

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ghardaia



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

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : Ghefaflia Samia

Ghosal Ibtessam

Thème :

Etude de quelques caractéristiques physico-chimiques et Bactériologiques d'eau d'une source chaude " ZERRARA " de la région d' El Guerrara de la wilaya de Ghardaïa en Algérie

Soutenu publiquement, le 10/06/2024 , devant le jury composé de :

Mme/ OULAD HEDDAR M.	Maitre-Assistante B	Univ. Ghardaia	Président
M/ AOUADI Abdelhafid	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
Melle/ BENHEDID H.	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Examineur

Année universitaire : 2023-2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ (30) "

سورة الأنبياء الآية 30.

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Ceux qui ont mécru, n'ont-ils pas vu que les cieux et la terre formaient une masse compacte ? Ensuite Nous les avons séparés et fait de l'eau toute chose vivante. Ne croiront-ils donc pas

Versets 30. Les prophètes (Al-Anbiya)

روى الإمام أحمد وابن ماجه عن عبد الله بن عمرو رضي الله عنهما، أن النبي ﷺ : (أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَرَّ بِسَعْدٍ وَهُوَ يَتَوَضَّأُ ، فَقَالَ : مَا هَذَا السَّرْفُ يَا سَعْدُ ؟ قَالَ : أُنِي الْوَضوءِ سَرْفٌ قَالَ : نَعَمْ ، وَإِنْ كُنْتَ عَلَى نَهْرٍ جَارٍ)

Remerciement

Tous d'abord nous tenons à remercier le bon Dieu tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je voudrais remercier tous les membres du jury Melle.

BENHEDID et Mme. OULAD HEDDAR

*pour leur temps et leur attention consacrés à ma
présentation*

*En conséquence, nous voudrions remercier M. Aouadi
Abdelhafid, d'avoir encadré ce travail*

Avec beaucoup de compétence, des efforts énormes

Des conseils et encouragements.

Nous remercions également

Toutes les institutions qui ont

Contribué à nous faciliter la

Recherche et la collecte d'informations

Ghefaflia Samia et Ghazal Ibtessam

Dédicace

En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :

**Ma très chère mère Mme. Guerbouy Aicha, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

** Mon très cher père M. Ghefaflia Ben harzallah, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

***Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je suis puisse vous combler de bonheur.*

**Mon chère frère Aboubaker sadik et mes sœurs Kaltoum ,Meroua, Farah hibat allah, mon beau frère Mohammed et le petit Louay puisse Dieu vous donne santé, bonheur et réussite.*

Enfin, je remercie Ma chère tante Messaouda et toute sa famille et mes amis et ma famille qui ont toujours été là pour.Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

** Ma cher binôme Ghazal Ibtessam merci.*

Ghefaflia Samia

Dédicace

*Au nom de Dieu, le Très Miséricordieux, le Très Miséricordieux
Louange à Dieu Tout Puissant*

*La locomotive de recherche a traversé de nombreux obstacles, et
pourtant*

*j'ai essayé de la surmonter avec constance, grâce à et de la part de
Dieu.*

*A celle que je préfère à moi-même, à la fleur de ma vie qui s'est sacrifiée
pour moi Elle n'a épargné aucun effort pour me garder heureux*

Ma mère bien-aimée

*À la personne au visage bienveillant et aux bonnes actions, à celle qui
m'a*

soutenu dans l'adversité tout au long de ma vie.

*À l'homme le plus en vue de ma vie qui n'a jamais été avare de moi de
toute sa vie*

Cher Père "Nasser"

A mes frères : Belkacem, Abdenour.

A mes sœur : khaira , Salima , Kholoud

A mes chères grands-mères présentes et absentes

A tous mes amis

À ceux qui m'ont aidé même avec une lettre dans ma vie universitaire...

A tous je vous dédie ce travail

Ghazal Ibtessam

Résumé

Les eaux thermales en Algérie sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses, jouant un rôle crucial dans le développement du tourisme thérapeutique et l'économie nationale. Présentes dans diverses régions telles que Hammam Zelfana ..., Le principal objectif de ce travail est étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et Bactériologiques d'eau d'une source chaude" ZERRARA" de la région d'EL Guerrara, Afin d'atteindre cet objectif nous réaliserons une étude comparative de l'effet de trois facteurs (Jour*Source*Heure de prélèvement) sur les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques entre la source de Zerrara et forage n°4 de Zelfana.

L'ANOVA à trois facteurs montre que tous les facteurs ont un impact sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau de Zalfana et Zerrara (Probabilité = 0,0000).

Pour les résultats de l'analyse physique : Nous avons enregistré des valeurs de température qui ont atteint 45°C pour le forage de Zerrara et 40°C pour le forage de Zelfana. Ce qui nous fait les classer comme sources thermales. (Températures entre 35 et 50°C). La conductivité électrique élevée des deux forages indique également la présence d'une grande concentration de minéraux dissous dans les forages. Selon le diagramme de Piper, le chimisme des eaux analysé est sulfatée sodique pour la toute les échantillons analysé (Zerrara et Zelfana). Selon le diagramme de Richards, les sources de Zerrara et Zelfana dans la classe C4-S2 : Qualité mauvaise. Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation moyen.

Enfin, les résultats de l'analyse bactériologique nous soulevons l'absence totale de toute contamination bactérienne, ce qui explique la pureté naturelle de nos eaux thermal.

Mots clés: bactériologique, physicochimiques, Eaux thermale, Zerrara (Ghardaia), Algérie.

Abstract

Thermal waters in Algeria are among the most valuable natural resources, playing a crucial role in the development of therapeutic tourism and the national economy. Present in various regions such as Hammam Zelfana... the main objective of this work is study of some physicochemical and bacteriological characteristics of water from a hot spring "ZERRARA" in the region of EL Guerrara, In order to achieve this objective we will carry out a comparative study of the effect of three factors (Day*Source* time of sampling) on the physicochemical and bacteriological characteristics between the source of Zerrara and the Zelfana spring.

Three-way ANOVA shows that all factors impact physical and chemical properties. properties of Zelfana and Zerrara water (Probabilité =0.0000). These results vary depending on the source and the time and day of collection.

For the results of the physical analysis: We recorded temperature values that reached 45°C for the Zerrara borehole and 40°C for the Zelfana borehole. Which makes us classify them as thermal springs. (Temperatures between 35 and 50°C). The high electrical conductivity of both boreholes also indicates the presence of a large concentration of dissolved minerals in the well.

According to the Piper diagram, the chemistry of the water analyzed is sodium sulfate for all the samples analyzed (Zerrara and Zelfana). According to the Richards diagram, the sources of Zerrara and Zelfana in class C4-S2: Poor quality. It represents waters of very high salinity with a medium danger of alkalization.

Finally, the results of the bacteriological analysis show the total absence of any bacterial contamination, which explains the natural purity of our thermal waters.

Keywords: Bacteriological, Physicochemical, Thermal waters, Zerrara (Ghardaia), Algeria.

الملخص:

تعتبر المياه الحرارية في الجزائر من أهم الموارد الطبيعية، حيث تلعب دورا حاسما في تنمية السياحة العلاجية والاقتصاد الوطني، موزعة في مناطق مختلفة مثل حمام زلفانة. والهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والبكتريولوجية للمياه من عين "زرارة" الحارة بمنطقة القرارة، ومن أجل الوصول الى هذا الهدف سيتم إجراء دراسة مقارنة لتأثير ثلاثة عوامل (يوم *مصدر* وقت أخذ العينات) على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية بين مصدر زرارة وزلفانة.

يظهر تحليل التباين الثلاثي الاتجاه أن جميع العوامل تؤثر على الخواص الفيزيائية والكيميائية لكل من مياه منبع زلفانة و زرارة (الاحتمالية = 0.0000).

بالنسبة لنتائج التحليل الفيزيائي: سجلنا قيم درجات حرارة وصلت إلى 45 درجة مئوية لبئر الزرارة و40 درجة مئوية لبئر زلفانة. مما يجعلنا نصنفها على أنها ينابيع حرارية (درجات الحرارة بين 35 و50 درجة مئوية). تشير الموصلية الكهربائية العالية لكلا البئرين أيضًا إلى وجود تركيز كبير من المعادن الذائبة في البئرين.

وبحسب مخطط بايبر فإن كيمياء المياه التي تم تحليلها هي كبريتات الصوديوم لجميع العينات التي تم تحليلها (زرارة وزلفانة). وفقًا لمخطط سجل ريشارد ، فإن مصادر زيرارة وزلفانة في الفئة C4-S2: جودة رديئة. وهي تمثل مياهًا ذات ملوحة عالية جدًا مع خطر قلوي متوسط.

وأخيرًا، أظهرت نتائج التحليل البكتريولوجي الغياب التام لأي تلوث بكتيري، وهو ما يفسر النقاء الطبيعي لمياهنا الحرارية.

الكلمات المفتاحية: البكتريولوجي، الفيزيائية والكيميائية، المياه الحرارية، زرارة (غرداية)، الجزائر.

Liste des Abréviations

A.D.E	Algérienne des Eaux
°C	degré Celsius
Cm	Centimètre
L	Litre
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
pH	potentiel d'hydrogène
T.A.C	Titre Alcalin Total
T.H	Titre hydrotimétrique
U.V	Ultra-Violet
nm	Nanomètre
CE	Conductivité électrique
RS	Résidus secs
EDTA	Ethylène Diamine Tétracétique
h	Heure
Km²	Kilomètre carré
μS/cm	Micro Siemens par centimètre
C T	Coliforme Totaux
VF	viande foie
ASR	Anaérobies Sulfito-Réductrices
BEA	Bile Esculine Azide
E. coli	Escherichia coli
S.F	Streptocoque fécaux
C.F	Coliformes Fécaux
TTC	Triphenyl Tetrazolium Chloride
HCl	Hydrochloric-acid
K₂CrO₄	Dichromate de potassium
AgNO₃	Nitrate d'argent

OD	Oxygène dissus
-----------	----------------

N°**Liste des tableaux****Page**

Tableau n°I	Résultats de L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs	55
Tableau n°II	Résultats des Bactéries indicatrices de contamination	56

Titre Chapitre I		
Fig.1	Localisation géographique de la wilaye de Ghardaia (Originale2024)	5
Fig.2	Carte de positionnement de Ain Zerrara (Original, 2024)	6
Fig.3	Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2013-2023)	7
Fig.4	Courbe de variation des précipitations mensuelles (2013-2023)	8
Fig.5	Courbe d'humidité mensuelle interannuelle (2013-2023)	8
Fig.6	Courbe de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (2013-2023)	9
Fig.7	Diagramme Ombrothermique du Bagnouls et Gausсен de la région de Ghardaïa pour la période (2013-2023)	10
Fig.8	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2004-2014)	11
Fig.9	Coupe géologique synthétique de la région de Guerrara (HEMIDI Lotfi, 2013)	13
Fig.10	Carte géologique de la région de Guerrara (1/500 000)(Djili, 2004)	14
Titre Chapitre II		
Fig.11	Approche méthodologique	16
Fig.12	Ain Zerara dans la région de El Guerrara	17
Fig.13	Hammam Zelfana (Forrage n°4)	18
Fig.14	Thermomètre	19
Fig.15	pH-mérte	19
Fig.16	Conductivité-mètre	19
Fig.17	Oxymètre	20
Fig.18	Dosage de TH	20
Fig.19	Dosage de TAC	20
Fig.20	Dosage de Sulfate	21
Fig.21	Dosage de chlorure	21

Fig.22	Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs	22
Fig.23	Four à moufle	22
Fig.24	Dosage de Calcium	22
Fig.25	Spectrophotomètre	23
Fig.26	Dosage de Fer	23
Fig.27	Dosage de L'ammonium	24
Fig.28	Dosage de phosphore	24
Fig.29	Système géothermique type bassin sédimentaire : l'eau dans les bassins est réchauffée par le flux de chaleur conductif (Ouali, 2005)	25
Fig.30	Systèmes géothermique type dominé par conduction : on note l'absence d'un liquide qui véhicule la chaleur (Ouali, 2005)	26
Fig.31	Système géothermique type magmatique à haute température : Eau d'origine magmatique et météorique avec création d'un réservoir à deux phases (eau + vapeur) (Ouali,2005)	26
Fig.32	Système géothermique type eau chaude dominante : très fort flux de chaleur , l'eau météorique est réchauffée devient à deux phases (eau + vapeur) , la phase liquide dominante et remonte en surface sous forme de fumerolles ou de sources (Ouali, 2005)	27
Fig.33	Diagramme de paiper (Zereg ,2010)	28
Fig.34	Diagramme de Richards 1954	28
Fig.35	Gélose (TTC) TERGITOL	29
Fig.36	Appareil de filtration sur membranes	30
Fig.37	Gélose SLANETZ et BARTLEY	31
Fig.38	Des boite petridu gélose VF viande foie	32
Titre Chapitre III		
Fig.39	Couleur de l'eau d'Ain Zerrara et Zelfana	34
Fig.40	Valeurs moyennes de température avec différents facteurs	35
Fig.41	Valeurs moyennes de pH avec différents facteurs	36
Fig.42	Valeurs moyennes de CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) avec différents facteurs	37
Fig.43	Valeurs moyennes d'oxygène dissous (mg/l) avec différents facteurs	38
Fig.44	Valeurs moyennes de Dureté (mg/l) avec différents facteurs	39
Fig.45	Valeurs moyennes de l'alcalinité (mg/l) avec différents facteurs	40

