robert Morris et Dr. Dale Devitt, 2002**) les niveaux de toxicité

pour des ions spécifiques sont résumés au tableau suivant :

	Bore	Chlore	Sodium
Nul	< 1	1-3	< 3
Léger à modéré	< 4	4-10	< 10
sévère	< 3	3-9	> 10

Tableau N° 11: Les niveaux de toxicité pour des ions spécifiques (meq/l)

forages	X	Y	Na (meq/l)	Cl (meq/l)
F1	2,769	32,393	8,699434537	6,799153738
F2	2,64963	32,4258	7,249238799	6,280507757
F3	2,83105	32,2725	5,931274467	5,960479549
F4	3,22347	32,1671	6,742061766	6,760564175
F5	3,54821	32,1002	6,765985211	6,600535966
F6	3,86238	32,059	6,326663767	5,800479549

Tableau N° 12 : conversation des analyses des chlorures et du sodium en meq/l.

3.2.6. Le sodium

Les eaux souterraines (*Fig10*) représentent un risque léger à modéré pour l'irrigation vis-à-vis le sodium.

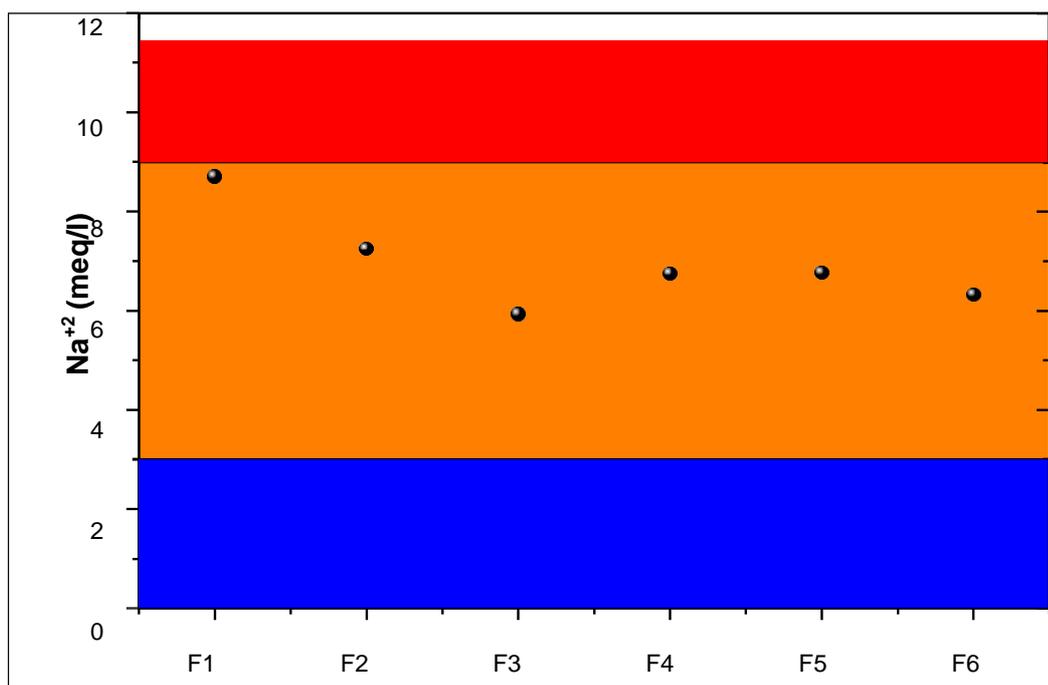


Figure N°37 : Risque du sodium pour l'irrigation .

3.2.7. Les chlorures

Les eaux de forages (*Fig.*) montrent un risque léger à modéré en chlorures vis-à-vis des plantes pour tous les échantillons analysés.

