

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaïa



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

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Écologie et environnement

Spécialité : Écologie

Présenté par :

BENBADA Samia

BOUTI Ilham

Thème

Évaluation des caractéristiques physico chimiques des eaux thermales, Cas de la région de Zelfana – Ghardaïa

Soutenu publiquement, le 10/06/2023,

devant le jury composé de :

Mme. BEN HDID Hadjira	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Mme MEBAREK OUDINA Asmahane	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mr. KHELLAF Khoudir	MCB	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
Mr. MIHOUB Redouane	MCA	Univ. Telidji Amar -Laghouat	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, tout louange à ALLAH qui nous a éclairé le chemin du savoir et notre grand salut sur le premier éducateur notre prophète Mohamed.

Nous adressons nos vifs remerciements et nos sincères gratitudees à notre **encadreur**
REDOUANE MIHOUB

Aussi nos cordiaux remerciements a notre **CO.ENCADREUR KHOUDIR KHELLAF**
et **membres jury le Président Mme. BEN HDID Hadjira et le Examineur Mme**
MEBAREK OUDINA Asmahane qui ont accepté de porter leur jugement sur ce travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement monsieur le directeur de l'ADE,
GHARDAIA qui à autorisé notre accès, ainsi que tout le personnel qui à facilité les
taches tout au long de ce travail surtout Mr.MAKHLOUF et Mme. AMEL.

Notre gratitude s'adresse également au chef de département et à tous nos professeurs
pour leur aide logistique et technique.



Dédicaces

Pour le propriétaire de la biographie parfumée et de la pensée éclairée, il était le premier crédit pour ma réussite dans l'enseignement supérieur

(Mon père bien-aimé), prolonge sa vie.

À une situation qui m'a mis sur le chemin de la vie et m'a calmé et m'a nourri jusqu'à ce que je devienne adulte

(Ma chère mère), que Dieu bénisse son effet.

A mes frères, qui ont eu un impact sur de nombreux obstacles, à mon compagnon, mon chemin, qui m'a aidé et soutenu, à mes amis et tous ceux qui m'ont soutenu, à mon professeur (Khalaf Khoudir) et (Maihoub Redouane) qui n'a pas hésité à prolonger un coup de pouce pour moi, je vous dédie cette recherche, et j'espère qu'elle vous apportera entière satisfaction.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

**Mes très chers parents sans leur amour , leurs sacrifices
et leur encouragement je ne serais jamais arrivée à réussir
dans mes études. je sais bien que Dieu les protège et
leur donne la santé et la longévité**

Ma Chère sœur «Haizia _ Feriel»

Mon chère frère «Houssam _ Mamar»

Ma famille (tante et oncles, cousins et cousines).

ملخص

تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الحرارية ، حالة منطقة زلفانة – غرداية

المياه هي أحد المصادر المهمة لكوكب الأرض. مياه الشرب ذات النوعية الجيدة طعمها جيد و عديم الرائحة. في حالته الطبيعية ، يُدخل تركيز التمعدن طعمًا أكثر أو أقل حدة في الماء. يتمثل هذا العمل في تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الحرارية في بلدية زلفانة ولاية غرداية التي تحتل موقعًا مركزيًا في شمال الصحراء الجزائرية من خلال ربط الشمال بالجنوب. لذلك من الضروري إنشاء منظمة ، والقيام باختيار حكيم لنقاط أخذ العينات واستخدام المعدات المناسبة. ستكون نتائج التحليل قابلة للاستخدام فقط إذا كانت العينة ممثلة ، وتهدف الدراسة إلى تقديم الخصائص الرئيسية لمياه السهل. كما سيتمكن من معرفة أسباب تلوث المياه وتنفيذ الجدوى في مختلف التحليلات الفيزيائية والكيميائية لتزويد المستهلك بمياه صحية خالية من جميع الأجسام الأجنبية ووفقًا لمعايير الجودة الجزائرية. النتائج التي تم الحصول عليها في الخطة ، الجودة الكيميائية للمياه: التي تعتبر صلابتها وتمعدنها مهمة هي إظهار القيم أحيانًا تتجاوز قليلاً المعيار مع محتويات الكبريتات والكالسيوم ، وبدرجة أقل في الكلوريدات والبيكربونات. كما أكدت قابلية الشرب المقبولة.

الكلمات الدالة المياه الساخنة، الجودة، الينابيع الدافئة، المعلمة الفيزيائية الكيميائية زلفانة الخصائص

Résumé

Évaluation des caractéristiques physico chimiques des eaux thermales, Cas de la région de Zelfana –Ghardaïa

Les eaux sont l'une des sources importantes de la planète. Une eau potable de bonne qualité à un bon goût et ne présente pas d'odeur. A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un goût plus ou moins accentué dans l'eau. Ce travail consiste à évaluer la qualité physico- chimiques et bactériologiques des eaux thermales dans la municipalité de zelfana de la wilaya de Ghardaïa qui occupe une position centrale au nord du sahara Algérien en reliant le nord vers le sud.

l'étude a pour objectif de présenter les principales caractéristiques : des eaux de la plaine. Elle permettra aussi de connaître les causes de contamination des eaux et d'effectuer la faisabilité dans différents analyses physico-chimique pour fournir au consommateur une eau saine, exempte de tout corps étranges et conforme aux normes qualitatives algériennes.

Les résultats obtenus sur le plan, qualité chimique des eaux: dont la dureté et la minéralisation sont importantes est montrent des valeurs parfois dépassent légèrement la norme avec des teneurs en sulfates et Calcium, et à moindre degré en chlorures et bicarbonates. Elle a confirmée également une potabilité acceptable.

Mots clés :L'eau Thermale, Qualité, Source Thermale, Paramètre Physico-Chimique ,zelfana , caractéristiques

Abstract

Evaluation of the physico-chemical characteristics of thermal waters, Case of the Zelfana-Ghardaïa region

Waters are one of the important sources of the planet. Good quality drinking water tastes good and is odorless. In its natural state, a concentration of mineralization introduces a more or less accentuated taste into the water. This work consists in evaluating the physicochemical and bacteriological quality of the thermal waters in the municipality of zelfana of the region of Ghardaïa which occupies a central position in the north of the Algerian Sahara by connecting the north to the south.

the study aims to present the main characteristics: of the waters of the plain. It will also make it possible to know the causes of water contamination and to carry out the feasibility in various physico-chemical analyzes to provide the consumer with healthy water, free of all foreign bodies and in accordance with Algerian quality standards.

The results obtained on the plan, chemical quality of waters: whose hardness and mineralization are important is show values sometimes slightly exceed the standard with contents of sulphates and Calcium, and to a lesser degree in chlorides and bicarbonates. It also confirmed acceptable potability.

Key words: Thermal water, quality, Thermal spring, physicochemical 1 parameters, ZELFANA, characteristics

Liste d'abréviation

	Abriviation	Page
Tétra allométrique complet	TAC	31
Titre hydrométrique	TH	29
Résidu sec	R.c	31
Température	T^0	27
Total dissolved solide	TDS	28
Guifla	G	18
Hai Moujahdine	HM	18
Hammam Baraca	HB	18
Route Guerara	RG	18
Algérienne d'eau	ADE	18
Ethilin diamine titra acitique	EDTA	20
Organisation mondial de la santé	OMS	30
Milligramme par litre	Mg/L	38
Micro suemens par centimètre	$\mu\text{S/cm}$	26
Degré française	F	54
Conductivité électrique	CE	26
potentiel hydrogène	pH	19
Salinité	Sal	21

Liste des figure

Figure	Titre	Page
1	Situation géographique de la région de Ghardaïa (DPAT, 2014).	4
2	Précipitations de la région de Ghardaïa (info climat 2020).	5
3	Température minimale maximale et moyenne de la région de Ghardaïa (info climat, 2020)	6
4	Diagramme Ombrothermique du Bagnouls et Gausson de la région de Ghardaïa pour la période (2015 – 2022).	8
5	Position de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'Emberger pour la période de 2015 à 2022.	9
6	Le cycle d'eau. (Laborde, 2009)	13
7	Thermomètre	15
8	Spectrophotomètre	16
9	Etuve	16
10	Conductivité des eaux zelfana en $\mu\text{S}/\text{cm}$	26
11	Température des eaux zelfana en $^{\circ}$	27
12	TDS des eaux zelfana en mg/l	28
13	Salinité des eaux zelfana	28
14	Dureté des eaux zelfana mg/l	29
15	Résidu sec des eaux zelfana mg/l	31
16	TAC des eaux zelfana mg/l	31
17	ion calcium des eaux zelfana mg/l	31
18	Magnésium des eaux zelfana en mg/l	33
19	Sodium des eaux zelfana mg/l	33
20	Potassium des eaux zelfana mg/l	34

21	ion Chlorures dans les eaux en mg/l	34
22	Sulfate des eaux zelfana en mg/l	35
23	Nitrite des eaux zelfana en mg/l	36
24	Fer des eaux zelfana en mg/l	36
25	Phosphore et ortho phosphate des eaux zelfana en mg/l	37

Liste des tableaux

Tabl eau	Titre	Pag e
1	Données climatiques de Ghardaïa pour l'année 2020 (historique météo, 2020)	06
2	Géomorphologie et pédologie de la région d'étude (Ben Brahim, 2018).	09
3	Données climatiques à Zelfana	11
4	Conditions d'échantillonnage. G : Guifla, HM : Hai el Modjahidin, HB : Hammam el Baraka et RG : Route el Guerrara.	20
5	Caractéristiques des forages de prélèvement. G : Guifla, HM : Hai el Modjahidin, HB : Hammam el Baraka et RG : Route el Guerrara.	21
6	Données de la température des eaux de la plaine (2023) en mg/l	22
7	Données de la conductivité des eaux de la plaine (2023) en mg/l	23
8	Classification des eaux d'après leur pH.	24
9	Données de la turbidité des eaux de la plaine (2023) en mg/l	24
10	Données de la dureté des eaux de la plaine (2023) en mg/l	25
11	Données de la salinité des eaux de la plaine (2023) en mg/l	25
12	Données de Le Calcium des eaux de la plaine (2023) en mg/l	26
13	Données de Le Magnésium des eaux de la plaine (2023)	26
14	Données de Le Sodium et Potassium des eaux de la plaine (2023) en mg/l	27
15	Données de Les Sulfates des eaux de la plaine (2023) en mg/l	28
16	Données de Les Chlorures des eaux de la plaine (2023) en mg/l	28
17	Données des analyses chimiques (Avril, 2021)	33

18	Données des analyses chimiques (Avril, 2022)	34
19	Données des analyses chimiques (Avril, 2023)	35
20	Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2021) en mg/l	39
21	Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2022) en mg/l	40
22	Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2023) en mg/l	40
23	Normes des eaux Potables (OMS, France , Algérie)	47
24	Potabilité des eaux de la région d'étude (, 2021.2022, 2023)	48

sommair

INTRODUCTION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
CHAPITRE I	3
MATERIEL ET METHODES	4
1. Présentation générale de la région de Ghardaïa	4
1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa	4
1.2. Climat de la région	5
1.1.1. Pluviométrie.....	5
1.1.2. Température.....	5
1.2.3. Vents.....	7
1.2.4 Humidité relative.....	7
1.3. Synthèse climatique	7
1.4 Diagramme Ombrothermique De Bagnoles et Gausсен.....	7
1.5. Climagramme d'Emberger.....	8
1.6. Aspects géologiques de la région de Ghardaïa	9
1.7 Particularités pédologiques de la région de Ghardaï.....	9
1.8 Particularités géomorphologiques de la région de Ghardaïa.....	9
2. Description de la region de zelfana	10
2.1 Situation géographique de la région de zelfana	10
2.2. GENERALITES SUR L'EAU.....	11

2.2.1 Définition des eaux.....	11
2.2.2. Composition des eaux.....	12
2.2.3. Principaux types d'eaux.....	12
a-eaux de surface.....	12
b- eaux souterrains.....	12
2.2.4 le cycle hydrologique.....	12
2.2.5 définition des eaux thermales.....	13
2.2.6 législation des eaux thermales.....	14
3.Choix de la région d'étud.....	15
3.2. laboratoire d'Analyse physico- chimiques.....	15
3.3. Echantillonnage.....	17
3.4 tiqnique de prelevements.....	17
3.5. Transport et conservation de l'échantillon.....	17
3.6. Dosage et description des paramètres physico-chimiques.....	18
3.7. Caractéristiques physico-chimiques des eaux.....	18
3.7.1. paramètres physiques.....	19
3.7.2.Température.....	19
3.7.3.conductivité.....	19
3.7.3 potentiel hydrogène (pH).....	19

3.7.4. Turbidité.....	20
3.7.5. dureté.....	20
3.7.6. salinité.....	21
3.7.2. paramètres chimiques.....	21
A) cations.....	21
3.7.2.1. dosage de Calcium (Ca^{2+})... ..	21
2. Magnésium (Mg^{2+}).....	21
3.7.2.2 Sodium et Potassium (Na^+ , K^+).....	22
B) ANIONS.....	23
3.7.3.1. Bicarbonates (HCO_3^-).....	23
3.7.3.2 Sulfates (SO_4^{2-}).....	23
3.7.3.3 Chlorures (Cl^-).....	24
3.7.3.4. Nitrates (NO_3^-).....	24
CHAPITRE II.....	25
RESULTATS ET DISCUSSION	25
1.1. Résultats d'analyse physico-chimique	26
1.2.1 INTERPRETATIONS DES PARAMETRES PHYSIQUES.....	26
INTERPRITATION DES PARAMETRES PHYSIQUES.....	26
1.2.1. 1. PH	26
1.2.1. 2. CONDUCTIVITÉ	26
1.2.1. 3. TEMPÉRATURE	27

1.2.1. 4. Total dissolved solide.....	28
1.2.1.5. Salinité.....	28
1.2.1.6. Dureté totale	29
1.2.1.7. Résidu sec.....	31
1.2.1.8. Tétra alcalimétrique complet.....	31
1.2.2. Interprétations des paramètres chimiques.....	32
1.2.2. 1. calcium	32
1.2.2. 2. magnésium	32
1.2.2. 3. sodium	33
1.2.2.4.potassium.....	34
1.2.2. 5. chlorure	34
1.2.2. 6. sulfate	35
1.2.2. 7. nitrite.....	36
1.2.2. 8 . fer	36
1.2.2. 9. Phosphore et ortho phosphate.....	37
CONCLUSION.....	38
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	40
ANNEXES	45

introduction

Introduction

L'eau constitue un élément vital, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, c'est la seule source de la vie son absence peut marquer la fin de toute existence vivante sur terre. L'eau forme 60 à 90% en poids dans la constitution des animaux et végétaux. L'homme a besoin de 25 à 50 g d'eau par kilogramme de son poids pour vivre dans les conditions normales, c'est-à-dire 2 à 3 litres par jour.