Fig.46	Valeurs moyennes de sulfate (mg/l) avec différents facteurs	41
Fig.47	Valeurs moyennes de Chlorure (mg/l) avec différents facteurs	42
Fig.48	Valeurs moyennes de matière sèche(g/l) avec différents facteurs	43
Fig.49	Valeurs moyennes de matière minérale (g/l) avec différents facteurs	44
Fig.50	Valeurs moyennes de matière organique (g/l) avec différents facteurs	45
Fig.51	Valeurs moyennes de magnésium (mg/l)avec différents facteurs	46
Fig.52	Valeurs moyennes de calcium (mg/l) avec différents facteurs	47
Fig.53	Valeurs moyennes de sodium (mg/l) avec différents facteurs	48
Fig.54	Valeurs moyennes de fer (mg/l) avec différents facteurs	49
Fig.55	Valeurs moyennes d'ammonium (mg/l) avec différents facteurs	50
Fig.56	Valeurs moyennes de phosphore avec différents facteurs	51
Fig.57	Représentation des eaux Zelfana et Ain Zerrara sur le diagramme de PIPER	53
Fig.58	Diagramme de Richards 1954	54
Fig.59	Résultats du test de Coliformes	57
Fig.60	Résultats du test de Streptocoques fécaux	57
Fig.61	Résultats du test de Spore	57

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Page

Introduction	1
I. La situation géographique et administrative de la région	6
I.1.Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	6
I.2. Situation géographique de la région de EL Guerrara	7
I.3. Situation de la région de Zelfana	7
II. Contexte hydro-climatologie	8
II.1 Paramètre climatologique	8
II.1.1. Températures	8
II. 1.2. Précipitations	9
II.1.3. Humidité	9
II.1.4. Vent	10
II.2. Synthèse climatique:	10
II. 2.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	10
II.2.2. Climagramme d'Emberger	11
III. Contexte hydrogéologique	12
III.1. Identification hydrogéologique	12
III.2.Nappe du continental intercalaire (albienne)	12
III.3.Généralité sur l'aquifère albien de notre zone d'étude	13
IV. Contexte géologique	13

IV.1. Région d'El Guerrara	13
IV.2. Région de Zelfana	15

Chapitre II :Matériel et Méthodes	Page
--	-------------

I. Approche méthodologique	19
II. Echantillonnage (le prélèvement)	20
II.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique	20
II.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique	20
III.1. Caractéristiques organoleptiques	21
III.1.1. Couleur	21
III.1.2. Odeur	21
IV. Paramètres physique	22
IV.1. Température	22
IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	22
IV.1.3. Conductivité électrique (CE)	22
IV.1.4. Oxygène dissous	23
V. Paramètres chimiques	23
V.1. Composées ioniques	23
V.1.1. Dureté de l'eau TH	23
V.1.2. Alcalinité TAC	23
V.1.3. Sulfates	24

V.1.4. Chlorure (Cl⁻)	24
V.1.5. Résidus secs (RS)	24
V.1.6. Magnésium (Mg⁺²)	25
V.1.7. Calcium (Ca⁺²)	25
V.1.8. Sodium (Na⁺)	26
VI.2. Paramètres de pollution	26
VI.2.1. Fer (Fe⁺²)	26
VI.2.2. Ammonium (NH₄⁺)	26
VI.2.3. Phosphore	27
VII. Classification des systèmes géothermiques conductifs	27
VIII. Détermination des faciès chimiques	30
VII.1. Détermination des faciès chimiques	30
VIII.2. Détermination des classes d'irrigation (Diagramme de Richards 1954)	31
XI. Calcul et analyse statistique	32
X. Analyse Bactériologique	32
X.1. Coliformes totaux	32
X.2. Coliformes fécaux	32
X.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	32
X.2.2. Recherche de l'indole	33
X.3. Streptocoques fécaux	34
X.4. Spores : ASR (Bactéries Anaérobies Sulfite - Réductrices)	35

I. 1. Caractéristiques organoleptiques	34
I.1.1. Couleur	34
I.1.2.Odeur	34
II. Paramètres physiques	35
II.1.Température (C°)	35
II.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	36
II.1.Conductivité électrique (CE)	37
II.1. Oxygène dissous	38
III. Paramètres chimiques	39
III.1. Dureté de l'eau	39
III.2. Alcalinité TAC	40
III. 3. Sulfates	41
III.4. Chlorure	42
III.5. Matière sèche	43
III.6. Matière minérale	44
III.7. Matière organique	45
III.8. Magnésium	46
III.9. Calcium	47
III.10. Sodium	48
III.11. Fer	49

III.12. Ammonium	50
III.13. Phosphore	51
IV. Classification des systèmes géothermiques conductifs	52
V. Détermination des faciès chimiques et les classes d'irrigation	52
V.1. Diagramme de paiper	52
V.2. Diagramme Richards 1954	53
VI. Résultats de L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs	55
VII. Paramètres bactériologiques	56

Conclusion

Références

Annexes

Introduction générale



Une eau thermale est avant tout une eau minérale naturelle, ce qui signifie qu'elle possède des caractéristiques spécifiques bénéfiques pour la santé. Contrairement à une eau de source, une eau minérale naturelle n'est pas obligatoirement potable par nature. Elle est enrichie en minéraux, sels, gaz et boues, qui peuvent avoir des effets positifs sur la santé (**Jaltel, 1983**).

L'Algérie est renommée pour sa position géographique et ses multiples potentialités naturelles, résultant de sa diversité écologique due à ses différents climats et paysages : des côtes maritimes au Sahara, en passant par les montagnes parsemées de vestiges historiques et des sources thermales. Ces caractéristiques favorisent grandement le développement du tourisme dans le pays (**Berahil, 2017**). L'Algérie a depuis longtemps été riche en sources thermales et minérales. Ces eaux ont été convoitées au fil des siècles par différentes expéditions coloniales, les Vandales puis les Romains, les Turcs, et notamment par les militaires, les médecins, les pharmaciens et les laborantins français, qui se sont fortement intéressés à ces ressources et à leurs applications thérapeutiques (**Lakhdari et Bouaicha, 2016**).

La plupart des stations thermales et hyperthermales en Algérie sont réputées pour leur efficacité dans le traitement d'un large éventail d'affections, notamment les troubles de l'appareil locomoteur, les affections rénales et gynécologiques, les problèmes dermatologiques, les affections respiratoires, les troubles ORL, les maladies vasculaires, ainsi que certaines maladies métaboliques, entre autres. Parmi les nombreuses stations thermales en Algérie, seules huit sont médicalisées. Il s'agit de Hammam Bouhanifia (Mascara), Hammam Bouhadjar (Aïn Témouchent), Hammam Boughrara (Tlemcen), Hammam Rabi (Saïda), Hammam Righa (Aïn Defla), Hammam Guergour (Sétif), Hammam Salhine (Biskra), Hammam Meskoutine (Guelma) et Hammam Zelfana. Ces stations thermales sont administrées par la Société Algérienne de Thermalisme et sont agréées par diverses caisses de sécurité sociale, telles que la CNAS, la CASNOS et la caisse militaire (**Boughalali , 2003**).

Le décret exécutif numéro 07-69 du 19 février 2007 établit les critères et les procédures pour accorder la concession d'utilisation et d'exploitation des sources thermales, définissant ainsi leur cadre réglementaire « eaux captées à partir d'une émergence naturelle ou d'un forage qui, en raison de la nature spéciale de leur principe, de la stabilité de leurs caractéristiques physiques et de leur composition chimique, peuvent avoir des propriétés thérapeutiques » (**jordap, 2007**). Il définit également les établissements thermaux conformément à ses dispositions « tout établissement utilisant l'eau thermale et ses dérivés à des fins thérapeutiques et de remise en forme » (**jordap, 2007**).

Pour évaluer la qualité de l'eau, il est nécessaire de mener des analyses révélant la présence de gaz, de matières minérales et organiques en suspension. Ces composants peuvent avoir une origine naturelle, provenant des roches, du sol, de l'air, ou de l'activité humaine et animale de la région environnante. La qualité de l'eau est influencée par une multitude de phénomènes, tant naturels qu'anthropiques. La surveillance de la qualité de l'eau revêt une importance capitale pour la santé publique, car des altérations peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur le sol, les organismes humains, voire sur la santé de l'ensemble d'une population.

Certaines villes Algériennes, telles que Ghardaïa, se distinguent par leurs sources thermales, offrant ainsi un potentiel touristique basé sur les ressources naturelles et culturelles qu'elles renferment. Parmi les sources thermales les plus appréciées et réputées de la région : Hammam Zelfana. Certaines études récentes confirment l'existence de nombreuses autres sources thermales, encore inexploitées et méconnues de beaucoup, notamment Ain Zerrara.

Ain Zerrara est un puits à écoulement profond, qui a été découvert en 1974 dans la zone d'EL Guerrara à Ghardaïa lors d'opérations d'exploration pétrolière, et qui a ensuite été transformé en puits d'exploitation. La profondeur du puits atteint entre 650 et 900 mètres et son eau a une température allant jusqu'à 44 degrés Celsius. Ce puits a été foré dans le cadre d'un projet de reconstruction du désert, qui comprenait plusieurs puits similaires (ANRH. 2011)

Certains savent que l'eau d'Ain Zerrara est saturée de sulfates, ce qui lui confère des propriétés thérapeutiques contre les maladies de peau, et c'est ce qui peut attirer des personnes de tout le pays et même de l'étranger pour profiter de ses bienfaits. Mais il n'existe pas d'études actuelles, anciennes ou modernes, démontrant les propriétés physico-chimiques et bactériologiques de cette source chaude. Pour cela L'objectif de ce travail est étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et Bactériologiques d'eau d'une source chaude" ZERRARA" de la région d'EL Guerrara, Lors de la réalisation de cette étude, nous devons répondre aux questions suivantes :

- Existe-t-il une différence de caractéristiques physicochimiques et bactériologiques entre la source de Zerrara de et la source de Zelfana ?
- Ces caractéristiques varient-elles d'un jour à l'autre ? Du matin au soir?

Pour répondre à ces questions, nous réaliserons une étude comparative de l'effet de trois facteurs (Source « Zerrara et Zelfana », Jour et heure de prélèvement « matin et soir ») sur les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques entre la source de Zerrara et la source de Zelfana.

Introduction

Afin d'atteindre cet objectif ce travail a été réalisé en trois chapitres : Le premier chapitre s'articule autour des caractéristiques naturelles de la région de Guerrara et Zelfana (situation géographique, climatologie...), Le deuxième chapitre est Matériel et Méthodes et le troisième chapitre est l'étude Résultats et Discussion.

Chapitre I : Présentation de la région d'étude



Ce chapitre décrit les principales caractéristiques du milieu d'étude, en particulier la localisation géographique du site, le cadre climatique, ainsi que les aspects géologiques et hydrogéologiques de la zone étudiée.

I. Situation géographique et administrative de la région

I.1. Situation géographique de la Wilaya de Ghardaïa

Ghardaïa est située au centre de la partie nord du Sahara algérien, à environ 600 km au sud de la capitale, Alger. Géographiquement, elle se trouve à une altitude de 480 m, une latitude de 32° 30' nord et une longitude de 3° 45' est (Fig. 1). Actuellement, Ghardaïa comprend 8 communes réparties en 7 Daïras, avec une population totale de 396 452 habitants, ce qui correspond à une densité de 4,68 habitants par km². La région couvre une superficie de 86 560 km² (DPAT, 2009).