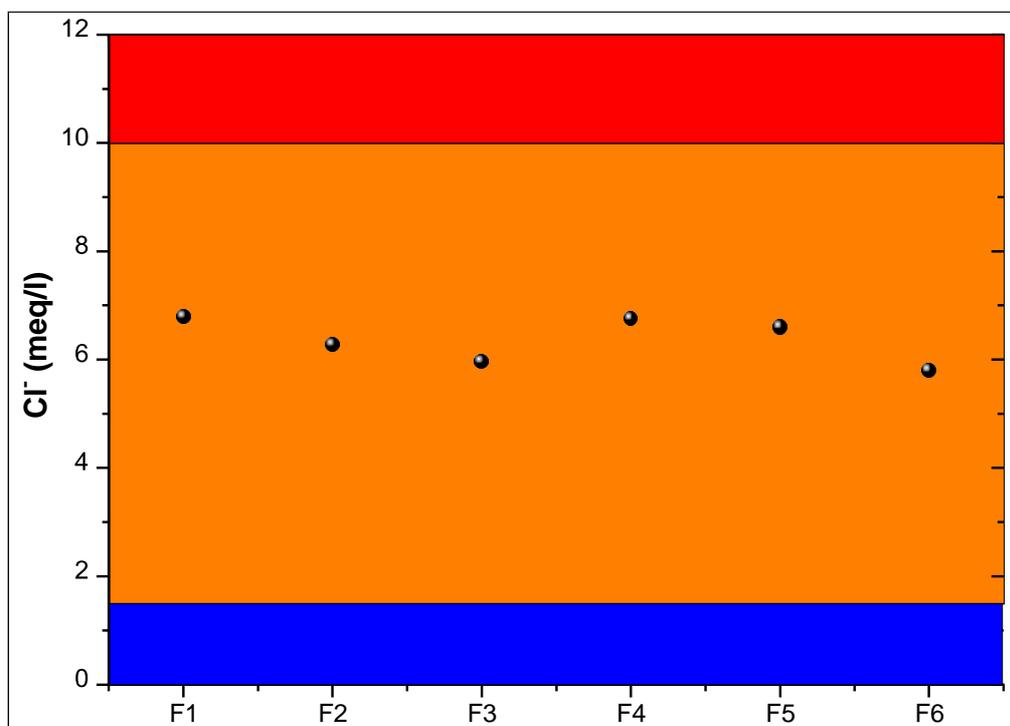


Figure N°38 : Risque des chlorures pour l'irrigation.

3. Qualité des eaux Destinées à l'eau potable :

Les paramètres principale d'eau potable qui toucher tous les aspects du bien,(L'homme) tels que la santé, les activités économiques ...etc.

4.1.Normes Algérienne de potabilité des eaux

Paramètre	Norme
T (°C)	25C°
Ph	8,5
Conductivité électrique (µS/cm)	2800
Ca ⁺² (mg/l)	200
Na ⁺² (mg/l)	200
K ⁺ (mg/l)	20
Mg ⁺² (mg/l)	150
Cl ⁻ (mg/l)	500
SO ₄ ⁻ (mg/l)	400
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	500
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50
PO ₄ ⁻ (mg/l)	0,2
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,2

5. Paramètres physique

5.1. T, TA, TDS, PH

L'espace de la température des eaux souterraines précise à l'alimentation en eau potable (Figure 38) montre que les eaux analysées, dépassent les normes Algérienne de potabilité via la température 25C° dans les eaux d'égout.

Suivant (**fig. n 38**) , Les valeurs du PH variés entre 8.2 et 8.5.Ou il est plus proche a les normes Algérienne , ce qui on peut dire que nos eaux ont bonne qualité (eaux potable).