L'Algérie a fait preuve de richesse en eaux sources thermales et minérales depuis longtemps. Ces eaux ont été convoitées depuis des lustres par les différentes expéditions coloniales, les vandales par la suite, les romains, les turcs et enfin de façon très particulière par les militaires, les médecins, les pharmaciens, les laborantins français qui se sont intéressés de près à cette denrée et à son usage thérapeutique. Les vertus de ces eaux, chaudes ou froides selon le cas, ont été non seulement démontrées théoriquement mais surtout expérimentées sur terrain. Il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir à l'homme une quantité suffisante pour ces besoins mais aussi pour lui assurer une irréprochable qualité, pour cela ce droit fait l'objet de nombreux contrôles physique chimique.

Pour contrôler la qualité d'une eau il est nécessaire d'effectuer des analyses qui révèlent la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension et en nombre de ces composants. Ces composants ont une origine naturelle en provenance des roches, du sol et de l'air ou de la vie humaine et animale de la région environnante. C'est la quantité et la qualité de ces divers constituants qui définissent une eau et précisent ses aptitudes aux diverses utilisations.

Cette étude est menée dans le but de constater la qualité de l'eau, des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les eaux thermales prélevés dans la wilaya de Ghardaïa, en vue de déterminer la qualité, et les normes qui fixe la quantité inférieure à ne pas dépasser afin de ne pas nuire la santé publique et assurer un confort pour les usagés.

A cet effet ce travail a été réalisé en deux chapitres essentielles :

- un chapitre matériel et méthode qui retrace la qualité physico-chimique des eaux thermales.

- Une chapitres résultats et discussion qui relate, les matériel et méthodes utilisées dans l'approche pratique et expérimentale.

- Et enfin la dernier partie est consacrée à la discussion des résultats afin de valoriser l'aspect qualitative physico-chimique des eaux thermales prélevées dans la région d'étude à savoir zelfana.

Chapitre I

Matériel et Méthodes

1. Présentation générale de la région de Ghardaïa

1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa

Ghardaïa se situe au centre de la partie nord du Sahara algérien. À environ 600 Km au sud de la capitale du pays, Alger. Géographiquement entre l'altitude 480 m, latitude 32° 30' nord et longitude 3° 45' est (Fig. 1). Elle comporte actuellement 8 communes regroupées en 7 Dairas pour une population de 396.452 habitants, soit une densité de 4,68 habitants/ km² Elle couvre une superficie de 86.560 km². (DPAT, 2009).

Elle est limitée (Dahou, 2014).

- ✓ au nord par la wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- ✓ au nord est par la wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- ✓ à l'est par la wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- ✓ au sud par la wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- ✓ au sud- ouest par la wilaya d'Adrar (400 Km) et à l'Ouest par la wilaya d'El-Bayad (350 Km) (Dahou, 2014).



Figure 1: Situation géographique de la région de Ghardaïa

1.2. Climat de la région

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat aride saharien

Chapitre I Matériel et Méthodes

1.2.1. Pluviométrie

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles varient entre 0 mm à 5.30 mm entre les mois de février et avril et entre 9 mm et 12 mm pendant la période de mai et de décembre (Fig.2), Les pluies sont généralement torrentielles et durent peu de temps. (info- climat 2020. Ghardaïa).

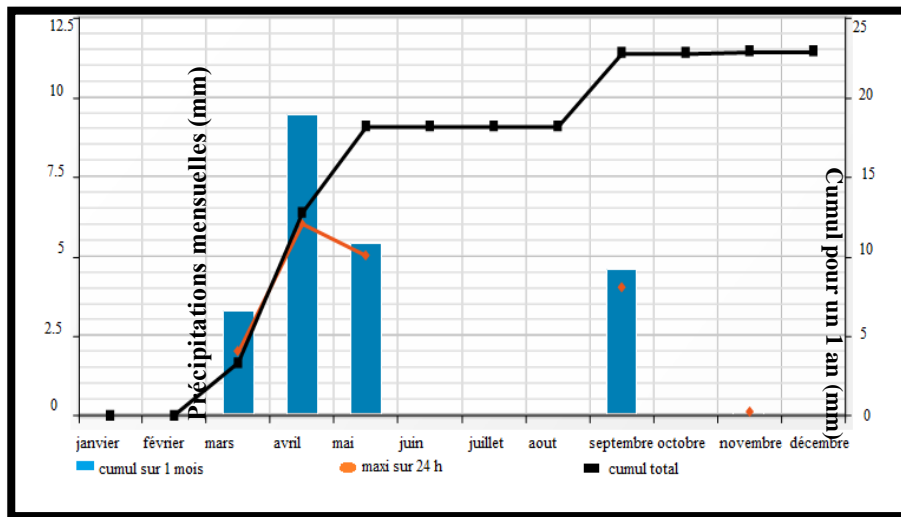


Figure2: Précipitations de la région de Ghardaïa (info climat 2020).

1.2.2. Température

Elle représente un facteur de toute première importance du fait qu'elle peut contrôler à l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003). Elle dépend de la couverture nuageuse, de la latitude, de l'exposition ainsi que de la présence d'un grand plan d'eau (FAURIE et al., 2011). La température mensuelle maximale, minimale et moyenne enregistrée dans la région de Ghardaïa au cours de 2022 et des huit ans (2015 à 2022). (Figure 3 et Tableau 1).

Chapitre I Matériel et Méthodes

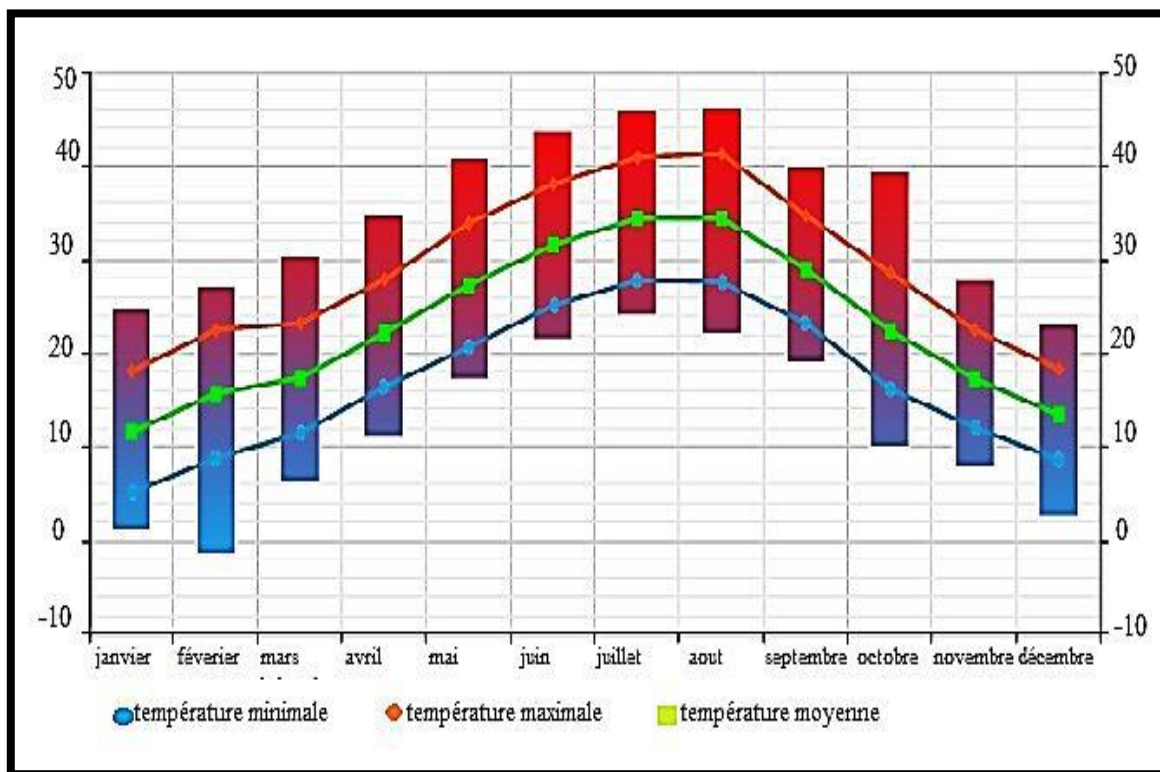


Figure3: Température minimale maximale et moyenne de la région de Ghardaïa (info- climat, 2020)

Mois	Tmin(C°)	Tmax(C°)	TMoy(C°)	H (%)	P (mm)	V.V (km/h)
Janvier	10	17	13	47	1	15
Février	14	22	18	40	1	16
Mars	15	29	19	46	23	14,17
Avril	20	27	24	39	11	26
Mai	23	34	28	31	1	26
Juin	27	38	32	29	1	23
Juillet	30	40	35	25	4	17
Août	28	44	35	26	1	17
September	25	38	30	41	15	17
October	18	28	23	45	2	19
Novembre	14	22	18	55	4	19
Décembre	9	18	14	63	1	23

Tableau 1: Données climatiques de Ghardaïa pour l'année 2020 (historique météo, 2020)

Chapitre I Matériel et Méthodes

1.2.3.Vent

Le vent est un agent de dispersion de la faune et de la flore, qui a un effet indirect sur la température et l'humidité (DAJOZ, 2006). Selon DUBIEF (1964), le vent est un phénomène continu dans le désert où il joue un rôle considérable dans l'érosion intense causée par les particules de sable qu'il transporte. Valeurs du vent pour les huit dernières années (2015 à 2022) de la région de Ghardaïa sont données dans le tableau 2

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	moy
(km/h)	15.0	15.4	15.8	16.6	16.4	16.1	14.7	13.7	13.7	13.4	13.9	14.6	14.94

Tableau 2: Valeurs des précipitations pour les huit dernières années (2015 à 2022) pour la région de Ghardaïa. D'après fr.weatherspark.com (2023)

1.2.4. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. Elle est de l'ordre de 25 % en mois de juillet et atteignant un maximum de 47 % en mois de janvier.

1.3. synthèse climatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz, 1985). Il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région de Ghardaïa et préciser sa localisation à l'échelle méditerranéenne.

1.4. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Il est réalisé en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le second axe parallèle en prenant soin des doubles échelles par rapport à celle des précipitations (FAURIE et al., 2011). La saison aride apparaît quand la courbe des précipitations se positionne au-dessous de celle des températures (FAURIE et al., 2011). Indique l'existence d'une période sèche qui s'étale sur tous les années. (fig.4)

Chapitre I Matériel et Méthodes

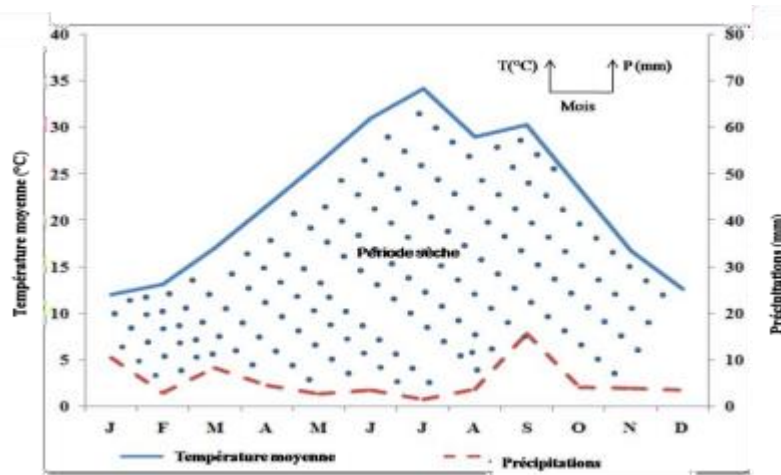


Figure 4 :Diagramme Ombrothermique du Bagnouls et Gausson de la région de Ghardaïa pour la période (2015 – 2022).