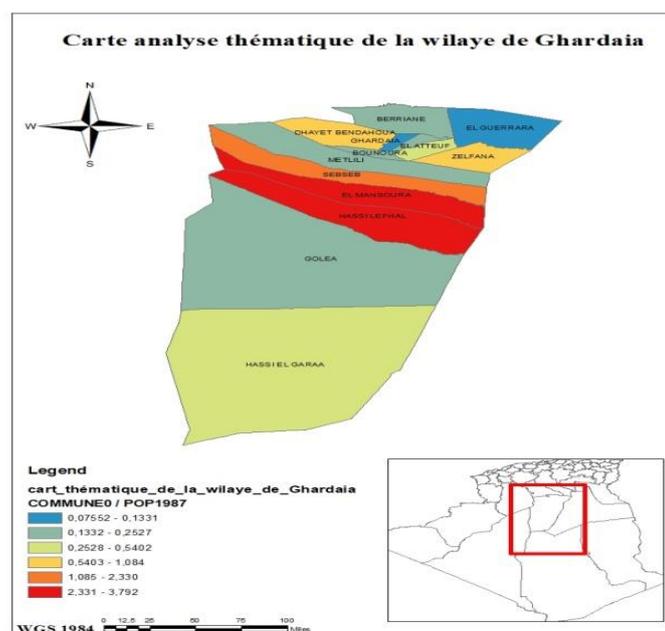


Fig.01: Localisation géographique de la wilaya de Ghardaïa et Menai (Originale, 2024).

I.2. Situation géographique de la région d'El Guerrara

La région d'El Guerrara est située à près de 110 Km au Nord-Est de Ghardaïa chef-lieu de la wilaya. Elle est délimitée au Nord par la Daïra de Messaad (wilaya de Djelfa) et à l'Est par la Daira d'El hadjira (wilaya d'Ouargla), à l'Ouest par les daïras de Berriane et Bounora, et au Sud par les daïras de Zelfana et Al-Atteuf (Fig.2). Ses coordonnées géographiques sont 32° 47' 25" Nord et 4° 29' 32" Est.

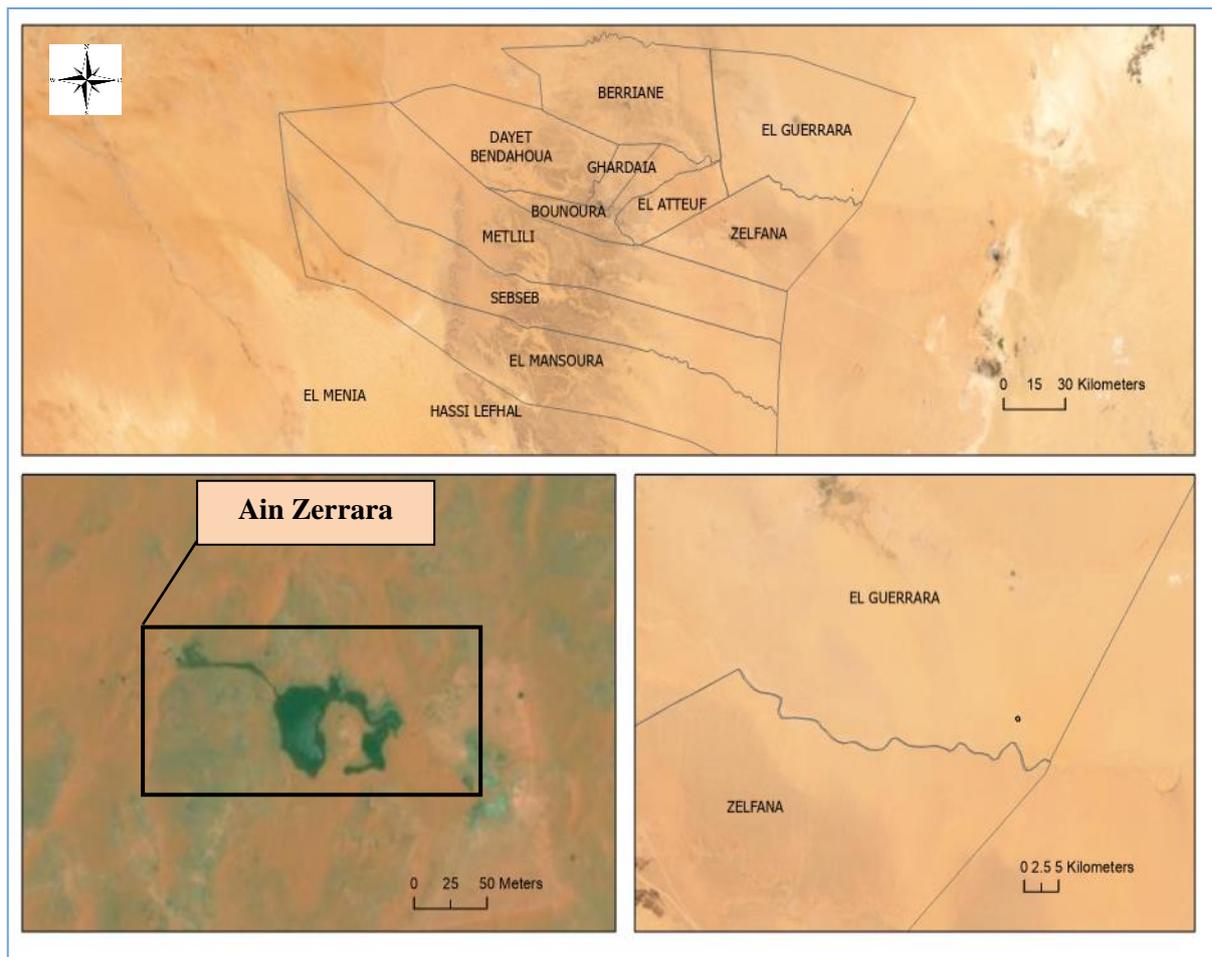


Fig.02 : Carte de positionnement de Ain Zerrara (Original, 2024).

I.3. Situation géographique de La région de Zelfana

Zelfana, à la fois daïra et commune, se trouve dans la wilaya de Ghardaïa, au Nord-Est, à environ 60 km du chef-lieu. Sa superficie s'étend sur 1946,23 km², située à la limite Est de la chebka du M'ZA (Benbada et Bouti , 2023).

La ville comprend quatre quartiers principaux : Zelfana Centre, Zelfana Oued (Diar Thatta), Gouiflat, et Hassi Nour (El Hessei).

- Administrativement elle est délimitée par (Bekouider et Khatoui, 2020).:
- La commune de Guerara du nord.
- Metlili du sud.
- Ouargla du l'est.
- El ateuf a l'ouest

II. Contexte climatologie

La compréhension des caractéristiques climatiques est essentielle pour mener une étude hydrogéologique approfondie. Elle permet d'évaluer de manière précise l'alimentation en eau des réservoirs souterrains par infiltration. Sont reparties sur une période de 10 ans.

II.1 Paramètre climatologique

Les mesures climatiques qui déterminent le climat de la région sont les suivantes :

II.1.1. Températures

Dans notre zone d'étude, la température exerce une influence significative sur d'autres paramètres météorologiques tels que l'évaporation et le taux d'humidité atmosphérique. En conséquence, elle joue un rôle crucial dans le calcul du bilan hydrologique. Cette relation sera illustrée à travers la courbe des variations des moyennes mensuelles des températures.

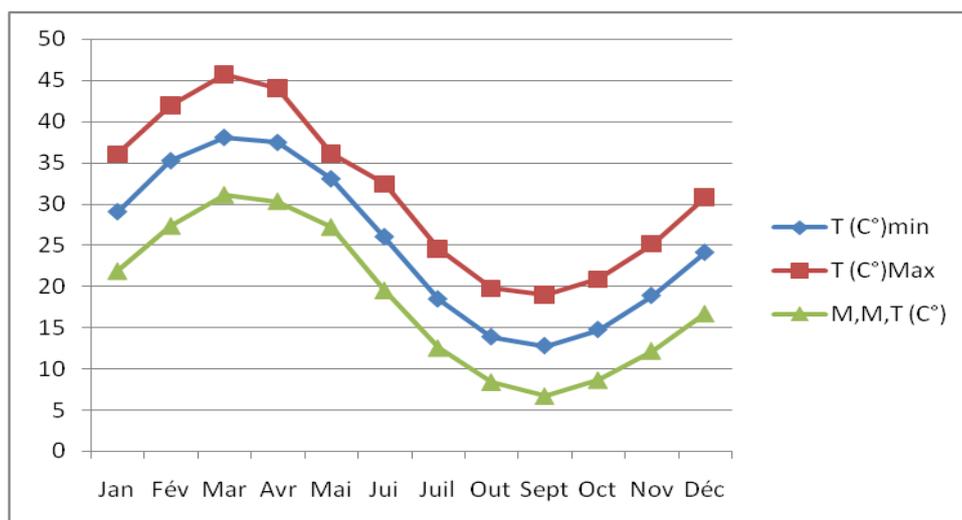


Fig. 03: Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2013-2023).

- D'après le graphique, les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Mars 38.03 (C°) et un minimum en Août 13.09 (C°) et une moyenne de 31.09 (C°)

II. 1.2. Précipitations :

Dans les zones sahariennes, la température joue un rôle moins significatif en raison de la faible quantité de précipitations d'une part et des températures élevées d'autre part. Nous avons élaboré la courbe de variation mensuelle des précipitations.

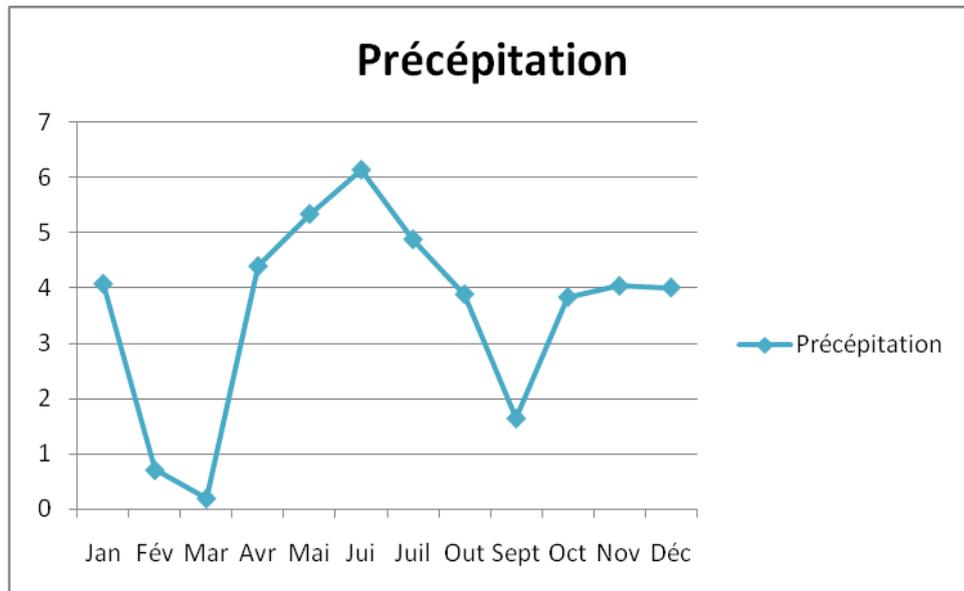


Fig.04: Courbe de variation des précipitations mensuelles (2013-2023).

- La courbe de répartition des moyennes mensuelles montre que : La pluviométrie maximale est de l'ordre de 6,131mm pendant le mois de Juillet, et le Minimum est de l'ordre de 0.202 mm observé pendant le mois de Mars.

II.1.3. L'humidité :

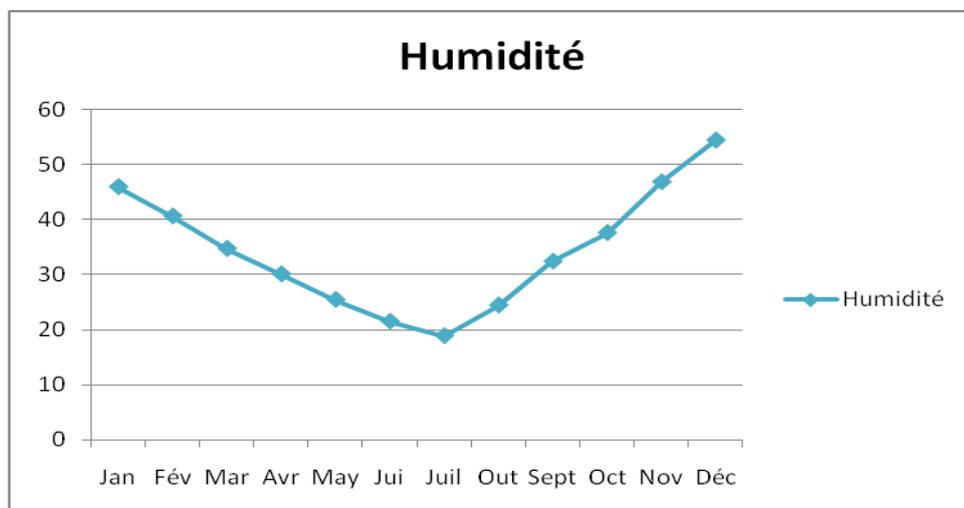


Fig.05: Courbe d'humidité mensuelle interannuelle (2013-2023).