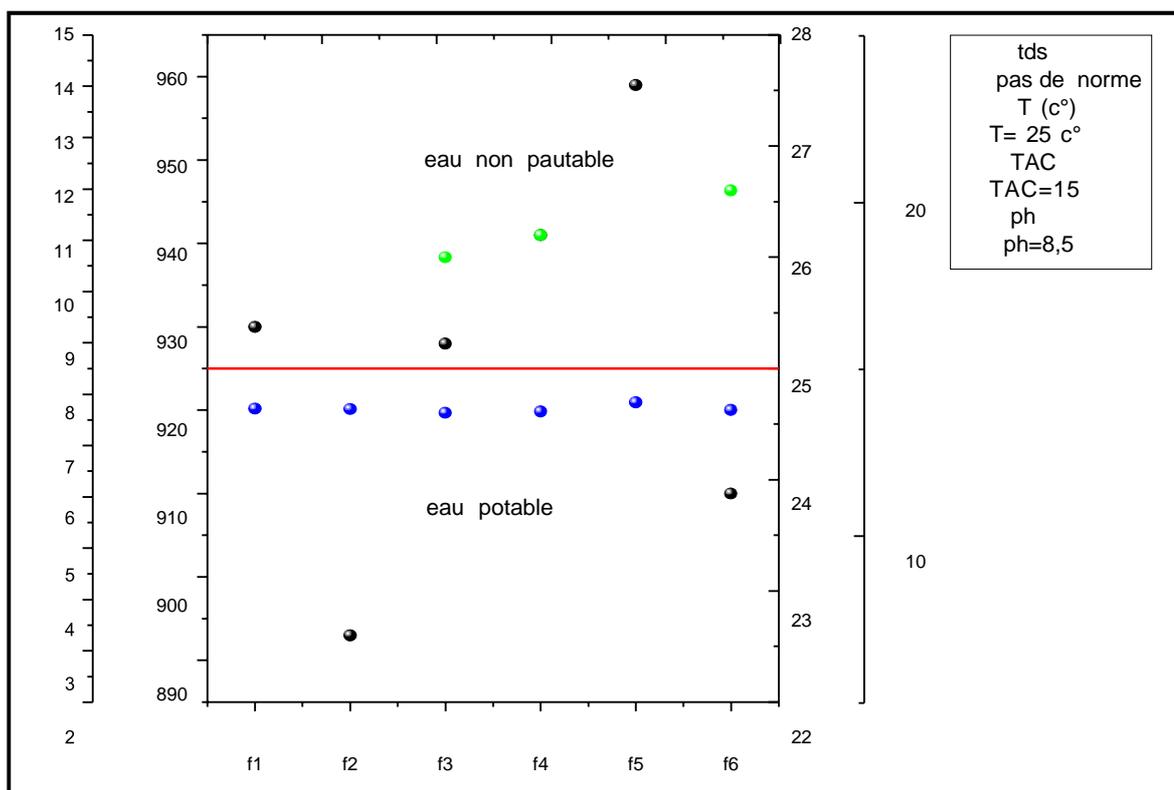


Figure N°39 : Qualité des eaux souterraines de Sebseb vis-à-vis les paramètres physiques

5.2.Tur ,Cond ,Th

(Figure N°38) montre que L'évolution dans l'espace via la conductivité électrique montre des concentrations conformes aux normes Algérienne de potabilité des eaux.