1.5.Climagramme d'Emberger

Laridité dépend de l'amplitude thermique annuelle, c'est-à-dire de l'écart entre la température maximale du mois le plus chaud et la température minimale du mois le plus froid (OZENDA, 1958). Le quotient pluviothermique d'Emberger permet le classement des différents types de climat (DAJOZ, 1971). Emberger propose une formule plus élaborée qui tient compte de la variation des températures et des précipitations annuelles (DAJOZ,1971).Son quotient pluviothermique Q3 sont données par la formule suivant :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Q3:Quotient pluviométrique d'Emberge

P:Précipitations moyennes annuelles exprimées en mm;M: Moyennes mensuelles des températures maximales exprimées en °C. m:Moyennes mensuelles de la température minimale

exprimées en °C. La position de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'Emberger pour la période de 2015 à 2022 indique que la région appartient à l'étage bioclimatique saharien (fig. 5).

Chapitre I Matériel et Méthodes

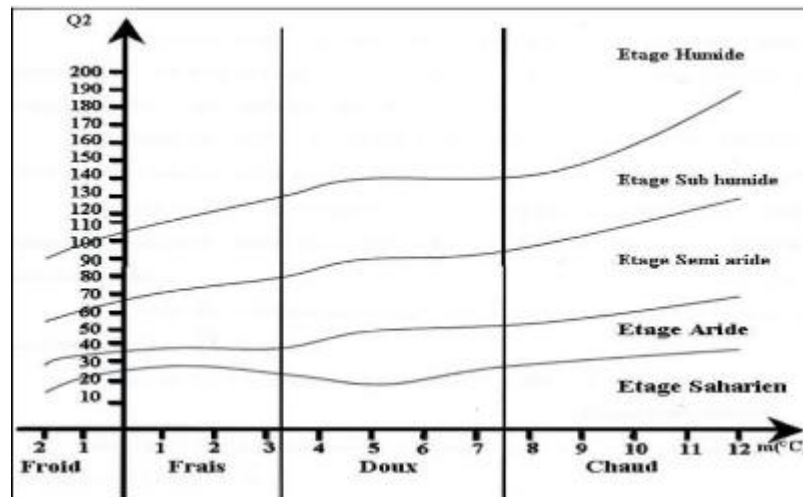


Figure 5: Position de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'Emberger pour la période de 2015 à 2022.

1.6. Aspects géologiques de la région de Ghardaïa

Selon l'Agence nationale des ressources en eau A.N.R.H. (2012), la région de Ghardaïa est située à la frontière occidentale du bassin sédimentaire secondaire saharien, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment la dorsale du Mزاب. L'épaisseur des massifs calcaires croisés par les forages est de l'ordre de 110 mètres. Sous le calcaire de Turonie se trouve une couche imperméable de 220 mètres d'argile verte et de marne riche en gypse et anhydrite, attribuée au céno-manien. Le stade albien est représenté par une grande masse de sables sablonneux fins et d'argiles vertes. Des dépôts alluviaux quaternaires faits de sable, de galets et d'argile tapissent le fond des vallées de ued dorsal, avec une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces dépôts alluvionnaires abritent une nappe phréatique superficielle.

1.7. Particularités pédologiques de la région de Ghardaïa

De façon générale, les sols de la région de Ghardaïa sont des squelettes causés par érosion éolienne (BALAIS, 2010). Toutefois, ils sont souvent caractérisés par la présence à la surface d'une argile abondante du type «hamada», par contre les dépressions sont plus riches grâce à l'accumulation des dépôts alluviaux (BALAIS, 2010).

1.8. Particularités géomorphologiques de la région de Ghardaïa

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques direction de la planification et de aménagement du territoire D.P.T.A (2005) qui sont :

Chapitre I Matériel et Méthodes

□ La Chabka du MZab, occupe une superficie d'environ 8000km², représentant 21% de la région du MZab.

□ La région des Daïa occupe une petite partie de la région de Ghardaïa, localisée dans la commune de Guerrara. Elle s'étend du Sud de Atlas saharien jusqu'au méridien de Laghouat.

□ La région des Ergs, située à l'Est de la région d'étude et de substratum géologique pliocène. Elle est représentée par l'abondance des Regs qui sont des sols solides et caillouteux. Cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (COYNE, 1989).(Tableau 2)

	Formes géomorphologiques						Types de sols	Références
	Erg	Reg	Sebkha	Lit d'Oued	Hamada	Chebka		
Ghardaïa	+	+	-	+	+	+	- Roches calcaires. - Dominance d'un faciès gypseux	PASSAGER, 1958 ; URBATIA, 1996
+ : présence						- : Absence		

Tableau 2: Géomorphologie et pédologie de la région d'étude (Ben Brahim, 2018).

2.Description de la region de zelfana

Avant son urbanisation , la région de zelfana était pratiquement le seul point de rencontre reliant le sud - est,au sud-ouest et le centre . elle était le carrefour de toutes les caravanes se dirigeant vers n'importe quelle direction . après le forage de premiers puits en 1947, zelfana une grande activité urbaine ,ou se sont fixés les habitants venus des villes avoisinantes metlili Ghardaïa et Ouargla, composés surtout de fellah éleveurs pour sa donne à leur fonction dont la principale est la culture des palmiers (APS2011) la réputation de zelfana s'est faite en grande partie autour de ses sources thermales et de leur eaux hautement curatives .la ville de zelfana a été au rang de daïra en 1985, et rang de wilaya en 1991 (APS.2011).

2.1. Situation géographique de la région de zelfana

La ville de zelfana se situe à 56km de chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa , et à 40km à l'est de la route l'union africaine. elle se situe 60km au sud de Guerrara et à 665km au sud et de la capitale Alger (APS.2011).

Chapitre I Matériel et Méthodes

Les villes limitrophe de la commune de Zelfana sont (APS.2011).

- _ Au nord: commune de Guerrara ;
- _ Au sud: commune de Metlili chaamba ;
- _ A l'est: wilaya de Ouargla ;
- _ A l'ouest: commune d'Elattef

La ville de Zelfana est à 43km seulement de l'aéroport internationale Moufidi Zakaria . la ville est composée quatre grands quartiers: Guifla , Zelfana , El Oued . hassi nour (APS.2011).

Climat :

Zelfana a un climat désertique chaud, avec des étés très chauds et des hivers doux, et très peu de précipitations.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	4,2	6,2	8,9	12,9	16,9	22,1	25	24,5	21,2	14,7	8,9	5,1	14,2
Température moyenne (°C)	10,4	12,8	15,8	20,7	24,8	30,3	33,8	33	28,3	21,5	15	11,2	21,5
Température maximale moyenne (°C)	16,7	19,5	22,8	28,5	32,8	38,5	42,7	41,6	35,5	28,4	21,2	17,4	28,8
Précipitations (mm)	7	4	9	5	3	2	1	1	4	6	8	7	57

Tableau 03 : Données climatiques à Zelfana (Source : climate-data.org).

2.2.Généralités sur l'eau

2.2.1. Définition des eaux

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie de tous les êtres vivants (Larousse, 2002). La formule chimique de l'eau est H₂O. L'eau que l'on trouve sur terre est rarement un composé chimique pur, l'eau courante étant une solution d'eau, de sels minéraux et d'autres impuretés. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs

Chapitre I Matériel et Méthodes

solutions mais cette eau n'est pure qu'à 99% : il s'agit en core d'une solution aqueuse.

2.2.2. Composition des eaux

L'eau est un corps dont l'unité de base est une molécule, notée H₂O, formée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène par des liaisons covalentes: chaque atome d'hydrogène partage ainsi avec l'atome d'oxygène une paire d'électrons (Densité 1 g/cm³, Point d'ébullition 100°C, Formule H₂O, Point de fusion 0°C, Masse molaire 18,01528 g/mol.

2.2.3. Principaux types d'eaux

a-Eaux de surface :

Selon (Lanoix et Roy, 1976) les eaux de surface se constituent par les eaux de pluie récoltée, l'eau de rivières, lacs, étangs, et l'eau de mer et sont recueillies par des citernes et aires de captage d'eau de pluie, de barrages et prises pour les rivières, et autres eaux superficielles. On distingue trois types d'eau de surface : moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont.(Raymond, 1997).

b- Eaux souterraines :

Selon (Lanoix et Roy, 1976), les eaux souterraines se sont des eaux qui se localisent dans le sous-sol ou elles apparaissent sous forme de source en émergence. Auxquels sont rattrapés par des puits, bassins de captage de source et des galeries d'infiltration. Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes.

2.2.1.4.4. Le cycle hydrologique de l'eau :

Selon (Laborde, 2009), le cycle hydrologique se constitué par l'ensemble de chemins que les particules d'eau peuvent suivre. Cependant ces mouvements et les changements d'état peuvent se forme dans l'atmosphère, le sol et les sols souterrains. Par ailleurs, la particule de l'eau n'effectue qu'une partie de ce cycle, et la durée varie énormément : une goutte de pluie peut retourner dans l'océan en quelques jours, tandis qu'en montagne sous forme de neige peut prendre des décennies.

En effet l'évaporation se forme sous l'action du rayonnement solaire en transformation de l'eau de l'océan et des surfaces libres en phase gazeuse. Cette vapeur d'eau monte et se condense en gouttelettes dans l'atmosphère. (Laborde, 2009).

Chapitre I Matériel et Méthodes

Ensuite cette la réaction de condensation s'effectue par la tombe de l'eau dans l'océan et dans la terre sous forme de précipitations liquides (pluie) ou solides (neige ou glace). Or dans la végétation le processus de photosynthèse se caractérise par en absorption une partie et redistribue l'eau à l'atmosphère par transpiration. Le terme évapotranspiration comprend la transpiration des plantes et l'évaporation de l'eau libre des continents et des océans. (Laborde, 2009).

Il y'avait une partie de l'eau de pluie qui ne s'évapore dans laquelle constitue par une eau de pluie efficace. Ce pendant l'utilisation de ce dernier est spécialement dans le ruissellement de surface, l'infiltration profonde, pour recharger les aquifères ou stocker dans les premiers mètres du sol. (Laborde, 2009).

D'après (Musy, 2006), l'évapotranspiration l'une les différentes parties du cycle de l'eau, et qui se présente par le point le plus difficile à évaluer. Contrairement pour la précipitation ou débit de l'eau qui n'est pas bien déterminée pourtant peut être utilisée comme une méthode quantitative satisfaisante ou il est difficile d'estimer directement le débit de vapeur d'eau dans l'atmosphère C'est pour cela nous utilisons la formule empirique (Fig.6).



Figure 6: Le cycle d'eau. (Laborde, 2009)

2.2.1.4.5. Définition des eaux thermales :

Selon (Geze, 2006) une eau thermale est une eau minérale naturelle, c'est-à-dire une eau avec une série de propriétés qui peuvent lui conférer des propriétés bénéfiques pour la santé.

Contrairement à l'eau de source, l'eau minérale naturelle n'a pas besoin d'être consommée naturellement. Il contient des minéraux, du sel, du gaz et des boues, qui ont un effet efficace sur la santé.

L'eau minérale naturelle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, et témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de

Chapitre I Matériel et Méthodes

composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée. (Geze, 2006).

2.2.1.4.6.Législation régissant les eaux thermales :

Les eaux thermales doivent être administrées au public, tel qu'elles se présentent à l'émergence, c'est-à-dire que leur composition en éléments minéraux ne doit pas être modifiée.

Toutefois, dans certaines conditions fixées par le décret, sont autorisés certains traitements, dont la séparation des éléments instables par décantation ou filtration, sans modifier l'eau dans sa composition en éléments essentiels. L'élimination de gaz carbonique par des moyens mécaniques uniquement, est autorisée, de même que l'adjonction ou la réincorporation de gaz carbonique. (Schwenke, 2007).

Les conditions d'exploitation sont sous la surveillance de la DDASS (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales), de la DRIR (Direction Régionale d'Industrie et de la Recherche) et du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières).

□ Autorisations nécessaires à l'exploitation d'une eau thermale pour pouvoir exploiter une source, il est nécessaire de réunir différentes autorisations, procédure qui demande environ une dizaine d'années. (Schwenk, 2007).