- On remarque d'après le graphe que le taux de l'humidité oscille autour de la valeur Maximum (54.46%) et un minimum de (18.68 %).

II.1.4. Vent: Le vent est un élément climatique essentiel, caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. Donc ne remarquons que la vitesse de vent est plus forts mois de Mai de valeur 17.57 m/s et plus faible moi Aout de valeur de 1.25 m/s

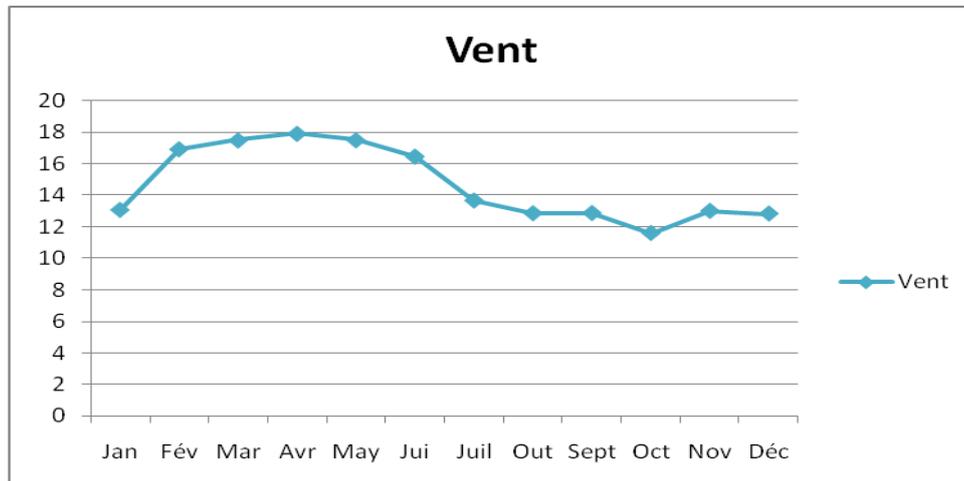


Fig.06: Courbe de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (2013-2023).

II.2. Synthèse climatique

Les divers facteurs climatiques ne fonctionnent pas de manière indépendante les uns des autres (**Benbada et Bouti, 2023**). Il est donc crucial d'examiner l'effet combiné de ces différents facteurs sur l'environnement. Pour caractériser le climat de notre région d'étude, nous avons utilisé le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et le climagramme d'EMBERGER.

II.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Cela se fait en représentant les mois en abscisse, les précipitations sur un axe des ordonnées, et les températures sur un second axe des ordonnées parallèle, en veillant à doubler l'échelle des températures par rapport à celle des précipitations (**Benbada et Bouti, 2023**). La saison aride se manifeste lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures (**Benbada et Bouti, 2023**). La présence d'une période de sécheresse persistante est soulignée, s'étendant sur toutes les années (fig. 7).

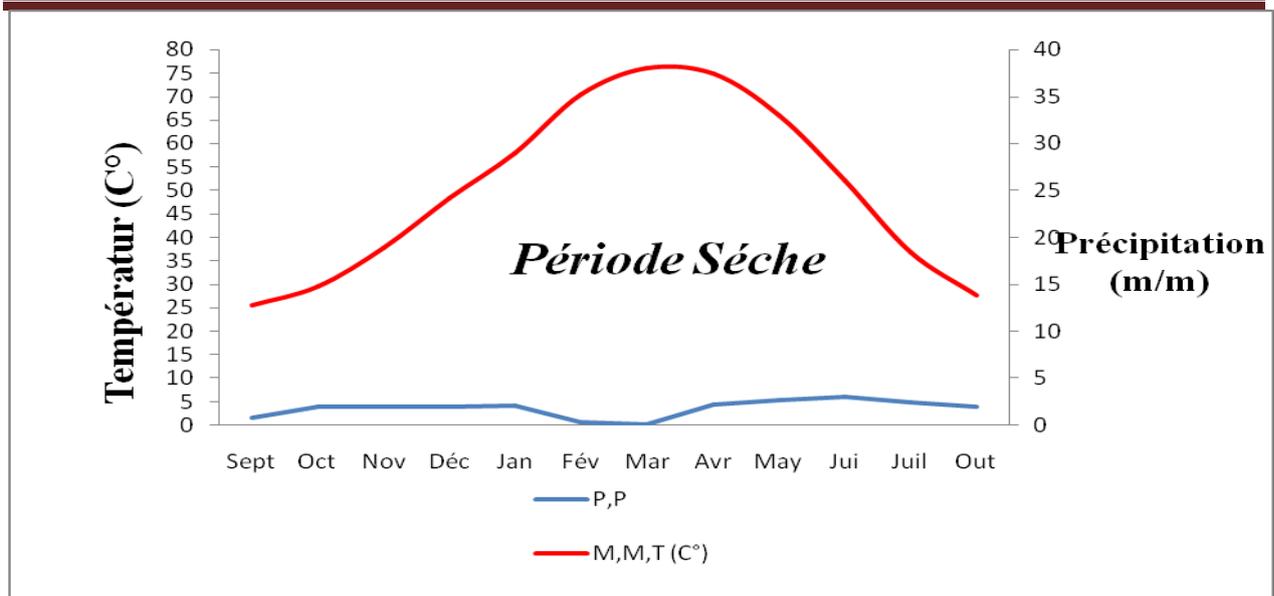


Fig.07: Diagramme Ombrothermique du Bagnouls et Gausson de la région de Ghardaïa pour la période (2013-2023).

II.2.2. Climagramme d’Emberger

L'aridité est influencée par l'amplitude thermique annuelle, qui représente la différence entre la température maximale du mois le plus chaud et la température minimale du mois le plus froid (**Benbada et Bouti , 2023**). Le quotient pluviothermique d’Emberger est un outil utilisé pour classer les différents types de climats (**Benbada et Bouti , 2023**). Emberger propose une formule plus sophistiquée qui prend en compte la variation des températures et des précipitations annuelles (**Benbada et Bouti , 2023**). Son quotient pluviométrique Q3 sont données par la formule suivant :

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Q3: Quotient pluviométrique d’Emberge

P:Précipitations moyennes annuelle exprimées en mm.

M:Moyennes mensuelles des températures maximales exprimées en °C.

m:Moyennes mensuelles de la température minimale exprimées en °C.

Bien sûr, voici une formulation alternative : L'analyse du climagramme d’Emberger pour la période de 2015 à 2022 révèle que la région de Ghardaïa est classée dans l'étage bioclimatique saharien (fig. 8).

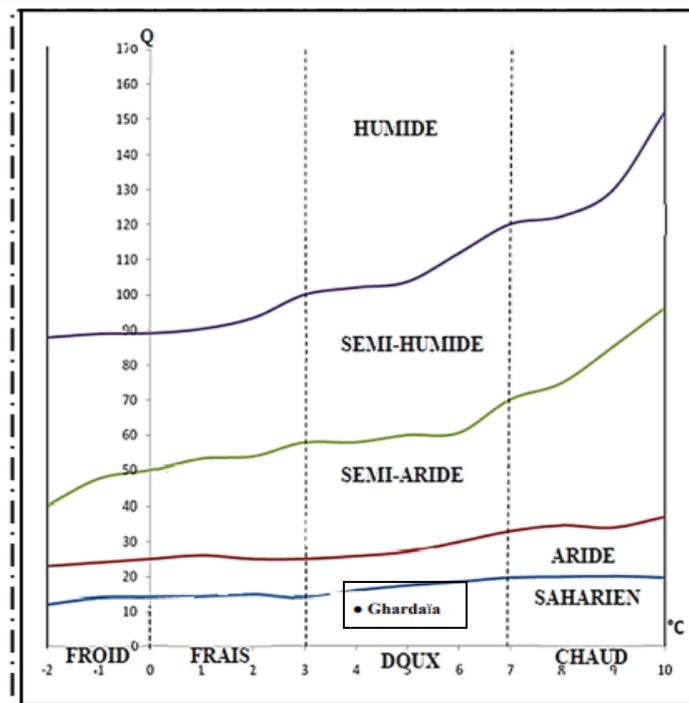


Fig.08: Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2004-2014) (Bouhamida et Labeled, 2022).

III. Contexte hydrogéologique

III.1. Identification hydrogéologique

Le Système Aquifère du Sahara septentrional (SASS) se compose principalement de deux couches aquifères profondes : la formation continentale intercalaire (CI), qui est la plus vaste et la plus profonde, et le complexe terminal (CT), très sollicité dans la région des chotts algéro-tunisiens ainsi que dans le golfe de Syrte en Libye. L'Algérie exploite environ 60% de ces nappes (Bekouider et Khatoui, 2020).

- Les ressources en eau principales de la wilaya sont principalement souterraines, avec une nappe profonde provenant du Continental Intercalaire comme source principale.

III.2. Nappe du continental intercalaire (albienne)

La nappe albienne de la plate-forme saharienne, composée de grès et d'argiles datant de 100 à 150 millions d'années, contient environ 20 000 milliards de mètres cubes d'eau. Elle s'étend sur le Sahara algérien septentrional, le sud de la Tunisie et le nord de la Libye, avec un écoulement des eaux d'ouest en est. Son alimentation, bien que faible, provient principalement des pluies tombant sur le piémont de l'Atlas saharien, alimentant l'accident sud-atlasique. La nappe du Continental Intercalaire peut être artésienne selon l'altitude et les variations d'épaisseur des f

formations géologiques sus-jacentes, créant des pressions importantes au niveau des captages (ANRH, 2016).

III.3. Généralité sur l'aquifère albien de notre zone d'étude

La nappe du Continental Intercalaire dans le Sahara septentrional, notamment dans la wilaya de Ghardaïa, exploite principalement la couche aquifère argilo-gréseuse d'âge albien. Elle est captée à des profondeurs variant de 160 à 100 mètres, suivant une direction ouest-est. L'alimentation de la nappe, bien que faible, provient des eaux de pluie des contreforts sud de l'Atlas saharien. La profondeur de la nappe albienne varie en fonction de l'altitude et des formations géologiques superposées. Dans des zones comme Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Menia, la nappe est artésienne avec des pressions au niveau des captages. En revanche, à Ghardaïa, Metlili, Berriane et d'autres parties d'El Menia, elle est exploitée par pompage, parfois à des profondeurs dépassant 120 mètres (ANRH, 2012).

La région de Guerrara, située dans le Sahara, fait partie du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), qui s'étend sur environ un million de kilomètres carrés entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, couvrant une vaste zone du nord de l'Atlas Saharien au sud du Graben de Hun.

L'oasis de Zelfana exploite les eaux jaillissantes des couches aquifères profondes du Continental Intercalaire à plus de 650 mètres de profondeur, avec des débits souvent supérieurs à 50 litres par seconde et une pression de tête pouvant atteindre 3 bars. (ANRH, 2020).

IV. Contexte géologique

IV.1. Région d'El Guerrara

Une coupe géologique synthétique représentant les caractéristiques de la géologie locale de la région a été élaborée à partir des enregistrements stratigraphiques de trois forages : Foussaa 2, Guerrara 1 et Drine 4 (Hemidi, 2013).

- L'Albien : Présente une importante épaisseur d'environ 400 mètres, principalement composé de sables fins et parfois argileux.
- Le Cénomaniens : Se compose principalement d'argiles grises à marron, devenant sableuses à la base, avec une épaisseur d'environ 250 mètres.
- Le Turonien : Principalement formé de calcaires massifs parfois marneux, d'une épaisseur moyenne d'environ 100 mètres.
- Le Sénonien : Comprend le Crétacé supérieur, présentant deux fenêtres au Nord-Ouest de Guerrara. Formé de calcaires, dolomies, argiles, anhydrites, gypses et marnes, avec une épaisseur moyenne d'environ 300 mètres.

- L'Eocène : Un dépôt carbonaté d'une épaisseur moyenne de 33 mètres, atteignant 57 mètres vers le Sud, constitué de calcaires gris et de marnes.
- Le Mio-Pliocène : Avec une épaisseur moyenne d'environ 31 mètres, composé de sable, d'argile, de calcaires et parfois de grès, cette épaisseur diminue vers le Sud.
- Le Quaternaire : Constitué de dépôts alluviaux fluviatiles quaternaires.