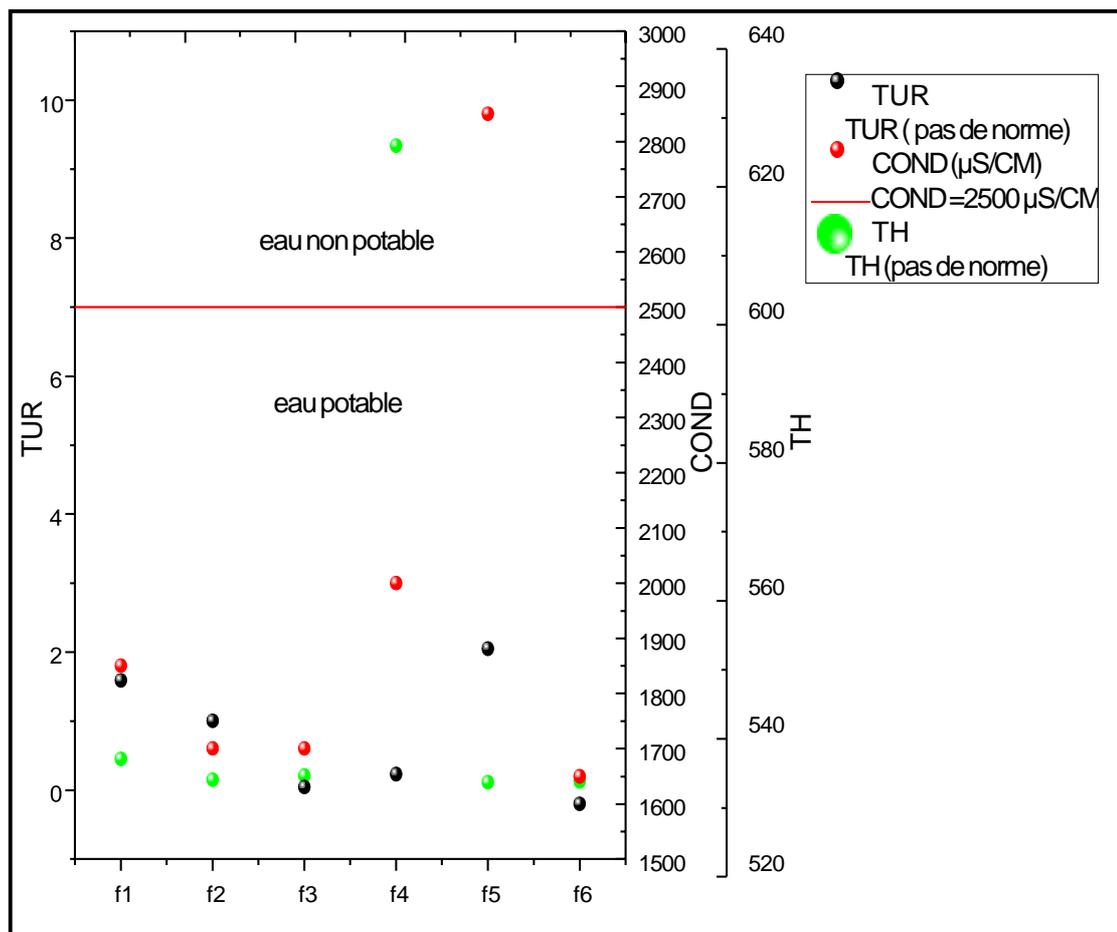


Figure N° 40 : Qualité des eaux souterraines de Sebseb vis-à-vis les paramètres physiques

5.3.Cations

Les eaux souterraines (Figure 39) montrent des concentrations confirmant aux normes Algérienne des eaux potables vis-à-vis le calcium, le potassium, le magnésium et le sodium pour tous les forages sans exception.