□ Autorisation d'utilisation de la source selon le journal officiel du 27 Mars 1957, une étude sur la source agréée doit être soumise au gouverneur et à la DRIR pour enquête locale, qui a écouté les conseils de la collectivité territoriale. (Schwenk, 2007).

□ Déclaration d'intérêt public l'autorisation est facultative, mais si elle est acceptée, elle permet de définir l'étendue de la protection autour de la source pour éviter sa contamination. Cette déclaration d'intérêt général est définie par un décret du Conseil d'État. (Schwenk, 2007).

□ Limite de protection sanitaire après la déclaration d'utilité publique, la limite peut être définie par arrêté en Conseil d'État. Dans ce cas, le propriétaire et tout tiers doivent demander une autorisation préalable pour tout travail. (Schwenk, 2007).

□ Méthode de contrôle à la source les procédures de contrôle adoptées par la DDASS comprennent l'analyse et le suivi de la qualité de la ressource en eau et de ses différents usages, et le coût du laboratoire agréé est à la charge de l'exploitant. Ces inspections sont généralement

Chapitre I Matériel et Méthodes

effectuées 3 fois par an. Par ailleurs, la DDASS procède elle-même à des inspections annuelles pour toutes les finalités, de la collecte à l'utilisation. (Schwenk, 2007)

3.3.1.Choix de la région d'étude

Pour connaître et avoir une idée sur la région en question (Zelfana - Ghardaïa), nous avons fait des sorties de prospection à la zone au mois de Février 2023. Cette région à des potentialités touristiques énormes surtout elle est caractérisée par des sources hydrothermales. Afin d'identifier, d'étudier et de voir les caractéristiques de ces sources, un échantillonnage a été mis en place dans ce context

3.3.2.Prélèvement et stage pratique.

3.3.4.1. laboratoire d'Analyse physico- chimiques

Notre partie expérimentale de cette étude a été réalisée dans laboratoire.L'analyse physico-chimique au niveau de laboratoire de l'ADE est effectuée par un appareil multi électrodes pour la mesure du pH et pour les autres paramètres (la conductivité TDS, et la température).Le laboratoire est doté par un matériel important tel que (Balance de Précision,agitateur chauffant, dispositifs en verre, spectrophotomètre, appareil multi paramètre, Bécher, Pissettes d'eau. Pipette...etc).

❖ Multi paramètre : est un appareil permettant la mesure de différents paramètres chimiques comme la mesure de pH, la conductivité, la température , TDS... L'appareil change de mode en fonction de la sonde qui lui est connectée.

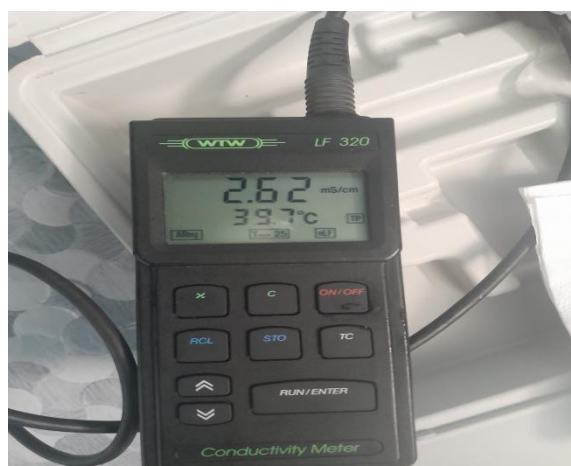


Figure 7 : Thermomètre

Chapitre I Matériel et Méthodes

❖ Spectrophotomètre : Un spectromètre, ou spectroscopie, est un appareil qui permet d'effectuer une mesure spectrométrie de absorbante d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une région donnée du spectre. Selon la loi de Beer-Lambert, absorbante d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe Matériels et méthodes 21 les rayons lumineux. C'est pourquoi la longueur d'onde est réglée en fonction de la substance dont on veut connaître la concentration.



Figure 8 : Un spectrophotomètre

❖ Étuve: Une étuve de laboratoire est un appareil de chauffage fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique (parfois sous vide ou sous gaz neutre) et permettant d'effectuer divers traitements thermiques à température réglée. Les laboratoires d'analyse ou de recherche en sont souvent pourvus.



Figure 9:Une étuve

Chapitre I Matériel et Méthodes

2. Echantillonnage :

L'étude a été menée sur des échantillons des eaux souterrain de manière aléatoire pour analyse des eaux thermales provenant de (04) forage dans la zone d'étude pour la période février 2023 . L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

3. Technique du prélèvement :

Le prélèvement d'échantillons d'eau est une opération délicate qui doit être très prudente, elle conditionne les résultats de l'analyse et l'interprétation à en donner. Pour les robinets, l'eau doit pouvoir s'écouler pendant un certain temps, jamais moins de 10 Minutes.

La quantité d'eau nécessaire pour l'analyse est de 1 Litre, 500 ml (flacon) pour l'analyse physico-chimique et 500 ml (flacon en verre) pour l'analyse du fer lors de l'échantillonnage, pour l'analyse chimique, la bouteille d'échantillon sera rincée à nouveau avec l'eau à analyser 3 fois, puis la bouche de la bouteille sera remplie.

Le couvercle doit être placé de manière à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air et qu'il n'apparaisse pas pendant le transport.

3.3.6. Transport et conservation de l'échantillon

Depuis le prélèvement jusqu'aux analyses et contrôles, il faut prendre toutes les précautions pour stabilisé quantitativement et qualitativement la flore présente au moment du prélèvement, pour cela il faut :

- que le délai entre le prélèvement et l'analyse doit être aussi court que possible.
- une conservation à basse température pendant toute la durée du transport et de stockage
- la conservation à basse température stabilise la microflore présente.

Tableau 04 :Conditions d'échantillonnage. G : Guifla, HM : Hai el Modjahidin, HB : Hammam el Baraka et RG : Route el Gurara.

Forage	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Climat de la journée	T (°C) de la journée
G	06/02/2023	10:30	Ensoleillé et froid	16
HM		11:00		16
HB		11:30		16
RG		18:30		17

3.3.7.Dosage et description des paramètres physico-chimiques

L'étude de la chimie des eaux est une étape nécessaire pour mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques des eaux. Les points d'eaux inventoriés sur le terrain effectués en 2023, ont fait l'objet de mesures et d'analyses au laboratoire de l'ADE de Ghardaïa (Tableau.05).

Tableau 05: Caractéristiques des forages de prélèvement. G : Guifla, HM : Hai el Modjahidin, HB : Hammam el Baraka et RG : Route el Guerrara.

Forage	Année de réalisation	Année de mis en service	Cordonnées du forage			Débit (l/s)
			X	Y	Z	
HB	2013	2013	441317	322340	354	41,7
RG			441335	322421	362	20,0
G			441420	322311	357	18,3
HM			441411	322347	355	20,3

3.3.8.Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Les analyses chimiques réalisées sur les échantillons d'eau, portent sur deux types de paramètres :

- les paramètres physiques mesurés généralement sur terrain, il s'agit de la température, la conductivité, le pH et la turbidité de l'eau ;

- les paramètres chimiques, ce sont les ions majeurs : les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+} et Fe^{2+}) et les anions (Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} et PO_4^{-}) et d'autres éléments (fer, résud sec, phosphore, orthophosphate) .

Chapitre I Matériel et Méthodes

3.3.8.1. Les paramètres physiques

3.3.8.2. Température

Principe : La température est mesurée par un thermomètre et les valeurs obtenues sont estimées en °C.

Mode opération :

La température a été mesurée au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre électronique.

3.3.8.3. PH, et de Conductivité électrique :

Mode opération de conductivité :

- Bien mélanger l'échantillon et vers 100 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Introduire l'électrode dans l'eau analysée et lire la valeur sur le conductimètre.
- Rincer l'électrode avant chaque mesure

Principe :

La mesure de PH, et de conductivité d'une solution s'appuie sur la mesure de potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution. Le PH égale au cologarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ion H⁺

Mode opération de PH:

- Bien mélanger l'échantillon et vers 100 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Introduire l'électrode dans l'eau analysée et lire la valeur sur le PH-mètre.
- Rincer l'électrode avant chaque mesure.

Remarque :

Ces analyses auraient dû être faites sur place, mais malheureusement elles ont été faites après 24heures en raison d'un manque de matériels.

Chapitre I Matériel et Méthodes

pH < 5 Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles

pH=7 pH neutre 5.5 < pH < 8 Neutralité approchée => majorité des eaux de surface pH=8

Majorité des eaux souterraines

3.3.8.4. Turbidité

La turbidité est un indice de la présence des particules en suspension dans l'eau. Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre.

- Mode opératoire
- Mettre en marche le turbidimètre.
- Agiter l'échantillon et remplir la cuve.
- Essuyer la cuve avec le papier absorbant afin de ne pas laisser les traces dessus.
- Introduire la cuve dans son emplacement dans l'appareil et fermer le couvercle.
- Noter la première valeur affichée

3.3.8.5 dureté

Principe :

La dureté totale détermine la concentration du calcium et du magnésium dissous. Les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} sont titrés par complexométrie avec une solution de l'EDTA à un pH=10.

L'EDTA réagit avec les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} libres puis au point d'équivalence, les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} combinés avec l'indicateur et la couleur vire du violet au bleu.

- Réactifs
- Solution de l'EDTA 0.01 mol/l.
- Solution tampon pH=10.1.
- Indicateur coloré.
- Mode opératoire
- Prendre 50ml d'échantillon dans une fiole de 100ml.
- Ajouter 4ml de la solution tampon.
- Ajouter 3 gouttes de noir eriochrome (dont la solution doit se colorer en rouge foncé violet).

Chapitre I Matériel et Méthodes

- Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage bleu.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.
- Expression des résultats

$$\text{Mg / l (Ca}^{2+}\text{+Mg}^{2+}\text{)} = 20 \times V_{TH} \times F$$

$$\text{Mg / l Mg}^{2+} = (V_2 - V_1) \times 4,8 \times F$$

F : facteur de correction du titre de l'EDTA.

3.3.8.6. salinité

La salinité désigne la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau.

- Mode opératoire

Après avoir noté la conductivité, appuyer sur la touche « SAL » et noter la valeur affichée.

3.3.9.2. Les paramètres chimiques

A) cations

3.3.9.1. Dosage du Calcium (Ca²⁺) et du Magnésium (Mg²⁺) :

Principe : Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence du Murexide, l'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions calcium libres puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur coloré qui vire alors de la couleur rouge au violet.

- Mode opératoire** :

(V1) Ca²⁺:

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- Ajouter du Murexide.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage à la couleur violet.
- Noter le volume d'EDTA versé.

(V2) Ca²⁺+Mg²⁺:

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NH₄OH (10,1).
- Ajouter le noir Eriochrome (l'indicateur coloré).
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage à la couleur bleu.

Chapitre I Matériel et Méthodes

Noter le volume d'EDTA versé.

Expression des résultats :

La détermination du Calcium en mg/L est donnée par la formule suivante:

$$Ca^{+2} = V_1 \times 8.016.$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

La détermination du Magnésium en mg/L est donnée par la (Mg^{2+}) formule suivante:

$$(V_2 - V_1) \times 4.86 \text{ où :}$$

✓ V_2 : Volume total d'E.D.T.A de (Ca^{+2}).

✓ V_1 : Volume (Mg^{+2})

3.3.9.2. Le Sodium et Potassium (Na^+ , K^+) :

4.2.2.2. Dosage du sodium (Na^+):

Principe : photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus, aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalino-terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium, etc. ...) sont généralement sous forme de sels.

L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Mode opératoire :

Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert

Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.

Allumer la flamme à l'aide du bouton noir (IGNITION) sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage (FLM) en rouge sur l'écran.

Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.

Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton (fuel) jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée.

Optimiser à zéro à l'aide du bouton (Blank).

Laisser se stabiliser 5 à 10 Minutes.

Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de (Na^+) à 10 mg/L.

Optimiser à 10 mg/L à l'aide du bouton (FINE).

Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de (Na^+) à 10 mg/L et remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).

Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de (Na^+) à 10 mg/L et vérifier si l'écran affiche (10).

Chapitre I Matériel et Méthodes

- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon). A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

a) anions

1. Bicarbonates (HCO_3^-) Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

2. **Principe** : La réaction consiste en la détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser les niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TAC), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).
3. **Mode opératoire** :
4. Prendre 100 ml d'eau à analyser.
5. Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3
6. Expression de résultat :
7. $[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/L} = \text{VA} \times \text{MHCO}_3^- \cdot \text{HCO}_3^-] \text{ mg/L} = \text{VA} \times 61$. VA : Volume d'acide versé. (HCl) MHCO₃⁻ : masse des bicarbonates (HCO₃⁻).

4.2.1.4. Dosage de sulfate (SO_4^{2-})

- Principe** : Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl₂.
- Mode opératoire** :
- Prendre 10ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Effectuer la lecture Spectrophotométrie

Chapitre I Matériel et Méthodes

4.2.1.3. Dosage du chlorure (Cl^-)

Principe :

L'expérience consiste en une réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

Mode opération :

Prendre 5ml d'eau à analyse.