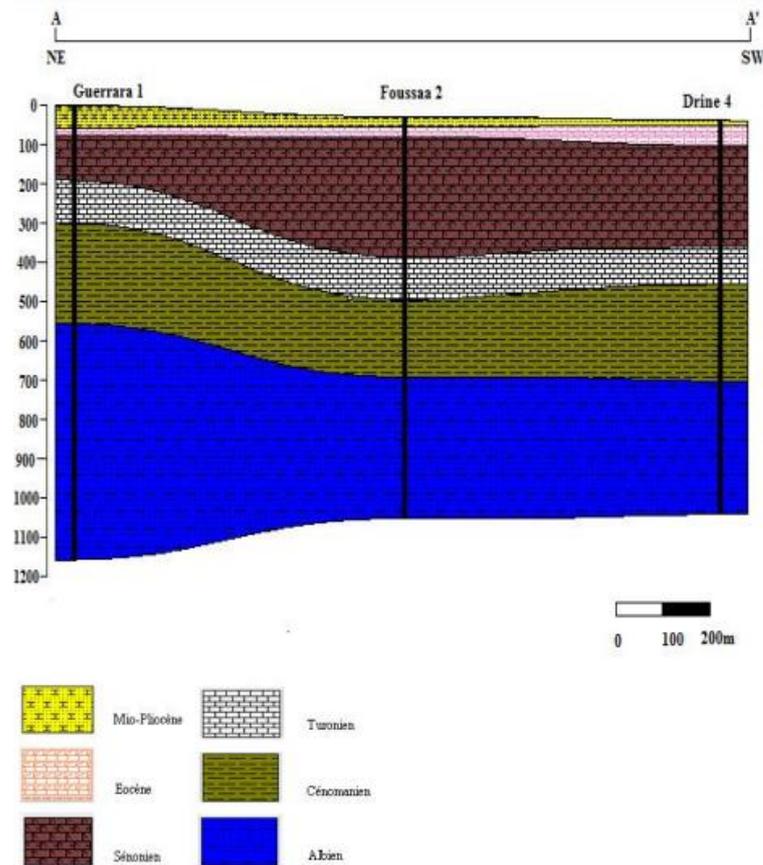


Fig.09: Coupe géologique synthétique de la région de Guerrara (Hemidi, 2013).

La région d'étude se trouve dans la plate-forme saharienne, aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara. L'étude géologique de la région révèle l'existence de deux principaux aquifères :

- **Le Continental Intercalaire** : Son réservoir, d'une épaisseur importante de 400 mètres au forage de Guerrara, est composé de grès et de sables fins, parfois argileux.
- **Le complexe terminal** : L'aquifère étudié est constitué de plusieurs horizons aquifères comprenant des sables rouges, des calcaires beige rosâtre, des argiles rouges marneuses d'âge Miopliocène, et des formations calcaires argileuses d'âge Eocène, avec des couches carbonatées et gypseuses Sénoniennes et Turoniennes reposant sur une base Cénomaniennne.

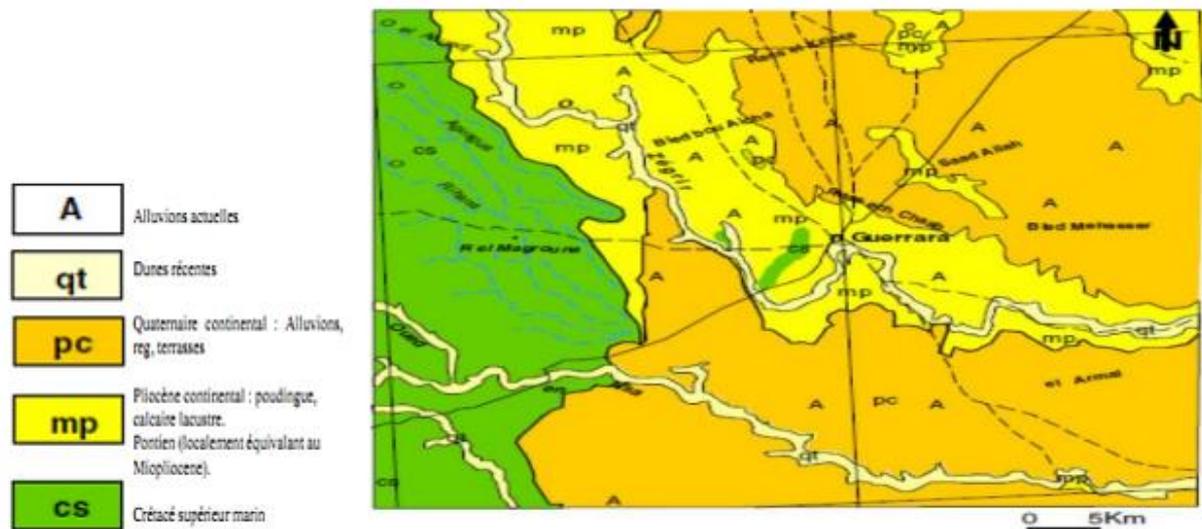


Fig.10: la Carte géologique de la région de Guerrara (1/500 000) (DJILI, 2004).

IV.2. Région de Zelfana

D'un point de vue géologique, la région de Zelfana se trouve aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas-Sahara. Les formations géologiques visibles sont datées du Crétacé supérieur et présentent une disposition tabulaire légèrement inclinée vers le Nord-Est, correspondant au centre du bassin Sur une profondeur de 1000 mètres, les différentes couches géologiques rencontrées sont les suivantes (ANRH, 2020):

- **Le Mio-Pliocène** : Une couche continentale composée de sable rouge consolidé, d'une épaisseur de 60 mètres
- **L'Eocène inférieur** : Une couche de 15 mètres d'épaisseur, constituée d'une strate calcaire blanc fissurée avec des dépôts de silex.
- **Le Sénonien** : Composé de deux faciès successifs :
 - **Sénonien carbonaté** : Une couche de 25 mètres composée de calcaire fissuré karstique.
 - **Sénonien lagunaire** : Une couche de 80 mètres, caractérisée par une alternance de calcaire et de marne à gypse et anhydrite.
- **Le Turonien** : Une couche typique de calcaire massif d'une épaisseur de 110 mètres.
- **Le Cénomaniens** : Une épaisse couche d'argile grise intercalée de calcaires, d'une épaisseur totale de 350 mètres.
- **L'Albien** : Touché à partir de 650 mètres, il est composé de grès et de sables fins avec des intercalations d'argiles. Cette couche forme un vaste aquifère à nappe captive, connu pour sa grande réserve en eau.

Chapitre II : Matériel et Méthodes



I. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étude comparative la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux chaudes d’El Guerarra et Zelfana. Ainsi que leur comparaison avec sa composition physico-chimique indiquée sur les étiquettes et avec les normes de potabilité (Fig.11).

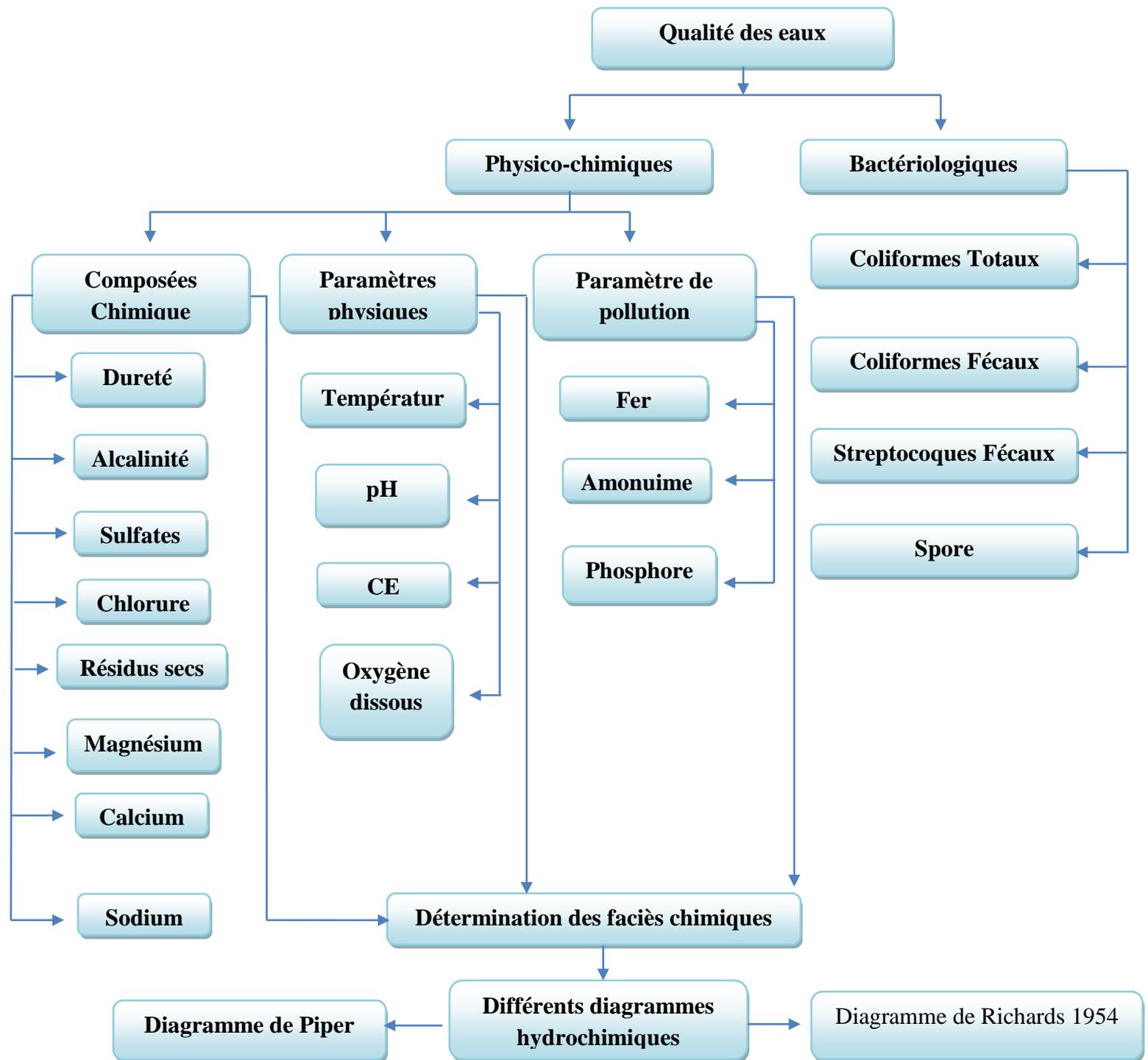


Fig.11 : Approche méthodologique.

II. Echantillonnage (le prélèvement)

La collecte d'un échantillon d'eau est une tâche délicate qui nécessite une attention minutieuse. Il est essentiel que l'échantillon soit homogène et représentatif, tout en préservant ses caractéristiques physicochimiques initiales.

Le prélèvement d'échantillons pour l'analyse physico-chimique ne présente pas de difficultés particulières. Des flacons en plastique suffisent, et un litre d'eau est prélevé pour une analyse complète. Bien que l'échantillon puisse être conservé pendant quelques jours, il est recommandé d'effectuer les dosages des éléments chimiques dès que possible après la collecte, en veillant à prélever l'eau directement dans le flacon (Coulibaly, 2005). Cinq campagnes de prélèvements sont planifiées pour les mois de janvier, février et avril 2024, afin de réaliser les analyses physiques, chimiques et bactériologique au laboratoire ADE à Ghardaïa laboratoire de l'Université de Ghardaïa (Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie).

II.1. Prélèvement pour l'analyse physicochimiques

Les flacons que nous utilisons sont d'abord rincés à l'eau avant d'être remplis jusqu'au bord, puis ils sont refermés, étiquetés et stockés jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

II.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique

Des flacons en verre préalablement nettoyés et stériles au laboratoire. Les flacons ont été remplis au 3/4 du volume.



Fig. 12: Ain Zerrara dans la région de El Guerrara.



Fig.13 : Hammam Zelfana (Forrage n°4).

III. Caractéristiques organoleptiques

Il est essentiel de prendre en compte divers facteurs au moment de la collecte des échantillons. Par exemple, certaines odeurs peuvent se dissiper durant le transport, et l'aspect de l'échantillon peut changer pendant le stockage, avec l'apparition possible de colorations ou de précipités, entre autres modifications (Rodier *et al*, 2005).

III.1. Couleur

La coloration de l'eau indique fréquemment la présence de composés dissous. De plus, la présence d'un soluté entraîne une coloration qui ne se limite pas uniquement au spectre visible (Dahou et Messai , 2022).