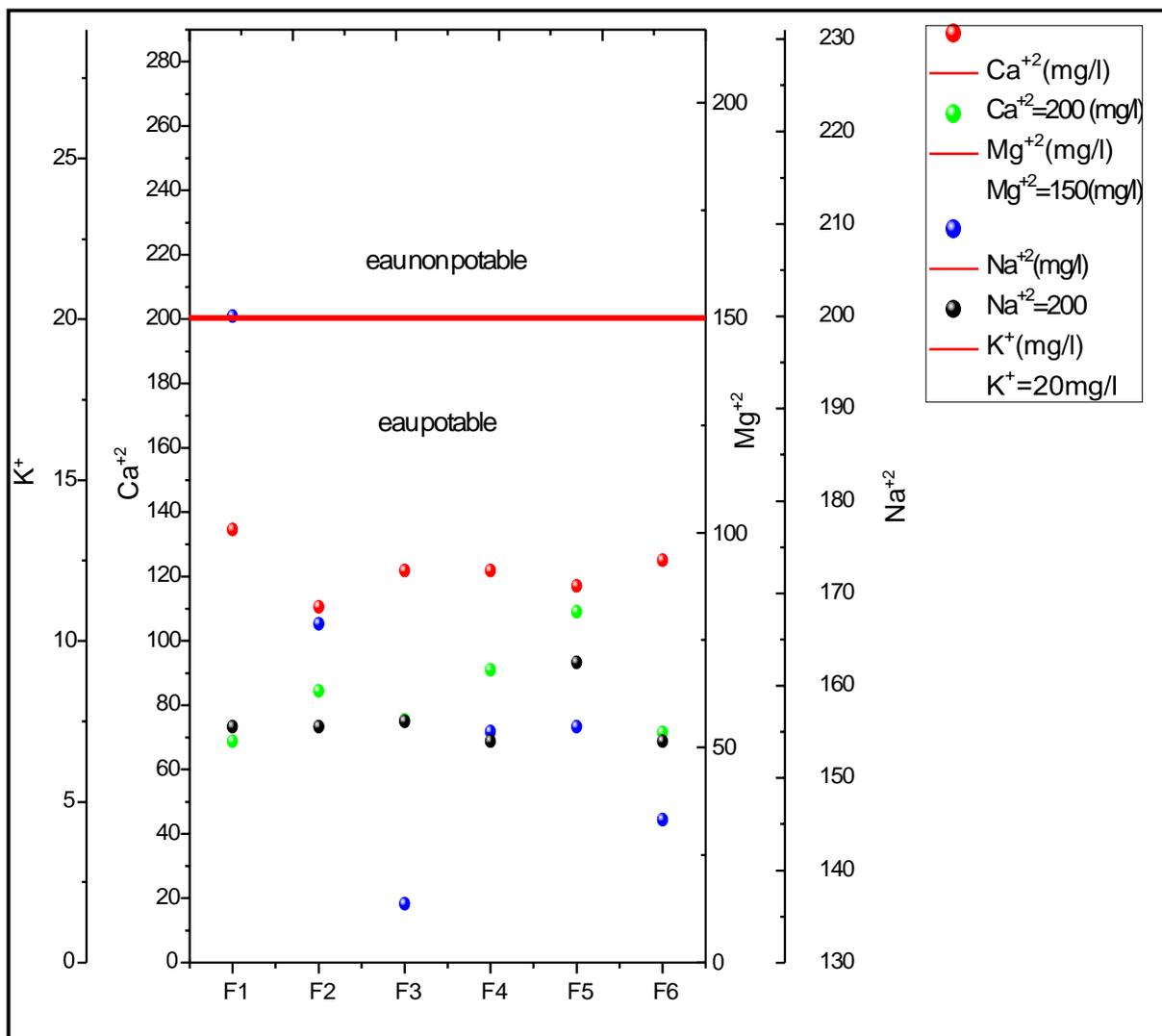


Figure N° 41 : Qualité des eaux souterraines de Sebseb vis-à-vis les cations

5.4. Anions

Les valeurs dans l'espace pour les eaux souterraines (Figure 42) ils sont non-potable vis-à-vis les sulfates, ces eaux dépassant largement les normes Algériennes de potabilité 400 mg/l et une évolution dans l'espace qui montre une potabilité via les chlorures et les bicarbonates pour toutes les eaux de forages analysées.