Ajouter (3) gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4) (coloration jaunâtre).

Titrer la solution par addition de goutte à goutte avec AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

4.2.1.2. Dosage de nitrate (NO_3^-) :

Principe : en présence de salicylate de Sodium, les Nitrates donnent du par anitrosnylate de Sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Chapitre II

Résultats et discussion

Chapitre II :Résultats et Discussion

I.1. Résultats d'analyse physico-chimique

Tableau 19: Données des analyses chimiques (Zelfana, 2023)

2023		TURB	COND	SAL	TDS	T	K	Na	SO4-2	TH	Ca+	Mg+	TAC	Cl	NH4+	P	fe+	No-2	O2	Cth	Ctac	RS
	HM	0,208	2370	1,1	1397	37,5	12	256,25	373,4	636	123,446	79,704	246,44	436,78	/	0,015	0,019	0	7,64	97,704	246,44	1638
	RG	0,344	2050	1,2	1355	37,1	10	205,55	536,4	608	133,065	67,068	234,24	/	/	0	0,101	0	7,89	67,068	234,24	1572
	HB	/	2340	1,1	1450	40,7					139,478			484,99	/				7,56	75,816	265,96	
	G	0,457	2070	1,1	1361	27,6	12	195,45	343,8	660	168,36	58,32	258,64	401,32	/	0	0,08	0	8,45	58,32	258,64	1540

I.2. Interprétations des résultats

I.2.1. Interprétations des paramètres physiques

I.2.1. 1. PH

La réglementation algérienne indique que le pH doit être compris entre **6,5** et **8,5**. On a obtenu après l'analyse de l'eau brute un **pH qui oscille entre 6,50** et **8,16**. on constate que ces résultats sont conformes aux normes

I.2.1. 2. Conductivité

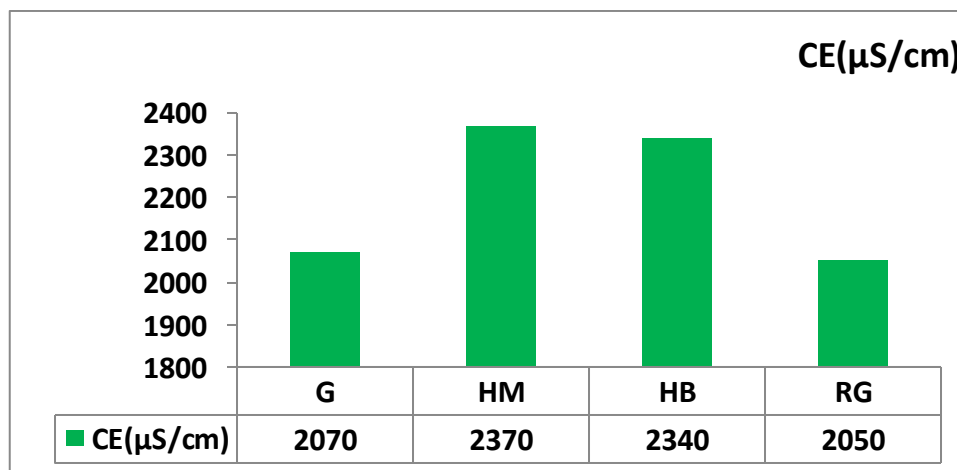


Figure 10: Conductivité des eaux Zelfana en µS/cm

Les analyses de la conductivité électrique ont donné pour le forage de (G) des valeurs de **2070 µS/cm**, **2370 µS/cm** pour le forage de (HM), **2050 µS/cm** pour le forage de (RG) et **2340 µS/cm** pour le forage de (HB).

Chapitre II :Résultats et Discussion

Ces résultats montrent des valeurs inférieures à celles enregistrées en 2021 (2340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la (HM) , 2310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour (RG) et 1952 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour (HB) en 2022 enregistrent pour(RG)2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$,pour HM2330 $\mu\text{S}/\text{cm}$,pour (HB) 1933 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement .

Les valeurs obtenus sont conformes aux les normes algériennes 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25 C° . La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau .une conductivité électrique élevée traduit une salinité élevée.

I.2.1. 3. Température

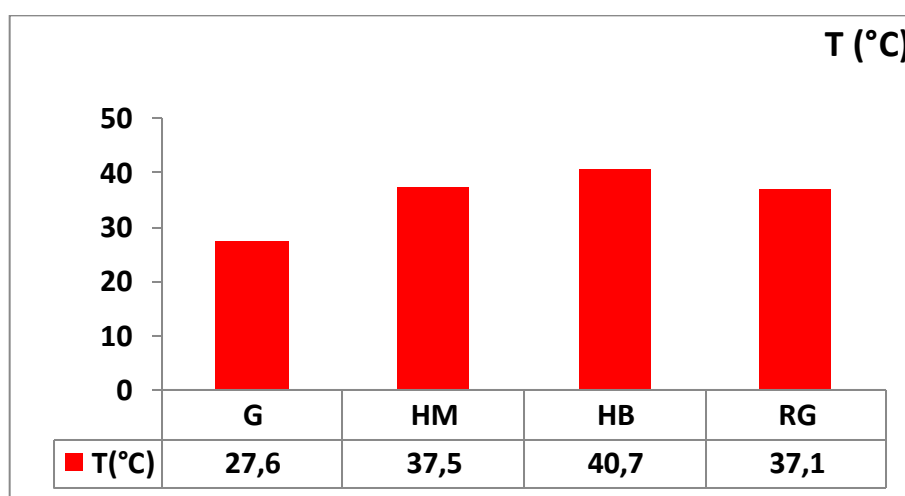


Figure 11: Température des eaux Zelfana en °C

Les analyses des températures des eaux de la région ont montré des valeurs un peu relevés en vue de l'aspect des eaux thermales et enregistrent pour le forage de (G) la valeur de 27.6°, 37.5° pour le forage de (HM) , 37.1° pour le forage de (RG) et 40.7° pour le forage de (HB) respectivement .

Ces résultats sont supérieurs à celles enregistrées en 2021 ou ils ont donne 27.4° pour(HM) , 27.1° pour (RG) , 27.5° pour (HB) tandis que pour l'année 2022 ils ont enregistrées pour (RG)24.7°,pour (HM) 24.3°,pour (HB) 24.3° respectivement . On constate que ces résultats sont conformes aux normes indiquant l'origine profonde de ces eaux.

Chapitre II : Résultats et Discussion

I.2.1.4. Total dissolved solide

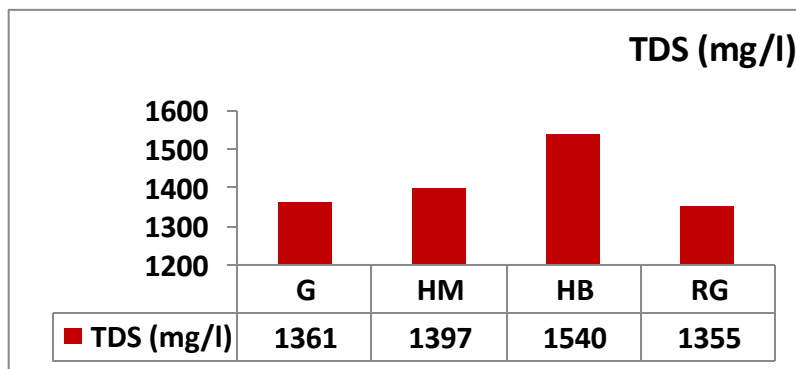


Figure 12 : TDS des eaux Zelfana en mg/l

Les analyses ont donné pour le forage de (G) un taux de 1361 mg/l, 1397 mg/l pour le forage de (HM), 1355 mg/l pour le forage de (RG) et 1540 mg/l pour le forage de (HB) respectivement.

Ces résultats sont inférieurs à celles enregistrées en 2021, 1195 mg/l pour (HM), 1187 mg/l pour (RG) et 969 mg/l pour (HB) respectivement. Tandis que pour l'année 2022, on enregistre 1178 mg/l pour (RG), 1206 mg/L pour (HM) et 1000 mg/l pour (HB).

Ces valeurs témoignent de la grande quantité des sels dissoutes dans ces eaux, due essentiellement à l'échange physico-chimique par le lessivage des sols et le temps de séjour lié à l'emmagasinement dans ces sols.

I.2.1.5. Salinité

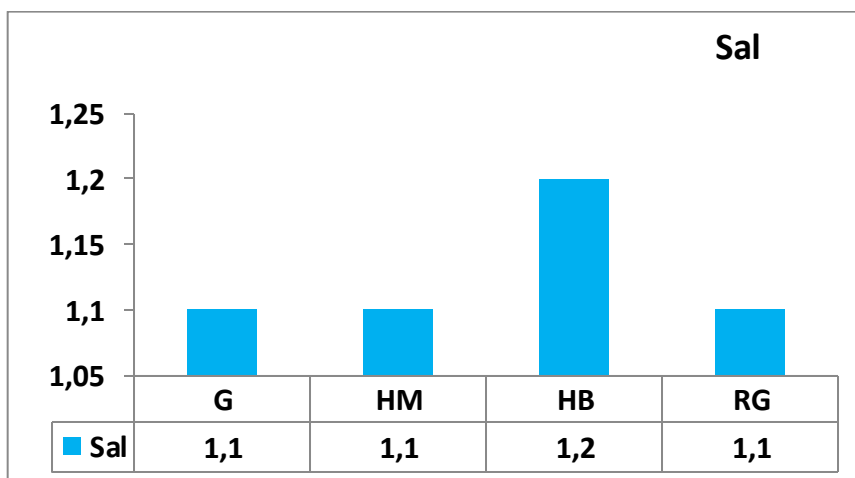


Figure 13: Salinité des eaux Zelfana

Chapitre II :Résultats et Discussion

les analyse de salinité .au terrain ,a donne pour le forage de (G) un taux du1.1 ,1.1 pour le forage qui se localise a (HM) et1.1 pour le forage de (RG) et 1.2pour le forage de (HB).

Ces résultats sont basses par rapport a ceux qu'ils enregistre en 2021 ou ils ont donne 1.1 pour (HM) , 1.1pour (RG) et 0.8 pour (HB) l'année 2022 ils ont donné pour(RG)1.1,pour HM1.1 ,pour (hb)0.8

Tous les forage ayant les mêmes valeurs de salinité (presque 1mg/l) et cela signifie la similitude des terrains géologique traverses par ces eaux.

I.2.1.6. Dureté totale

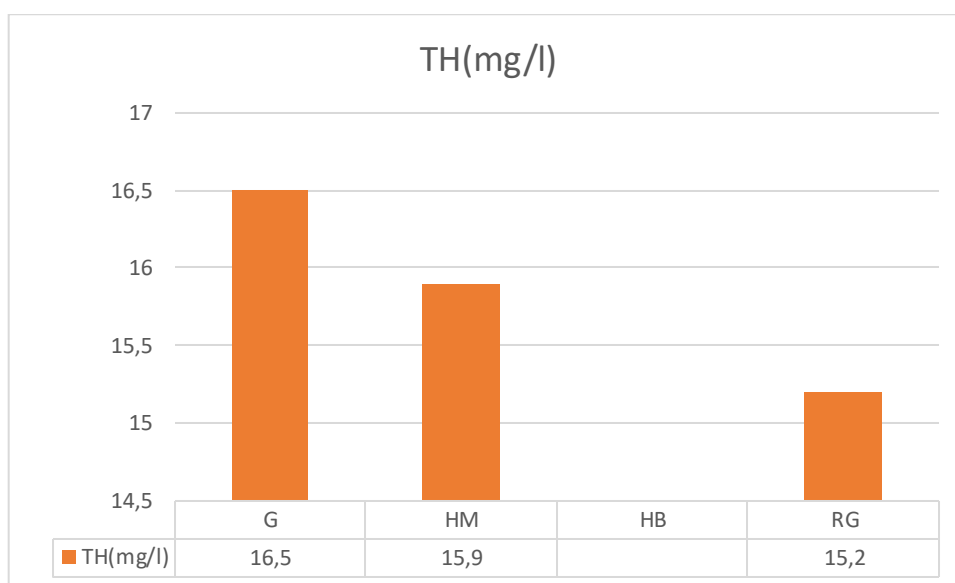


Figure 14: Dureté des eaux Zelfana ml/l

Analyse de la dosage des TH ,au laboratoire ,a donne pour le forage de (G) un taux du 16.5mg/l ,15.9mg/l pour le forage qui se localise a (HM) et 5.2 mg/l pour le forage de pour (HB) 16.5 mg/l

Ces résultats sont basses par rapport a ceux qu'ils enregistre en 2021 mais leurs valeurs est toujours dans les normes algériennes500 mg/l dans tous les forage , dans les valeurs minimales enregistrer est de(58,032.67,068.75,704mg/l) dans les forage (RG,G,HB) et un valeur maximale est de (97,704mg/l)dans les eaux de forage (HM)

Selon le D.H.T

Le degré hydrométrique ou la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en calcium et en magnésium.