III.2. Odeur

Il est important de noter que toutes les eaux thermales ne dégagent pas de mauvaise odeur. En fait, seule une grande catégorie d'eaux thermales, les eaux sulfureuses, également connues sous le nom d'eaux sulfurées, a une odeur particulièrement prononcée (Lefebvre, 2022).

IV. Paramètres physiques (ADE Ghardaïa, 2023)

IV.1. Température :

○ Mode opératoire :

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

(Ghefaflia et Ghazal,2024)



Fig.14: Thermomètre.

IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Mode opératoire :

- ❖ Mélanger l'échantillon, puis versez 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher.
- ❖ Rincez l'électrode à l'eau distillée.
- ❖ Introduisez l'électrode dans l'eau analysée et lisez la valeur sur le pH-mètre.

(Ghefaflia et Ghazal,2024)



Fig.15: pH-mètre.

IV.3. Conductivité électrique (CE)

➤ Mode opératoire :

- Mélanger l'échantillon et versez environ 200 ml de l'eau à analyser dans un bécher.
- Rincez l'électrode avec de l'eau distillée.
- Plongez l'électrode dans l'eau analysée et lisez la valeur sur le conductimètre.
- Rincez l'électrode avant chaque nouvelle mesure.

(Ghefaflia et Ghazal,2024)



Fig.16: Conductivité-mètre.

IV.4. Oxygène dissous

- **Mode opératoire :**
 - Immersion de l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser et démarrage immédiat de la mesure.
 - Attendre environ 20 secondes pour que la mesure se stabilise.



Fig.17: Oxymètre.

V. Paramètres chimique (ADE Ghardaia, 2023)

V.1 Composées ioniques

V.1.1. Dureté de l'eau (TH)

- **Mode opératoire :**
 - Prendre 25ml l'eau à analyser
 - Ajouter 25ml d'eau distillée
 - Ajouter 4ml solution tampon
 - Ajouter une pince de mor de noire (indicateur coloré)
- Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu)



Fig.18 : Dosage de TH.

V.1.2. Alcalinité (TAC)

- **Mode opératoire :**
 - Prélevez 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajoutez 50 ml d'eau distillée.
 - Ajoutez 3 gouttes de produit vert de bromocrésol.
- Titrez avec de l'acide chlorhydrique (HCl) jusqu'au changement de couleur (jaune).



Fig.19: Dosage de TAC.

V.1.3. Sulfates

➤ **Mode opératoire:**

- Dans une fiole jaugée de 50 ml,
- Introduire 50 ml de L'échantillon
- Ajouter 1 ml Acide chlorhydrique au 1/10 (ml) et 5 ml de la Solution de chlorure de baryum
- Agiter 2 à 3 fois énergiquement pendant Après 15 minutes de repos



Fig.20: Dosage de Sulfate.

- Agiter à nouveau et faire la lecture, La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 650 nm.

V.1.4. Chlorure (Cl⁻)

➤ **Mode opératoire:**

- Prélever 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium (K₂CrO₄) (donnant une coloration jaunâtre).



Fig.21: Dosage de chlorure.

- Titrer la solution en ajoutant AgNO₃ à 0,02 N goutte à goutte jusqu'à obtenir coloration brun rougeâtre.

V.1.5. Résidus secs (RS)

➤ **Mode opératoire:**

- Peser les creusets vides et prélever 10 ml d'eau à analyser et peser les creusets remplis puis placer les creusets dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 minutes puis obtenir la masse sèche.
- Chauffer à four à moufle à 550°C pendant 5 heures puis obtenir la masse minérale.



Fig.22: Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs.



Fig.23: Four à moufle.

V.1.6. Magnésium (Mg+2)

➤ Mode opératoire:

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en CaCO3 mg (Rodier, 2005).

$$[TH] = [Mg+2] + [Ca+2]. \quad \text{et} \quad [Mg+2] = [TH] - [Ca+2]$$

Avec: TH: la dureté totale

V.1.7. Calcium (Ca+2)

➤ Mode opératoire:

- Prendre 25ml d'eau analysé
- Ajouter 25ml l'eau distillée
- Ajouter 2ml d'hydroxyde sodium Na OH
- Ajouter une pince de HSN (indicateur coloré)
- Et titre avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu)

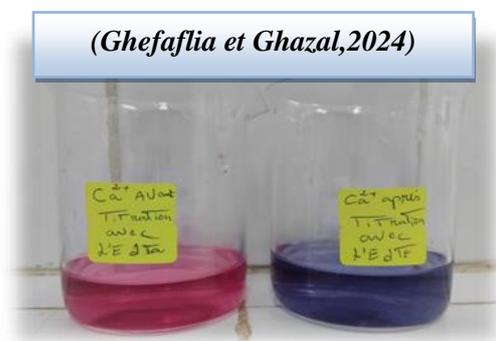


Fig.24: Dosage de Calcium.

V.1.8. Sodium (Na^+)

➤ **Mode opératoire:**

Nébuliser l'échantillon dans une flamme air-acétylène en intercalant de l'eau permutée entre chaque solution. Effectuer le lecteur au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589 nm pour le sodium et 766.5 nm pour le potassium. Régler le zéro de l'appareil avec de l'eau d'ionisée. Se reporter à la courbe d'étalonnage nm (Rodier et al., 2009).

VI.2. Paramètres de pollution :

VI.2.1. Fer (Fe^{+2})

➤ **Mode opératoire:**

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml dans une fiole de 100 ml
- Ajouter 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement
- Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2.0 ml de la solution phenantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 10 mm²



Fig.25 : Spectrophotomètre.



Fig.26: Dosage de Fer.

VI.2.2. L'ammonium (NH_4^+)

➤ **Mode opératoire :**

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser et ajouter 4 ml du réactif coloré homogénéisé

- Ajouter 4ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium.
- Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur

- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 650 nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.



Fig.27: Dosage de Ammonium.

VI.2.3. Phosphore

➤ **Mode opératoire:**

- Introduire 40 ml d'échantillon et ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml, et Compléter le volume Avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.



Fig.28: Dosage de phosphore.

VII. Classification des systèmes géothermiques conductifs (Ouali, 2005) :

- **Classification 1** : Elle est basée sur l'environnement géologique et le système de transfert de chaleur.
 - (a) Aquifères à basse température / basse enthalpie :
 - Environnement géologique : Séquences sédimentaires avec forte porosité / perméabilité.
 - Système de transfert de chaleur : Flux de chaleur normal à légèrement élevé.

- Description : Nappes d'eau profondément situées, chauffées par le gradient géothermique. Les canaux de failles et les systèmes de rupture facilitent la connexion entre la surface et les eaux souterraines.

(b) Roche chaude sèche à haute température :

- Environnement géologique : Roche imperméable.
- Système de transfert de chaleur : Haute température due à un gradient géothermique anormalement élevé ou volcanisme.
- Description : Roche sans fluides ni perméabilité initiale, mais contenant de la chaleur. Pour l'exploitation, il est nécessaire de créer une perméabilité dans la roche afin que le fluide puisse y pénétrer et extraire la chaleur.

➤ **Classification 2 :** Elle est basée sur les caractéristiques thermiques (source de chaleur et état physique de l'eau) et l'origine de l'eau.

(a) Systèmes géothermiques dominés par la conduction :

- Le transfert de chaleur se fait principalement par conduction.
- Exemples :
 - Colline de Fenton, USA : Roche chaude et sèche.
 - Kurobe, Japon : Roche chaude et sèche.

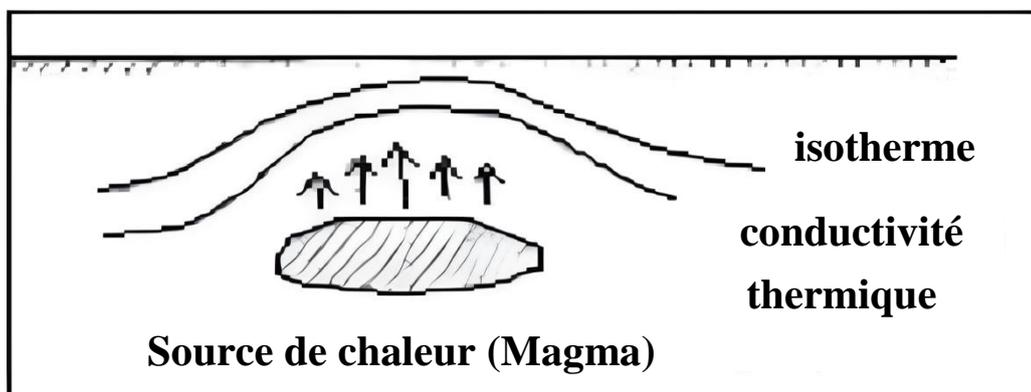


Fig. 29: Systèmes géothermique type dominé par conduction : on note l'absence d'un liquide qui véhicule la chaleur (Ouali, 2005)

(b) Système géothermique type bassin sédimentaire :

- Trouvé dans des roches sédimentaires avec une forte porosité.
- L'eau est chauffée par le flux de chaleur conductif venant de dessous.
- Ce type de système inclut souvent des réservoirs à très haute pression, connus sous le nom de systèmes géopressurisés.
- Ces réservoirs géothermiques géopressurisés présentent une analogie étroite avec les réservoirs géopressurisés utilisés pour le pétrole ou le gaz.
- Exemples :
 - Bassin au Nord du golfe du Mexique (plaines alluviales quaternaires).
 - Albien dans le Sahara septentrional en Algérie.

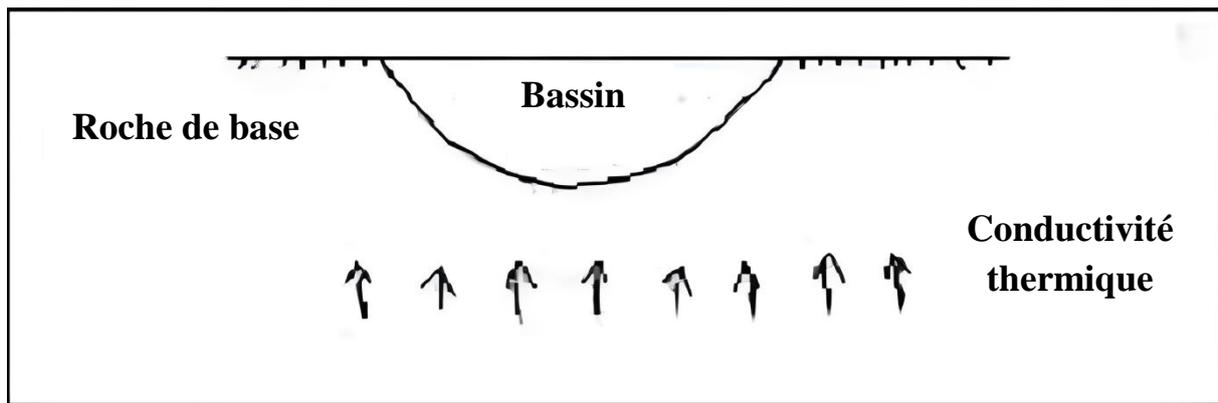


Fig.30: Système géothermique type bassin sédimentaire : l'eau dans les bassins est réchauffée par le flux de chaleur conductif (Ouali, 2005)

(c) Systèmes géothermiques type eau météorique à circulation profonde :

- Caractérisés par des fractures profondes permettant la circulation de l'eau.
- Le flux de chaleur est principalement conductif, à un niveau normal ou légèrement élevé.
- Exemple :
 - Sources chaudes dans des zones non volcaniques.