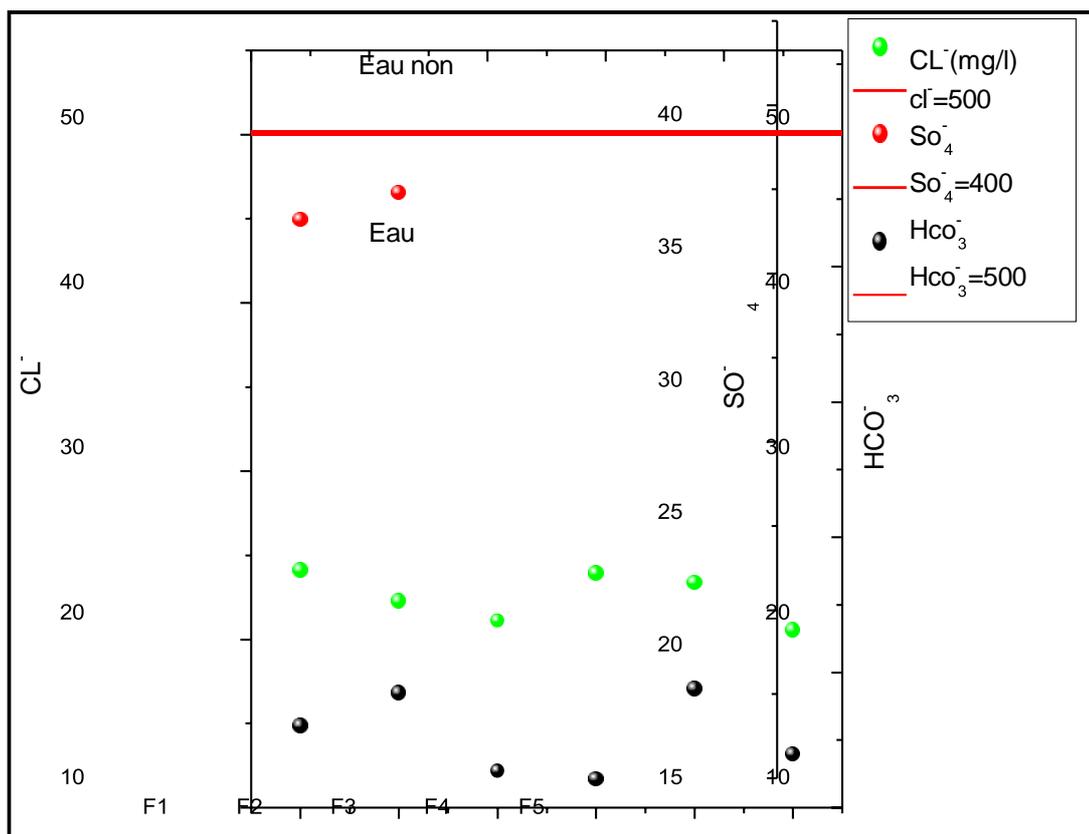


Figure N°42 : Qualité des eaux souterraines de Sebseb vis-à-vis les anions

5.5. Nutriments

Tous les nutriments sont des faibles concentrations dans toutes les eaux souterraines. Ces faibles concentrations reflètent une potabilité de ces eaux via les nutriments.