Chapitre II :Résultats et Discussion

$$DHT = rCa^{++} + rMg^{++} \quad (\text{en } \text{még/l})$$

$$DHT = (rCa^{++} + rMg^{++}) \times 5 \quad (\text{en } \text{degré } \text{Français } ^{\circ}F)$$

Tableau 20:Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2021) en ml/l)

HM	624
RG	592
HB	728

Tableau 21: Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2022) en ml/l)

HM	532
RG	664
HB	556

Tableau 22: Données de la dureté des eaux de la plaine (, 2023) en ml/l)

HM	636
RG	608
G	660

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS indique qu'une dureté élevée provoque la formation des dépôts, tandis qu'une faible dureté peut engendrer des problèmes de corrosion.

La réglementation algérienne précise une valeur comprise entre 100 et 500mg/l (10-50°F).

Chapitre II : Résultats et Discussion

I.2.1.7. Résidu sec

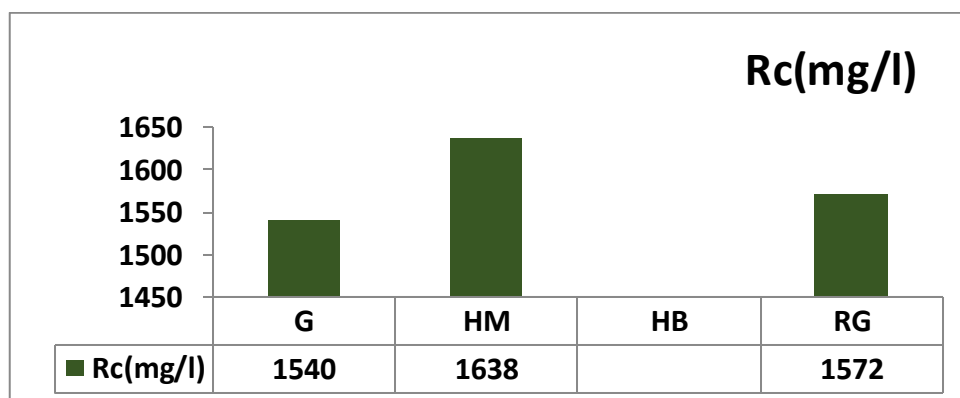


Figure 15: Résidu sec des eaux Zelfana en mg/l

Les teneurs en résidu sec mesurée sont conformes aux normes algériennes 1500 mg/l . Elles enregistrent des valeurs de 1638mg/l pour le forage (HM), 1572mg/l pour le forage (RG) et de 1540mg/l pour le forage (G) .

I.2.1.8. Tétra alcalimétrie complète

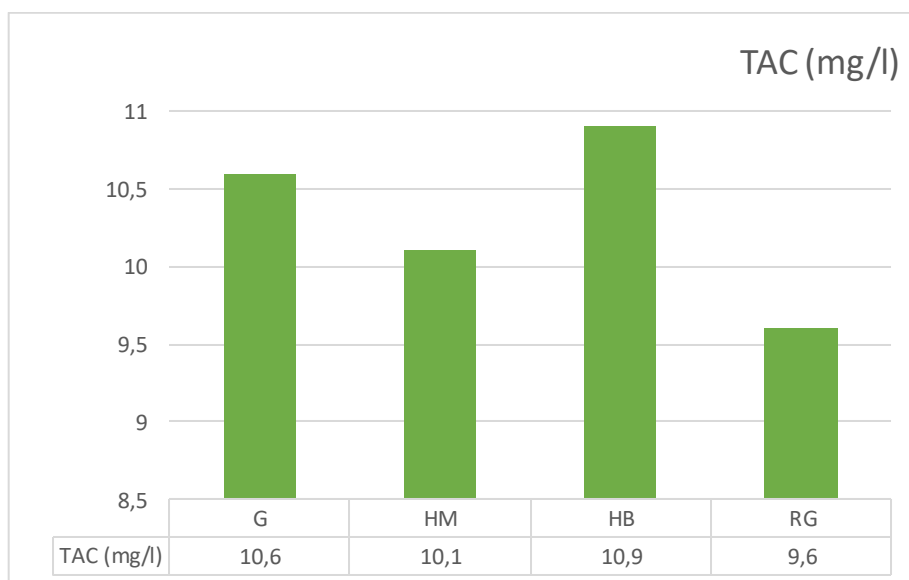


Figure 16: TAC des eaux Zelfana en mg/l

Les valeurs en TAC retrouvées dans l'eau de source de Ghardaïa sont remarquablement supérieures (150) plus considérables que celles des autres eaux les fortes concentrations en TAC

Chapitre II : Résultats et Discussion

sont décelées dans l'eau de HB_RG_HM (258.64 _246.44 _265.96) alors que des teneurs inférieure (234.24) mg/l.

I.2.2. Interprétations des paramètres chimiques

I.2.2.1. Calcium

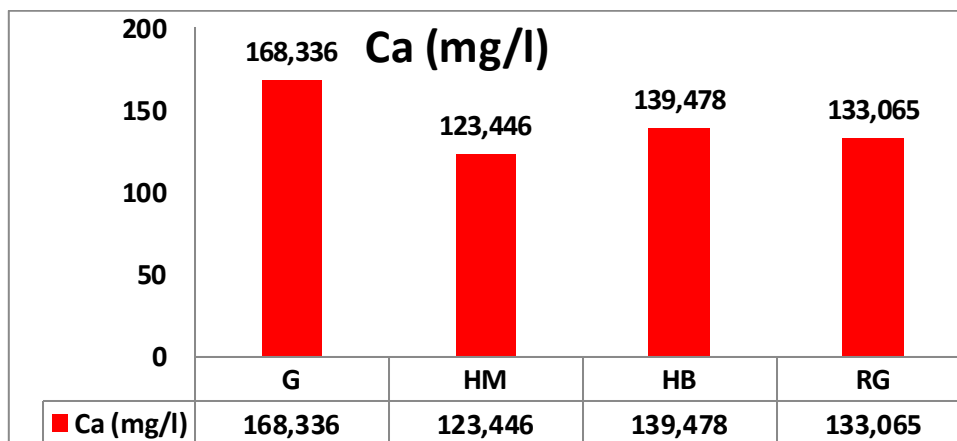


Figure 17: Calcium des eaux Zelfana en mg/l

Le dosage des calcium ,au laboratoire ,a donné pour le forage de (G) 168.336mg/l ,123.446mg/l pour le forage de (HM), 133.065 mg/l pour le forage de et pour 139.478mg/l respectivement .

Ces résultats sont inférieurs a celles enregistrées en 2021 ou ils enregistrent 145.891 mg/l pour,141.081mg/l pour et 136.26mg/l pour (HB) tandis que pour l'année 2022 ils enregistrent 161.9232 pour (RG),128.256 pour HM et 134.6688 pour (HB) respectivement .

Ces résultats sont conformes aux normes algériennes 200 mg/l, les valeurs obtenus sont en relation avec la dissolutions des formation carbonatées et gypseuses présente dans les milieu des sols profonds traversés par ces eaux.

I.2.2. 2. Magnésium

La teneur en magnésium dans l'eau brute est de **37,2 mg/L**. Les teneurs en magnésium dans l'eau analysée prélevée sont conformes aux normes algériennes qui préconisent une concentration maximale de **150 mg/L**

Chapitre II :Résultats et Discussion

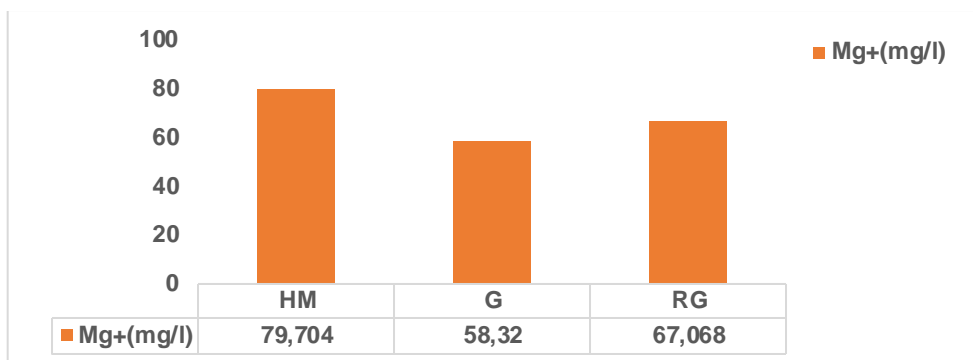


Figure 18: Magnésium des eaux Zelfana en mg/l

I.2.2. 3. Sodium et Potassium

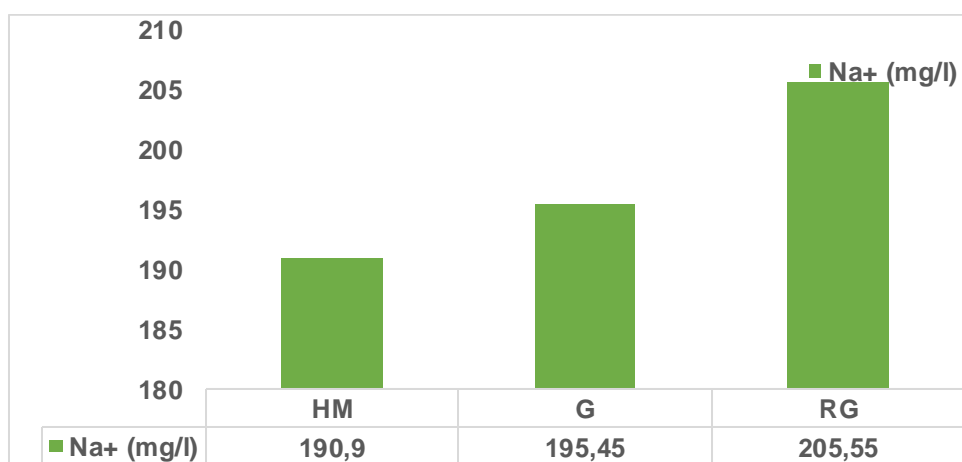


Figure 19: Sodium des eaux Zelfana en mg/l

Analyse de la dosage des Na^+ , au laboratoire, a donné pour le forage de (G) un taux de 12 mg/l pour le forage qui se localise à (HM) et 10 mg/l pour le forage de (RG).

Ces résultats sont basses par rapport à ceux qu'ils enregistrent en 2021 où ils ont donné 13.63 mg/l pour 12.72 mg/l pour et 13.63 mg/l pour (HB) l'année 2022 ils ont donné pour (RG) 13.63 MG/L, 238.885 pour HM, 13.63 pour (HB)

mais leurs valeurs sont toujours dans les normes algériennes 200 mg/l dans tous les forages, dans les valeurs minimales enregistrées est de (10 mg/l) dans les forages (HM, G,) et une valeur maximale est de (12 mg/l) dans les eaux de forage (RG).

Chapitre II :Résultats et Discussion

I.2.2.4.Potassium:

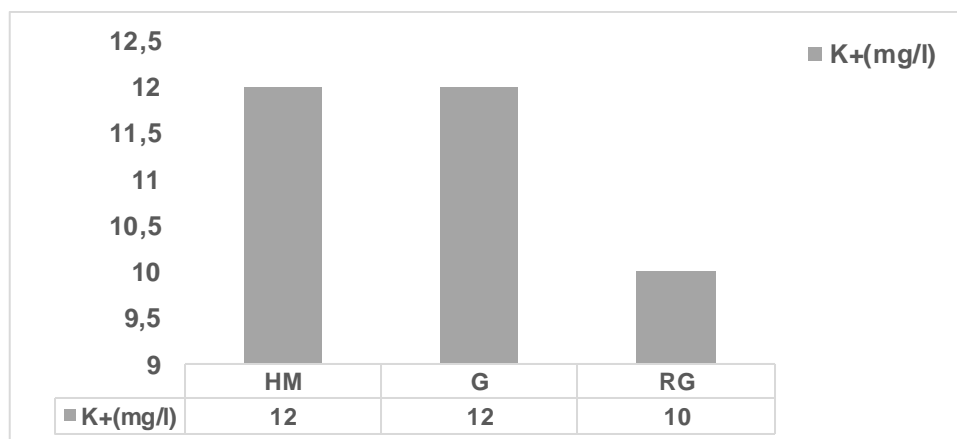


Figure 20: Potassium des eaux zelfana en mg/l

Analyse de la dosage des K^+ , au laboratoire ,a donne pour le forage de (G) un taux du 12 mg/l 12 mg/l pour le forage qui se localise a (HM) et 10 mg/l pour le forage de (RG).

Ces résultats sont basses par rapport a ceux qu'ils enregistre en 2021 ou ils ont donne 13.63 mg/l pour 12.72 mg/l pour et 13.63 mg/l pour (HB) l'année 2022 ils ont donné pour (RG) 13.63 MG/L, 238.885 pour HM , 13.63 pour (HB)

mais leurs valeurs est toujours dans les normes algériennes 200 mg/l dans tous les forage , dans les valeurs minimales enregistrer est de (10 mg/l) dans les forage (HM,G,) et un valeur maximale est de (12 mg/l)dans les eaux de forage (RG) .