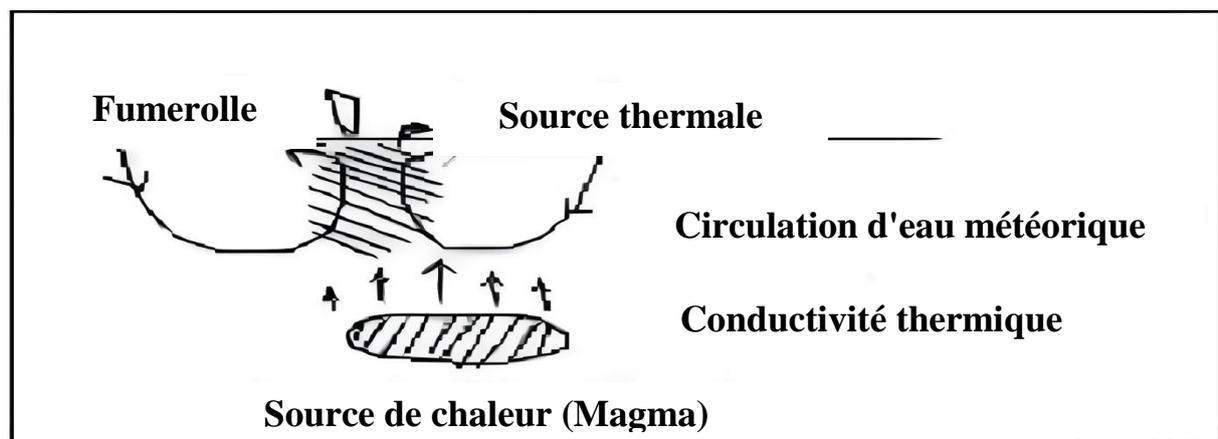


Fig.31 : Système géothermique type eau chaude dominante : très fort flux de chaleur , l'eau météorique est réchauffée devient à deux phases (eau + vapeur), la phase liquide dominante et remonte en surface sous forme de fumerolles ou de sources (Ouali, 2005)

(e) Systèmes géothermiques type vapeur dominante :

- Caractérisés par un flux très conductif alimenté par un magma avec un réservoir à deux phases.
- Principalement trouvés dans les zones volcaniques quaternaires, bien que rares.
- Exemples :
 - Les geysers, USA
 - Larderello, Italie
 - Kamodjang, Indonésie
 - Matsukawa, Japon

(f) Système géothermique type magmatique à haute température :

- Alimenté par de l'eau magmatique avec un réservoir à deux phases et des fumerolles à haute température.
- Généralement situé au cœur des volcans actifs.
- Exemples :
 - Islande
 - Nouvelle-Zélande
 - Volcan de Kuju, Japon

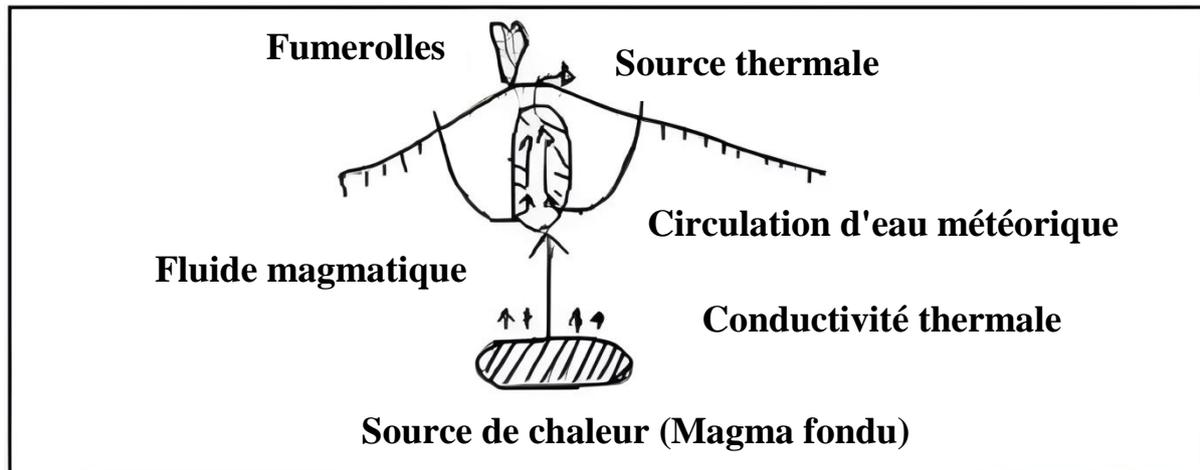


Fig.32: Système géothermique type magmatique à haute température : Eau d’origine magmatique et météorique avec création d’un réservoir à deux phases (eau + vapeur) (Ouali,2005)

VIII. Détermination des faciès chimiques et des classes d’irrigation

VIII.1 Détermination des faciès chimiques

En hydrogéologie, les faciès chimiques sont fréquemment utilisés pour décrire la composition des eaux naturelles. Pour faciliter la comparaison et la classification, des représentations graphiques sont utilisées, telles que le diagramme de Piper...ect. Le diagramme de Piper est un outil polyvalent qui permet (Harkat et Bennaceur, 2019) :

- D’illustrer l’évolution chimique des eaux dans un aquifère et des mélanges d’eaux de minéralisations différentes, et d’estimer la lithologie à partir des analyses chimiques,
- D’établir une relation entre le chimisme de l’eau et la nature lithologique de l’encaissant, et de projeter plusieurs échantillons simultanément pour suivre leur évolution dans le temps et l’espace, les comparer et comprendre les mélanges,
- De suivre les propriétés physico-chimiques au cours de leur évolution spatio-temporelle.

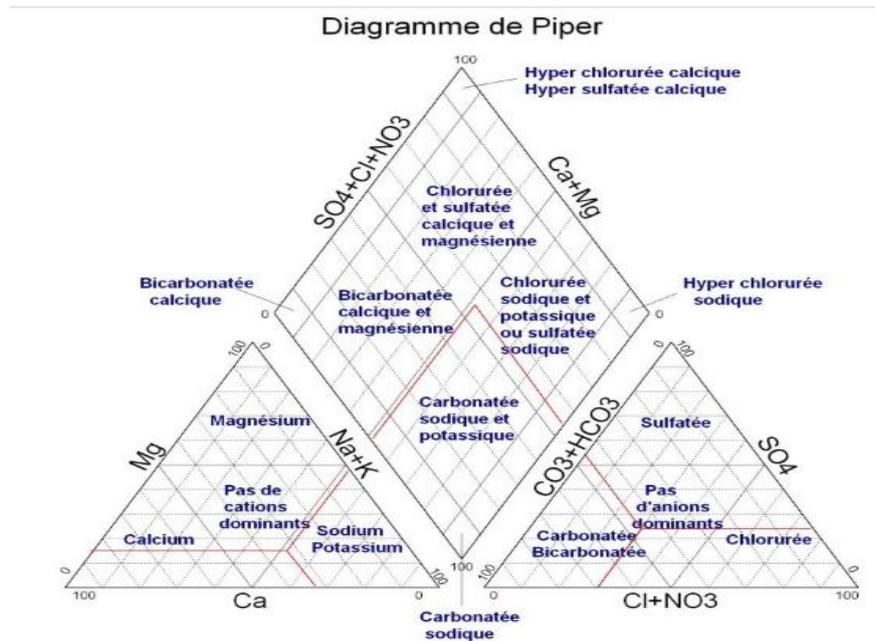


Fig.33: Diagramme de piper (Zereg, 2010).

VIII.2. Détermination des classes l'irrigation (Diagramme de Richards 1954)

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 sur le diagramme de Wilcox afin de faciliter la caractérisation des eaux profondesur leur aptitude à l'irrigation, mais il n'était disponible que la valeur de conductivité de quelques échantillons (Hölting, 1996).

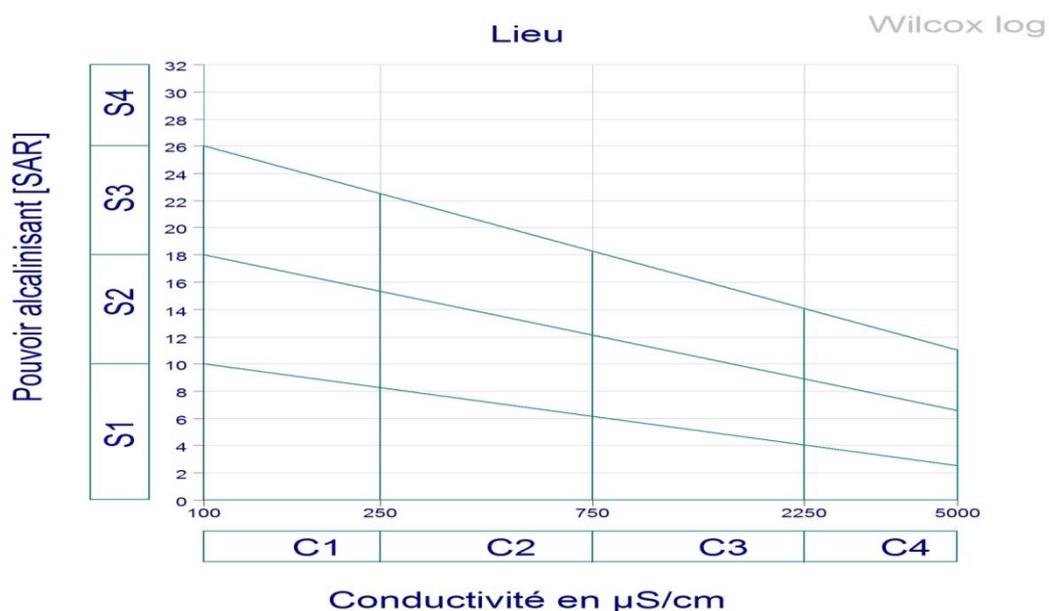


Fig.34: Diagramme de Richards 1954.

IX. Calcul et analyse statistique

Les données sont traitées par le logiciel statistique **STATISTICA** version 10. Elles sont soumises à une analyse de la variance ANOVA à trois facteurs (Source « Zerrara et Zalfana », Jour et heure de prélèvement « matin et soir »). Les différences sont considérées significatives au seuil 5%. Les moyennes sont classées selon la classification de Test de Newman-Keuls.

X. Analyse bactériologique

La technique utilisée pour la recherche des coliformes (totaux et fécaux) et des streptocoques fécaux en milieu solide dans des boîtes de Pétri est la méthode de filtration par membrane.

Cette technique, couramment employée en laboratoire, permet de concentrer les micro-organismes sur une petite surface. L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane de filtration ayant une porosité de 0,45 μm et un diamètre de 47 mm. La membrane est ensuite placée sur un support de filtration. Après la filtration, la membrane est déposée sur un milieu gélosé (**Rodier et al., 2009**).

X.1. Coliformes totaux

Le groupe des coliformes englobe une gamme de bactéries aérobies et anaérobies facultatives, de forme bacillaire, à Gram négatif, qui ne forment pas de spores et sont négatives pour le cytochrome oxydase. Ce groupe est caractérisé par sa capacité à fermenter le lactose, produisant ainsi du gaz, dans un délai de moins de 48 heures à une température de 35°C (**Desjardins, 2010**).

X.2. Coliformes fécaux

X.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

1. Méthode par filtration
2. Milieu utilisés : milieu TTC.TERGITOL (Bactéries Aérobies)

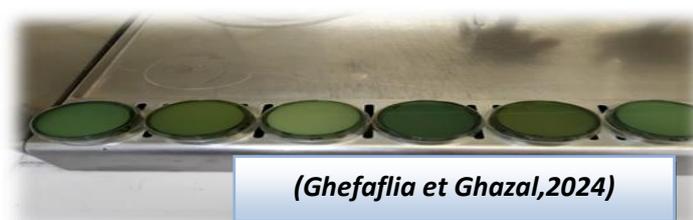


Fig.35 : Gélose (TTC) TERGITOL.

➤ **Mode opératoire:**

- Ouvrir le bec-benzen créer une zone de protection et apporter du matériel à utiliser pour filtration (eau distillée, pince, membrane filtre 0.45 µm)
- Stériliser la membrane poreuse par flamme et l'entonnoir
- Refroidir l'entonnoir et déposer un filtre de 0.45 um de diamètre sur la membrane poreuse
- Remplir l'entonnoir (100 ml de l'échantillon d'eau) remettre le couvercle pour les rampes
- Transférer la membrane aseptiquement sur: une plaque de gélose Tergitol TTC
- Incuber les boîtes pétries dans l'incubateur à 37°C pendant 24 h à 48h .



Fig.36: Appareil de filtration sur membranes.

➤ **Test de présomption :**

- Pour des coliformes (Coliformes totaux) et (Coliformes fécaux)
- Après l'incubation, de petites colonies jaunes ou jaunes orangées se forment avec une zone jaune au-dessus

➤ **Test de conformation :** Le test confirmatif s'effectue sur milieu T.S.A comme suit :

- Repiquer colonies sur gélose TSA à l'aide d'une anse de platine.
- l'ensemencer en stries à la surface de la gélose de T.S.A
- Incuber les boîtes pétries dans l'incubateur à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Test oxydase :** pour Coliformes totaux :

- le lecteur avec Test oxydase on pose un disque oxydase dans le boîte pétri vide
- ajoute des gouttes d'eau distillé stérile plus échant sur le disque
- Par pépat Pasteur nous élevons la colonie qui se spèculifique (Nous plaçons la moitié d'entre elles sur le disque)
- Pas de virage (OXYDASE-)
- Virage au bleu violet foncé (OXYDASE+)

X.2.2. Recherche de l'indole :

pour Coliformes fécaux : Après avoir confirmé la présence des coliformes totaux on met la colonie dans un tube de tryptophane et on incube le tube à 44°C pendant 24 h avec l'humidité.