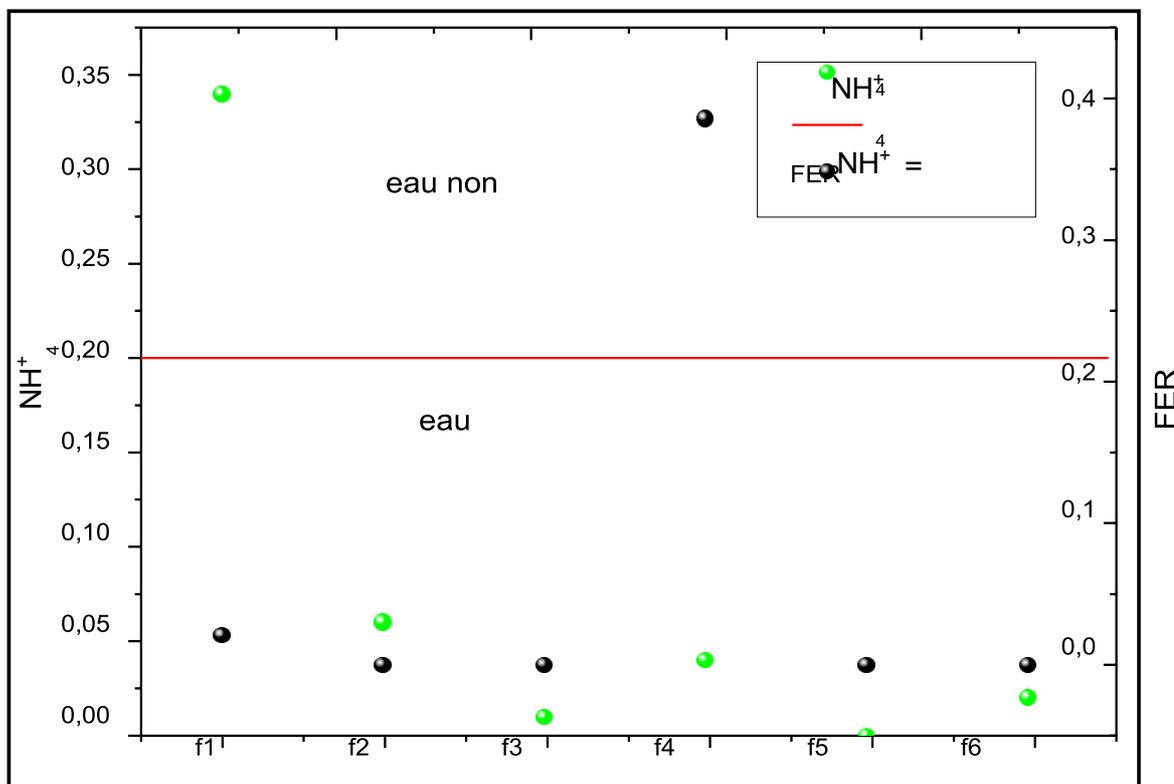


Figure N°43 : Qualité des eaux souterraines de sebseb vis-à-vis le nutriment

6. Conclusion

A fin de ce dernier chapitre qui généralement a consacré à évaluer la qualité des eaux souterraine de la zone de sebseb qui destinés à le potable et l'irrigation. Pour cette raison, nous avons étudié les paramètres physico-chimiques des eaux. Nous rappelons les principaux : T, PH, Mg^{+2} , HCO_3^- , SO_4etc.

Les résultats obtenus de ce travail se résume dans le bilan suivant :

- ✓ La température a une valeur maximale $26.58C^\circ$ qui il est le plus proche de la norme OMS et Algérienne.
- ✓ Pour le PH atteindre une valeur maximale $7.83 > 7$, ou nous disons que notre l'eau est basique.
- ✓ Pour la conductivité éclectique a une valeur maximale $1880 \mu s/cm < 2800 \mu s/cm$ ce qui exprime la salinité du notre eaux souterraine.
- ✓ La dureté totale de l'eau est rattachée principalement à la quantité de calcium et de magnésium dans l'eau. Dans les échantillons d'eau (forages) : la dureté totale varie entre 551.19 meq/l et 627.98 meq/l .
- ✓ Les résultats du titre alcalimétrique complète se situe dans l'intervalle compris entre 117.12 et 170.12 meq/l , ce qui se traduit par de très forte concentration en ions bicarbonates.
- ✓ Pour tous les ions chimiques tels que (Mg^{+2} , HCO_3^-) sont généralement ont des concentrations convenable aux normes Algérienne sauf que la concentration du sulfate (SO_4^-) qui est plus élevés.
- ✓ Les solides totaux dissous (TDS) décrivent les sels inorganique présents en solution dans l'eau. Les (TDS) varie entre 906.20 et 958.99 mg/l .
- ✓ Les concentrations en Fer totale variaient entre 0.07 et 0.38 mg/l . la valeur guide de l'O.M.S du Fer Totale dans l'eau de besoin est de 0.3 mg/l . les points d'eau analysés ont une concentration en fer inférieure à la valeur guide de l'OMS.
- ✓ Les Teneurs en sulfat ont des quantités très important variaient entre 0.0335 et 3114.399 mg/l , ou elle dépasse les normes de l' OMS.
- ✓ Les valeurs des nitrates peuvent etre considérée admissibles. Elle ne dépasse pas l'OMS.

Dans cette optique , nous disions que les eaux surentraîne de sebseb sont des eaux potables suivant les normes de l'OMS et Algérienne. Mais, il faut signaler à minimiser la teneur du sulfat (SO_4^-) afin d'augmenter notre qualité des eaux.

**CONCLUSION
GENERALE**

Conclusion générale

La zone de Sebseb est située au sud d'Algérie, en précisément dans le sud de wilaya de Ghardaïa à **60 km** du chef-lieu de la wilaya et à **663 km** au sud d'Alger, avec un nombre de population attendue de 2437 habitants, dans une superficie de 5640 Km², L'activité la plus dominante dans cette zone est l'agriculture. Elle est caractérisée par un climat subtropical désertique avec des hivers doux et des étés très chauds et ensoleillés. On nous constate que le mois le plus froid est le mois de janvier (04,49-19,38C°), et le mois le plus chaud est le mois d'Aout (25,84 – 41,55C°) avec une température moyenne annuelle de (24-47C°). Ainsi que la précipitation moyenne mensuelle de (10.384) mm (mois de janvier et de Mars). L'évapotranspiration potentielle (ETP), est plus importante, donc la quantité d'eau précipitée sera vite évaporée. Ce qui atteindra son maximum au mois de juillet (287.1mm). Les précipitations, le ruissellement et la réserve facilement utilisable est nulle pendant les douze mois.