I.2.2.5 Chlorure :

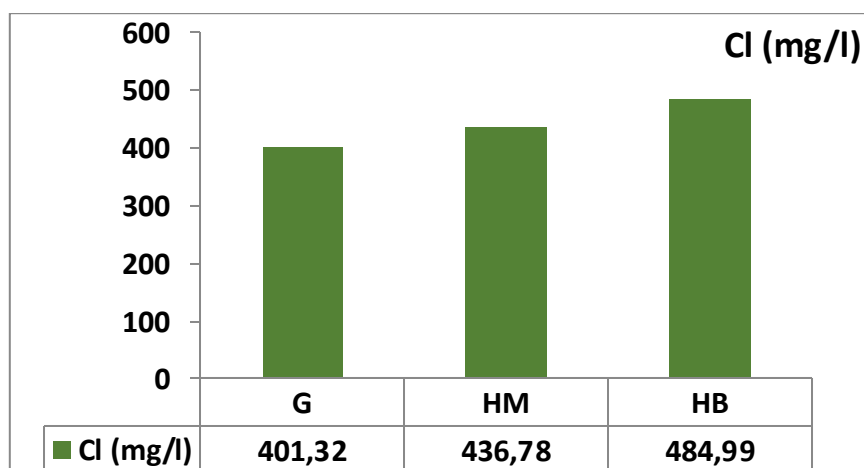


Figure 21: Chlorures dans les eaux de Zelfana en mg/l

Chapitre II :Résultats et Discussion

Analyse de la dosage des chlorure, au laboratoire , a donne pour le forage de (G) un taux du(401.32 mg/l),(436.78,mg/l) pour le forage qui se localise a (HM) et 0mg/l pour le forage de (RG) a et pour (HB)de taux (484.99 mg/l) .

Ces résultats sont basse par rapport a ceux qu'ils enregistre en 2021 ou ils ont donne 354 ,53 mg/l pour 418,354 mg/l pour (RG) et 476,488 mg/l pour (HB) l'année 2022 ils ont donné pour(RG)388,5648 MG/L, 412,6729 pour HM . /306.3139 mg/l pour (HB). mais leurs valeurs est toujours dans les normes algérienne 500 mg/l dans tous les forage , dans les valeurs minimales enregistrer est de(401.32,436.78 mg/l) dans les forage (HM,G,HB) et un valeur maximale est de (484.99 mg/l)dans les eaux de forage (RG).

I.2.2.6. Sulfate

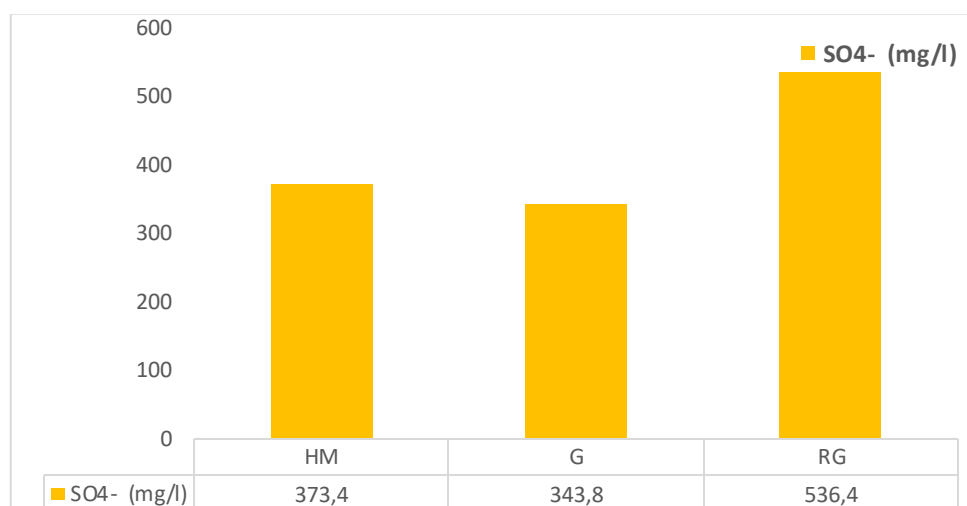


Figure 22: Sulfate des eaux Zelfana en mg/l

Analyse de la dosage des sulfate , au laboratoire , a donne pour le forage de (G) un taux du 343.8mg/l ,373.4 mg/l pour le forage qui se localise a (HM) et 536.4 mg/l pour le forage de RG

Ces résultats sont basses par rapport a ceux qu'ils enregistre en 2021 ou ils ont donne 134.988 mg/l pour HM, 404.553mg/l pour RG et 138.2808 mg/l pour (HB) l'année 2022 ils ont donné pour(RG) 514.8 mg/l, 512.6 pour HM, pour HB 441.3mg/l mais leurs valeurs est toujours dans les normes algérienne 400 mg/l dans tous les forage , dans les valeurs minimales enregistrer est de(373.4,343.8mg/l) dans les forage (HM,G,HB) et un valeur maximale est de (536.4 mg/l)dans les eaux de forage (RG)

Chapitre II :Résultats et Discussion

I.2.2.7. Nitrite

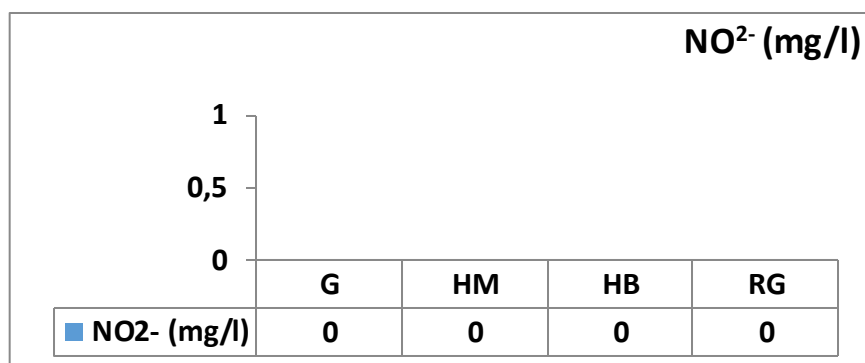


Figure 23: Nitrite des eaux Zelfana en mg/l

le dosage des nitrites au laboratoire, a enregistré 0mg/l pour le forage de (G) ,0mg/l pour le forage a (HM) et 0mg/l pour le forage de (RG).

I.2.2.8. Fer

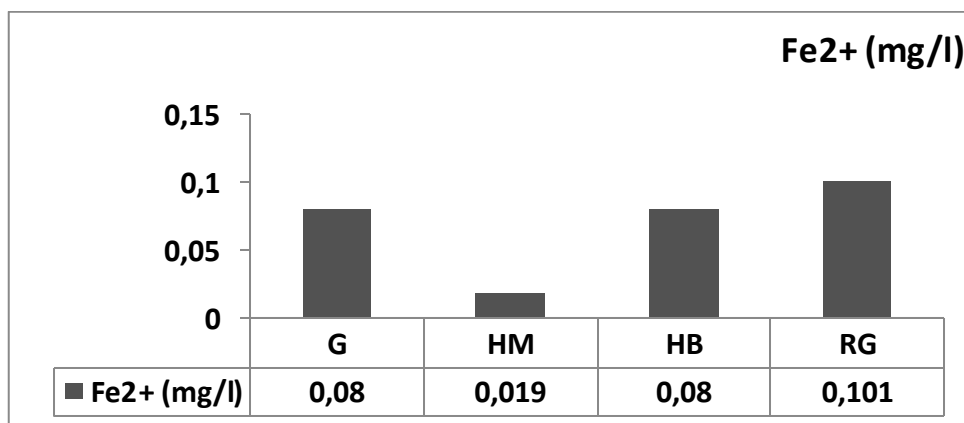


Figure 24: Fer des eaux Zelfana en mg/l

Le dosage du fer, au laboratoire, a enregistré 0.08mg/l pour le forage de (G) ,0.019mg/l pour le forage de (HM) , 0.101 mg/l pour le forage de route Guerrara et 0.08 mg/l pour (HB) .

Ces résultats sont inférieurs a celles enregistrées en 2021 ,0.036 mg/l pour , 0.29mg/l pour (RG) et 0.111mg/l pour(HB)

l'année 2022 ont enregistrées 0.059 mg/l pour(RG),0.037 pour HM, et pour a0.045mg/l

les valeurs sont conformement aux normes algériennes 0.3 mg/l

Chapitre II :Résultats et Discussion

I.2.2.9 . Phosphore et ortho phosphate

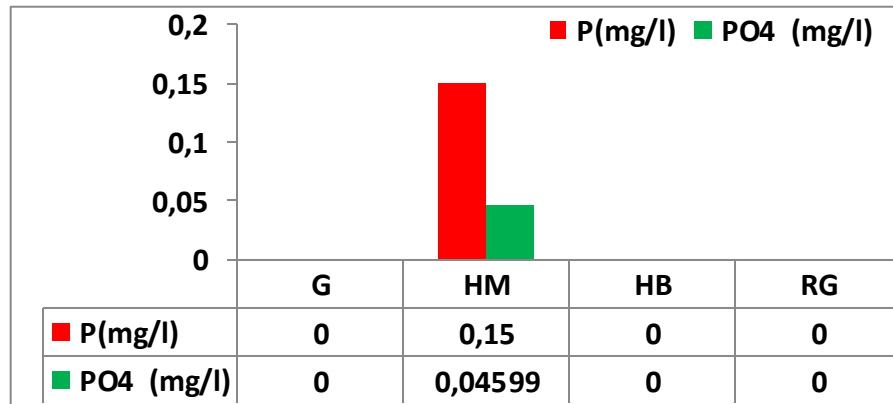


Figure 25: Phosphore et ortho phosphate des eaux Zelfana en mg/l

Le dosage des phosphore et orthophosphate ,au laboratoire ,a donne pour le forage de (G) un taux du (0 , 0mg/l),(0.15,0.04599mg/l) pour le forage (HM) et0mg/l pour le forage de (RG) et pour (HB)de taux (0) .

Ces résultats montrent des valeurs nul par rapport a celles enregistrées en 2021 ,0 mg/l pour (HM), 0 mg/l pour (RG) et 0 mg/l pour(HB) Pour l'année 2022 ont enregistrées 0.01 mg/l pour(RG), 0 mg/l pour HM

Conclusion

Conclusion

L'étude que nous avons entreprise dans la région de Ghardaïa (Zelfana), a permis d'approfondir la connaissance des paramètres physico-chimique et bactériologiques des eaux thermales destinées principalement à la consommation. Les principaux résultats que nous avons obtenus peuvent se résumer ainsi :

L'analyse des éléments chimiques montrent que, le magnésium, le sodium, le potassium, les nitrates, les bicarbonates et les chlorures ont des concentrations faible à moyenne à l'exception du calcium et des sulfates qui dépassent parfois la norme. Cette augmentation peut être due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires et les calcaires dolomitiques qui caractérise le passage des points d'eaux. Par contre aux sulfates dus à l'addition du sulfate d'alumine. La dureté et la minéralisation sont importantes est montrent des valeurs parfois dépassent légèrement la norme. Les eaux de la plaine de gardaia (Zelfana) ont des teneurs inférieures aux normes maximales admissibles par l'OMS

En conséquence il s'avère que vue leurs richesse en éléments minéraux toutes les eaux de source ayant fait l'objet de l'étude conviennent à la consommation humaine.

Quant aux eaux thermales qui s'avèrent aussi contenir de fortes proportions minérales ceci peut leurs conférer sans doute des vertus thérapeutiques intéressantes et servir de moyens thérapeutiques contre certaines maladies qu'il faut étudier en perspectives de recherche d'une manière très approfondie.

Références

Bibliographiques

Références bibliographique

ADE de Ghardaïa . 2023.

AMROUNE. A, 2008: Hydrogéologie et qualité des eaux souterraines de la plaine de M'sila, zone Nord occidentale du bassin du Hodna, Algérie. universite de batna, 131p.

ADDOU A. 2009. Développement durable traitement des déchets valorisation, élimination. Edition ellipses.

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES (A.N.R.H), 2005. Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits (Algérie), 23p.

BATSTONE, D.J., KELLER, J., ANGELIDAKI, I., KALYUZHNYI, S., PAVLOSTATHIS, S.G., ROZZI, A., SANDERS, W., SIEGRIEST, H. ET VAVILIN, V.A., 2002. The iwa anaerobic digestion model n°1 (adml). Water Science and Technology 45 (10): 65-73.

BEZZINA M. AYADI A., 2014. Les stations d'épuration des eaux usées en Algérie état des lieux et perspectives d'avenir, 2014

BONTOUX J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douce : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Qualité et santé. 2^{ème} Edition, CEBEDOC. Paris, 160-165p.

CASTANY G. ET MARGAT J, 1977 : Dictionnaire français d'hydrogéologie, BRGM Service géologique national, Orléans, 249 p.

CASTANY G. 1982 : Principe et méthode de l'hydrogéologie, Edition Dunod, Uni. Bordas, Paris.238 p.

CASTANY G, 1963 : *Traité pratique des eaux souterraines*, éd. Dunod, Paris. 657 p.

CASTANY G, 1998 : Hydrogéologie, Principes et méthodes, Paris, *Dunod*. 238p.

CASTANY G., 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. *Bulletin du BRGM (2), 3(2) : 127-147.*

COTE M., 2005. La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien. Éd. Karthala, Paris, 307 p.

DAOUD Y. ET HALITIM A., 1994. Irrigation et salinisation au Sahara algérien, Sécheresse 5 . p.151-160.

DE MARTONNE E., 1926. Aréisme et Indice d'aridité. Comptes Rendus de L'Academy of Science, Paris, 1395-1398.

DIRECTION DE LA PLANIFICATION ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (D.P.A.T) 2012, Annuaire statistique de la wilaya de Ourgla. 197p

DUBIEF J., 1953 -Action des phénomènes d'évaporation et d'hydrologie superficielle dans la région aride. Ed : CNRS, France, pp : 17-320.

FALIZI, N.J., HACIFAZLIOGLU, M.C., PARLAR, İ., KABAY, N., PEK, T.Ö., YÜKSEL, M., 2018. Evaluation of MBR treated industrial wastewater quality before and after desalination by NF and RO processes for agricultural reuse. J. Water Process Eng. 22, 103–108. doi : 10.1016/j.jwpe.2018.01.015.

FRANCK R., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 165-170, 183-239p.

IDDER T., 1998. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara Algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiations proposées. L'exemple de Ourgla. Thèse de doctorat, Univ. Angers, 284p.

KECK G., VENUS E., 2000. Déchets et risques pour la santé » techniques de l'ingénieur. Traité de l'environnement.

KHADRAOUI, A. 2006. Eaux et sols en Algérie, gestion et impact sur l'environnement.

KHADRAOUI A., TALEB S. (2008). Qualité des eaux de sud Algérien. Pollution et impact sur le milieu.

KHANAL S.K., 2001. Anaerobic biotechnology for bioenergy production: principles and applications. Ames, Iowa: Blackwell. Revues des énergies renouvelables, publication du CDER.

KOUZMINE Y., 2003. L'espace saharien algérien, dynamiques démographiques et migratoires. Maîtrise de Géographie, Université de Franche-Comté. U.F.R Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société, Institut de Géographie, Laboratoire THEMA, 208 p.

MADJOURI H. ET AMOURIA H. 2007. Contribution au traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation en irrigation Étude site S.T.E.P de Touggourt. Mém. D.E.A. Traitement des eaux et des fluides. Univ. de Ourgla, 85p.

MEBARKI A, 2009 : Ressources en eau et aménagement en Algérie, les bassins hydrographiques de l'Est, OPU, Alger. p385.

NESSON. C., 1978. évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien" In Recherches sur l'Algérie. *Mémoires et documents du CNRS, Nouvelle Série, vol. 17 : 7-91.*

NEZLI I.E. ACHOUR S. DJABRI L., 2007. Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'oued m'ya (Ourgla). *Larhyss Journal* n°6 : 121- 134.

NEZLI I.E. 2009. Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la cuvette de Ourgla (Sud-Est algérien). *Séminaire international sur la protection des écosystèmes sahariens « IECO-SYS09 »*, Ourgla les 13, 14 et 15 décembre 2009,

ONM : Données climatiques (1982-83/2006-07).

OZENDA P., 1991 -Flore du Sahara. 2ème édition, Ed : CNRS. Paris. 622p.

QUIST-JENSEN, C.A., MACEDONIO, F., DRIOLI, E., 2015. Membrane technology for water production in agriculture : Desalination and wastewater reuse. *Desalination* 364, 17–32. doi : 10.1016/j.desal.2015.03.001

RAPPORT MONDIAL DES NATIONS UNIES 2017. Mise en valeur des ressources en eau. Les eaux usées une ressource inexploitée », 2018. <https://unesdoc.unesco.org> (consulté le juin 13, 2020).

RODIER. J, 1996 : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^{ème} édition DUNOD. Paris, France.

RICHARD C., 1996. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.

THOMAS O., 1955. Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.

ZAGHTOU. A, 2011: Étude hydrogéologique et hydrochimique des eaux de la nappe continentale intercalaire dans la région d'Adrar (Touât). Université Houari Boumediene, Alger. 132p. □ GEZE.A, (2006). Les eaux thermales en traitement adjuvant dermatologique et dermocosmétologique: exemple de l'eau thermale d'Avène. Thèse de doctoraten pharmacie, université josepHfourier .p 177.

□ LABORDE, J. P.. Eléments d'hydrologie de surface. Support de cours, Université de Nice Sophia-Antipolis, 2000, p 191.

Sites

https://lda.lozere.fr/sites/default/files/upload/analyses_physico_chimiques_des_eaux_ok.pdf.

<https://qualitexpert-dz.com/qcq/analyse-de-leau/>

<https://www.techno-science.net>.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Zelfana>.

Annexes

Détermination Chlorures (Cl^-)**A) Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N(mol/l):...par mois**

-0.339d' $AgNO_3 \rightarrow$ 10 ml d'eau distillée

- Sécher à 105 c°

- Compléter à 100 ml d'eau distillée

B) Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10 %:...par mois

-0.5 g de $K_2CrO_4 \rightarrow$ Q.S.P 100 ml d' H_2O dist.

C) Solution étalon de chlorures de Sodium à 0.02 mol/l:...par mois

- 0.117g de NH_4Cl10ml d'eau distillée.

- Sécher à 105 c°

- Compléter à 100 ml d'eau distillée

D) Solution D'acide Nitrique(HNO_3) à 0.1 mol/l:...par mois

- 0.761 ml de HNO_3100ml d'eau distillée.

E) Solution D'Hydroxyde de Sodium($NaOH$) à 0.1 mol/l: ...par mois

- 0.4 g de $NaOH$10ml d'eau distillée.

- Compléter à 100 ml d'eau distillée

DOSAGE**1- pour l'échantillon**

-100 ml échantillon(V_a) + 1 ml indicateur $K_2CrO_4(B)$ +bien mélanger + Titrer avec Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N(V_s)...jusqu'à la coloration rougeâtre + 1 goûtes de la Solution étalon de chlorures de Sodium à 0.02 mol/l)...jusqu'à la coloration soit disparue.

1- pour le blanc

-100 ml d'eau distillée + 1 ml indicateur $K_2CrO_4(B)$ +bien mélanger + Titrer avec Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N(V_b). $P_{Cl} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} * C * f$

Détermination du TH.Ca+2**A-Solution étalon de référence,(CaCO₃)=0.01mol/.....par mois**

* Sécher 2 g de carbonate de calcium pur pendant 2heures à 150°C.

* introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau distillée .Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 3mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Eviter un excès d'acide.

* Ajouter 200ml d'eau distillée et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques 3 gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.

Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

NB:1ml de la solution contient 0.4008mg(0.01 mmol/l) de calcium.

B-Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O) : 0,01mol/...par mois

* Sécher 5 g de d'E.D.T.A di-hydraté pendant 2heures à 80°C.

*introduire 3,725 g dans une fiole conique de 1000ml. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.(pour vérifier le F de correction chaque mois)

C-Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :...par mois

- NaOH(pastilles) 8 g.

- H₂O distillée q.s.p 100 ml.

D-Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH = 10:...par mois

- Chlorure d'ammonium NH₄Cl..... 6,75 g.

- NH₄OH (25%)..... 57 ml

- E.D.T.A Sel magnésien0.5 g

- H₂O distillée q.s.p 100 ml.

E-Noir ErichromeT(indicateur Net)...par mois: 0.5 g de sel de sodium de mordront noir + 100 ml de l'eau distillée .

F-Calcon...par mois: 0.2g+100 NaCl.

DOSAGE

-50 ml échantillon +25 eau distillée+1ml solution (PH 10)(D) + 5 gouttes indicateur Net(E) +bien mélanger (la solution devient rose) + Titrer avec l'E.D.T.A 0,01 mol/l(B)...jusqu'à la coloration bleu.

Calcule

$$TH = V2(\text{volume de titrage}) * 2 * F(\text{f - de dilution}) * FC(\text{f - de correction})$$

Calcule de FC

50 ml solution de référence(A)+ Titrage avec de l'E.D.T.A (virage vers le violet)

$$FC = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique}(12.5\text{ml})}$$

$$f = 35453\text{mg}$$



Détermination de l'alcalinité (HCO₃⁻)

Avant propos:

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence
bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Réactifs :

- * Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :
- * Solution d'HCl à 0,1 N :
- * d'HCl à 1 N 100 ml.
- * H₂O distillée q.s.p 1000ml.

Électrode : Électrode de pH

Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

* Expression des résultats :

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$F.S : V_{A1} \times 61 = \text{mg/l HCO}_3^-$$

V_A : Volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

MHCO₃⁻ : masse des bicarbonates (HCO₃⁻).

* Remarque :

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au CO_3^{2-}) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume VA_2 .

$$\text{mg/l CO}_3^{2-} = \text{VA}_2 \times 60$$

Détermination NITRATES NO_3

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- * Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- * Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

- * H_2SO_4 concentré.

- * Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH 400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

* Nitrate de potassium anhydre 0.722 g

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

Appareillage.

Etuve.

Spectrophotomètre U.V visible.

- Courbe d'étalonnage.

Dans une série de capsule de 60 ml, introduire successivement :

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

Évaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.

Ajouter 15 ml d'eau distillée.

Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm



Détermination Sulfates (SO₄⁻)

Principe :

Dans un volume d'acide chlorhydrique contenant de chlorure de baryum les ions sulfates seprécipitent en cristaux des sulfates de baryum mesurables par transmission à la spectrophotométrie.

A-Solution stabilisante :...deux fois par mois

- Acide chlorhydrique (c) 6 ml.
- Ethanol 20 ml.
- Chlorure de sodium 15 g.
- Glycérol 10ml.
- Eau distilléeQ.S.P. 100 ml.

B-Solution de chlorure de baryum 0.01 mol/l:...par mois

- Chlorure de baryum 15g.
- Acide chlorhydrique 0.5 ml.
- Eau distillée Q.S.P. 100 ml.

C-Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na₂SO₄(sulfate de sodium)...par mois

-Peser 0.1479 g de Na₂SO₄ 100 ml d'eau distillée.

E-Gamme d'étalonnage :à420nm.

Appareillage.

Spectrophotomètre U.V visible



I.2.3.Potabilité et normes

I.2.3.1. Normes générales

Les normes sont récapitulées dans le tableau ci dessous.

Paramètre	Unité	Réglementation concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation.		
		OMS	France	Algérie
Paramètres physico-chimiques				
Alcalinité	F°	50	>2,5	-
Ammonium	mg/l	1,5	0,1	0,5
Calcium	mg/l	-	100	200
Chlorures	mg/l	250	250	500
Conductivité	µs/cm à 20°	2000	2500	2500
Dureté total	F°	50	60	-
Fer	mg/l	0,3	0,2	0,3
Magnésium	mg/l	50	50	-
Nitrates	mg/l	40	50	50
Nitrites	mg/l	3	0,1	0,2
Oxydabilité	mg d'O2/l	5,0	5,0	5,0
Ph	-	6,5-9	6,5-8,5	6,5-9
Sodium	mg/l	200	200	200
Sulfates	mg/l	400	250	400
Turbidité	NTU	5	0,5	0,5

Tableau 23 : Normes des eaux Potables (OMS, France , Algérie)

I.2.3.2. Potabilité

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous, nous montrent des eaux conformes aux normes prescrites et potable à la consommation

Tableau 24 : Potabilité des eaux de la région d'étude (, 2021.2022, 2023)

Normes Algérienne	200	150	500	-	50	500 (mg/l)	
VALEURS OMS	140	150	250	250	50	50	
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	So ₄ ⁻⁻ (mg/l)	No ₂ ⁻ (mg/l)	DURETE (°F)	Qualité des eaux
F1/HM	145.891	63.18	354.53	134.988	0.058	624	POTABLE
F2/RG	141.081	58.32	418.345	404.553	0.049	592	POTABLE
F3/HB	136.6	77.76	476.488	138.2808	0.075	728	POTABLE
F1/HM	128.256	51.516	412.6729	512.6	/	532	POTABLE
F2/RG	161.9232	63.18	388.5648	514.8	/	664	POTABLE
F3/HB	134.6688	53.048	306.3139	441.3	/	556	POTABLE
F1/HM	123.446	79.704	436.78	373.4	0	636	POTABLE
F2/RG	133.065	67.068	/	536.4	0	608	POTABLE
F3/HB	139.478	/	448.99	/	0	/	POTABLE