La principale source en eau dans la zone de Sebseb représente dans les eaux souterraines qui orientées aux diverses utilisations tels que : agriculture, industriel et l'utilisation domestique.

La recherche géologique a montré que la formation géologique de Sebseb a été constituée par trois couches géologiques, nous citons : Albien, Cénomane et Turonien. Ou, les géologues confirment que la nappe albienne a une grande importance hydraulique pour la région. Il est caractérisé par un sable fin à moyen jaunâtre parfois rougeâtre à rose avec une profondeur attendue plus de 2000 m.

L'étude hydro-chimique des eaux souterraines de Sebseb confirme la potabilité des eaux se traduisant par des valeurs acceptables en cations et les anions (Ca^{+2} , Na^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^- ...etc) qui sont plus proches aux normes (OMS) et Algérien. Il est à signaler que les eaux des puits étudiés affichent des concentrations élevées en sulfate (les eaux sont globalement sulfatées sodiques). Donc, nous exigeons de minimiser la teneur du sulfate (SO_4^-) par des processus de traitement avant la distribution à la population.

Cependant, les analyses hydro-chimiques indiquent que les eaux souterraines de Sebseb sont fiables à l'irrigation des végétaux qui ont une résistance au sel. D'autre part, le sol de Sebseb est caractérisé relativement par un pourcentage de drainage des eaux plus élevé.

En fin, nous disons que les eaux de Sebseb ont la possibilité de l'utilisation humaine comme l'eau potable et l'irrigation mais il faut toujours contrôler leurs qualités.

**Références
Bibliographiques**

Références Bibliographiques

1. **A.hamel, (2019)** . Etude Hydrologique de l'ensemble aquifère ancien de région de MTLILI, (Wilaya de Ghardaïa), mémoire de master, Université de Ghardia, 7p.
2. **A.N.R.H Ghardaïa 2011** : Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la nappe Albienne dans la wilaya de Ghardaïa.
3. **Belghite et al,(2013)**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire,Rappore Expertise.(Net).
4. **Bellakehal et Boudjellal (2021)**. La qualité de l'eau dans une zone aride : Eau souterraine de la nappe albienne de la région de Sebseb (wilaya de Ghardaïa). Mémoire master hydraulique (p11 à p20). Université de Ghardaïa.
5. **Ben Brahim Nassima et Ben cheik Radja (2018)**.Caractérisation hydrochimie des eaux du continentale.
6. **Frahtia soumia et Nezzar sara (2016)**.Etude de la qualité physico-chimique et Bacteriologique des Eaux souterraines de Trois communes : Birr chouhada, souk Naamane et ouled Zouai. (w.D'O.E.B),Master HYD(p15à18), Université Larbi Ben M'hidi-oum El Bouaghi.
7. **Harkat yamina et Ben nacer (2019)**, Analyses Hydrochimiques eaux de la ville Touggout,Master Hyd, Université Kasdi Marbah (W. ourgla).
8. **Lounnas (2009)**, Amelioration Procédes de clarification des eaux de lastation Hamadi-Kroma de skikda,mémoir de magister,Université du 20 Aout 1955 skikda.
9. **Zerki(2017)**, quantification de la pollution anthropique des eaux souterraines de l'aquifère de Ain Djasser Est Algerien,Doctort en Hydraulique,Univercité Ben Boulaid Batna2.
10. **Siteweb** https://uel.unisciel.fr/chimie/solutaque/solutaque_ch01/co/apprendre_ch1_03.html

11. **Olivier Petit**, La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance, Natures Sciences Sociétés, France, page (146 à 156).
12. **OSS,(2003)**,Système aquifère du Sahara septentrional- gestion commune d'un bassin transfrontière .
11. **TABOUCHE N.1, ACHOUR S.2, 2004**, étude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional Algérien, Larhyss Journal Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, ISSN 1112-3680, n° 03, pp.99-113.
12. **Gérard Miquel, Jean-Claude Deutsch, Michel Meybeck, Antoine Montiel, Jean-Luc Vassel, 2003**, La qualité des eaux souterraines l'échec des réglementations, Flux 2003/2-3 (n° 52-53), pages 8 à 16.