On ajoute 2 à 3 gouttes de réactif KOWACS, Au bout de quelques secondes

- Absence de anneau rouge (**INDOLE -**)
- Formation d'une anneau rouge (**INDOLE+**) c'est la présence de (**E.coli**)

X.3. Streptocoques fécaux

➤ Mode opératoire:

- Ouvrir le bec-benzen créer une zone de protection et apporter du matériel à utiliser pour filtration (eau distillée, pince, membrane filtre 0.45 µm)
- Stériliser la membrane poreuse par flamme et l'entonnoir
- Refroidir l'entonnoir et déposer un filtre de 0.45 um de diamètre sur la membrane poreuse
- remplir l'entonnoir (100 ml de l'échantillon d'eau) remettre le couvercle pour les rampes
- Transférer la membrane aseptiquement sur: une plaque de SLANETZ et BARTLEY
- Incuber les boîtes pétries dans l'incubateur à 37°C pendant 24 h.



Fig.37: Gélose SLANETZ et BARTLEY.

➤ Test de préemption

Après l'incubation, voir des Colonies rouges briques ou roses ou brunes .

➤ Test de conformation :

• Transférer la membrane sur une plaque de gélose BEA. Et incuber les boîtes de Pétri dans l'incubateur à 44°C avec l'humidité et les laisser pendant 2 heures.

• Lorsque nous observons des zones noires sous les colonies

➤ Test catalase :

- Prendre une boîte de Pétri et ajouter une gouttes de H₂O₂ sur la colonie.
- Remarque : Observation de dégagement de bulles d'air, ou leur absence.

- Le dégagement de bulles indique une réaction positive, tandis que leur absence indique une réaction négative (La présence de bactéries)

X.4. Spores : ASR (Bactéries Anaérobies Sulfito -Réductrices) :

➤ **Mode opératoire :**

- placer Les bouteilles dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes dont le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries éventuellement présentes.
- Les bouteilles sont retirées du bain-marie et laissées refroidir sous d'eau de robinet.
- Nous utilisons du papier filtre de 0,22 µm .
- Nous filtrons 100 ml de l'échantillon après avoir stérilisé le dispositif de filtration.
- On met le papier filtre le face quadrillé inversé dans une boîte petri vide puits on verse une couche de gélose VF viande foie
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ.
- incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures .

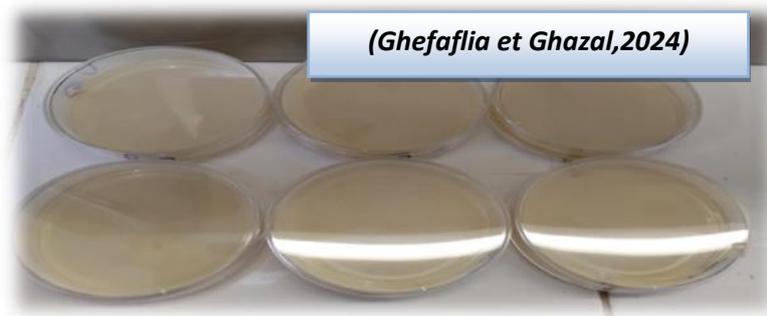


Fig.38: des boîte petridu gélose VF viande foie.

➤ **Test de présomption :**

Dénombrer les colonies caractéristiques noires.

Chapitre III : Résultats et Discussions



Dans ce chapitre, nous faisons la présentation des résultats des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux chaudes d'El Guerarra et Zelfana.

I. Caractéristiques organoleptiques

I.1. Couleur

Les échantillons prélevés à Ain Zerrara et Zelfana n'ont aucune couleur.



Fig.39 : Couleur de l'eau d'Ain Zerrara et Zelfana.

I.2. Odeur

Les échantillons étudiés ont montré que la source Zerrara a une odeur proche de l'odeur de la mer, contrairement à la source Zelfana qui n'émettait aucune odeur.

II. Paramètres physique

II.1. Température (C°)

Les résultats de la variation de température pour les échantillons étudiés des sources Zerrara et Zelfana sont présentés dans la figure 40. L'analyse des valeurs des températures des eaux des sources Zerrara et Zelfana révèlent des valeurs relativement élevées.

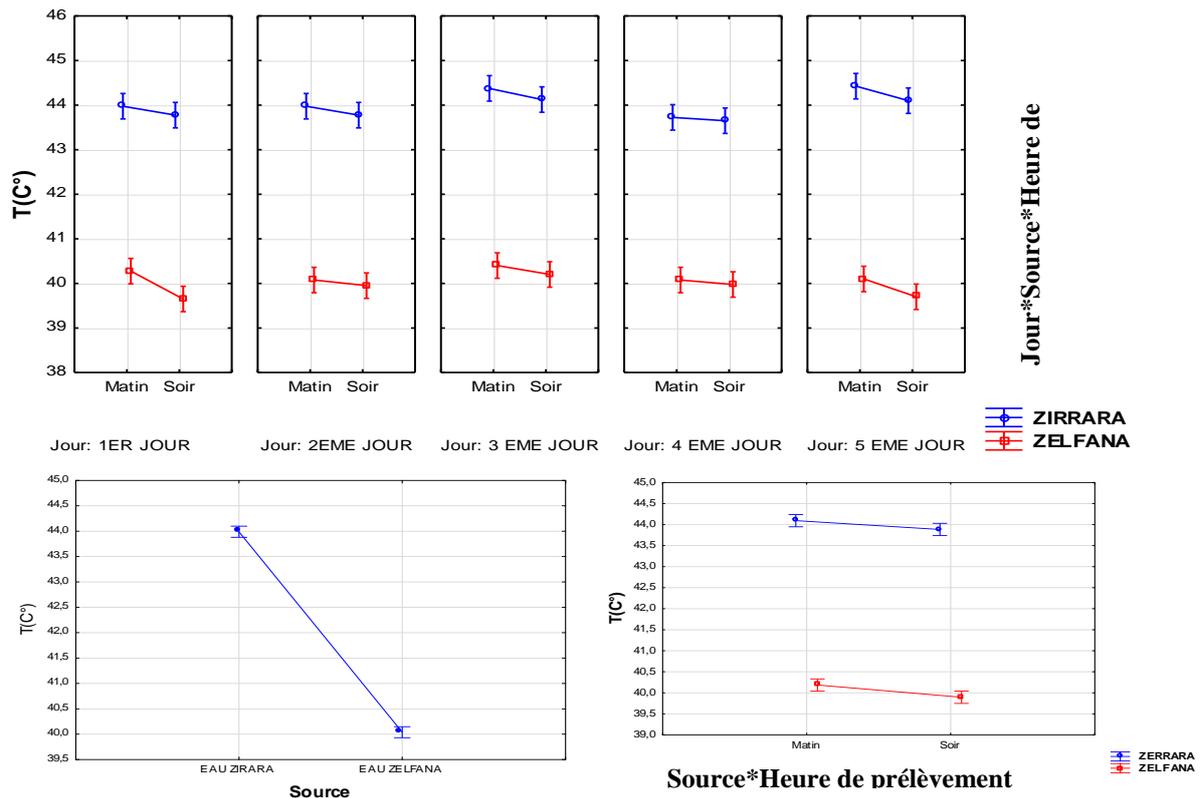


Fig.40: Valeurs moyennes de température avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré qu'il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées pour la source Zerrara et la source Zelfana. Les échantillons prélevés à la source Zerrara ont enregistré une valeur moyenne de 44°C, tandis que les échantillons prélevés à la source Zelfana ont enregistré une valeur moyenne de 40 °C. Alors que les facteurs d'heure de prélèvement et le jour de prélèvement n'ont aucun effet sur les valeurs de température. A partir ces résultats, nous pouvons classer l'eau de source de Zerrara comme eau thermale (35-50 °C). Les résultats obtenus pour le forage de Zelfana étaient similaires à ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient observé des températures atteignant 40,7°C. Mais ils sont inférieurs à ceux rapportés par **Bencheikh (2012)**, qui avaient trouvé des valeurs entre 45-45,2°C

II.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats des valeurs moyennes de pH pour les échantillons prélevés aux sources Zerrara et Zelfana sont présentés dans la figure 41.

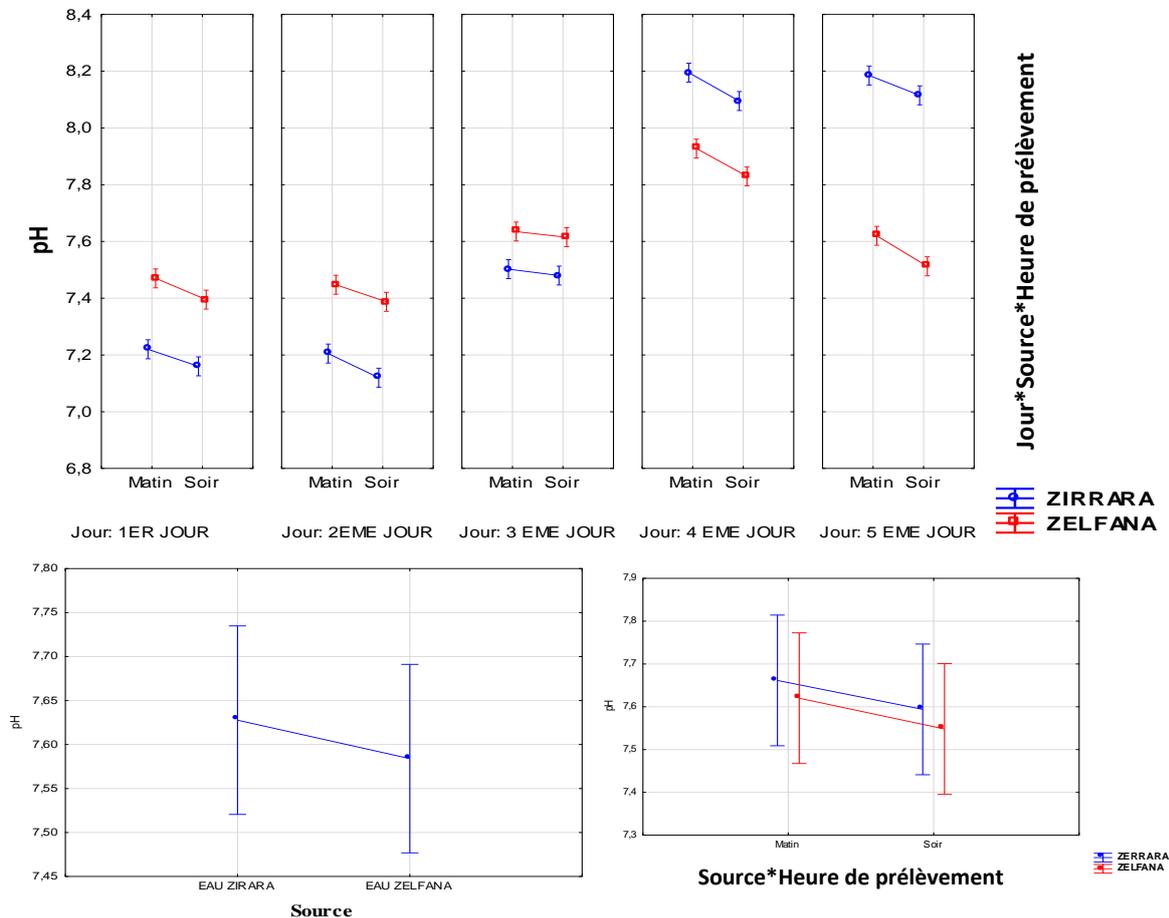


Fig.41: Valeurs moyennes de pH avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que les trois facteurs (source * heure de prélèvement * jour de prélèvement) ont un effet évident sur les valeurs moyennes du pH, mais il n'y a aucun effet sur les valeurs moyennes du pH pour les deux facteurs (source * heure de prélèvement) ou le facteur (source) seul. Pour Ain Zerrara montrent des valeurs comprises entre 7,59 et 7,66, tandis que celles de Zelfana varient entre 7,54 et 7,62. Les résultats obtenus pour le forage de Zelfana sont inférieurs à ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient trouvé des valeurs de pH allant à 8,16. Et ils sont supérieurs à ceux rapportés par **Bencheikh (2012)**, qui avaient trouvé des valeurs de pH allant à 6,5.

- Ces valeurs assez proches à la neutralité, sont acceptables selon les normes d'OMS et réglementaires algériennes.

II.3. Conductivité électrique (CE)

Les résultats obtenus pour les différentes valeurs de la conductivité électrique des eaux sont illustrés dans la figure 42.

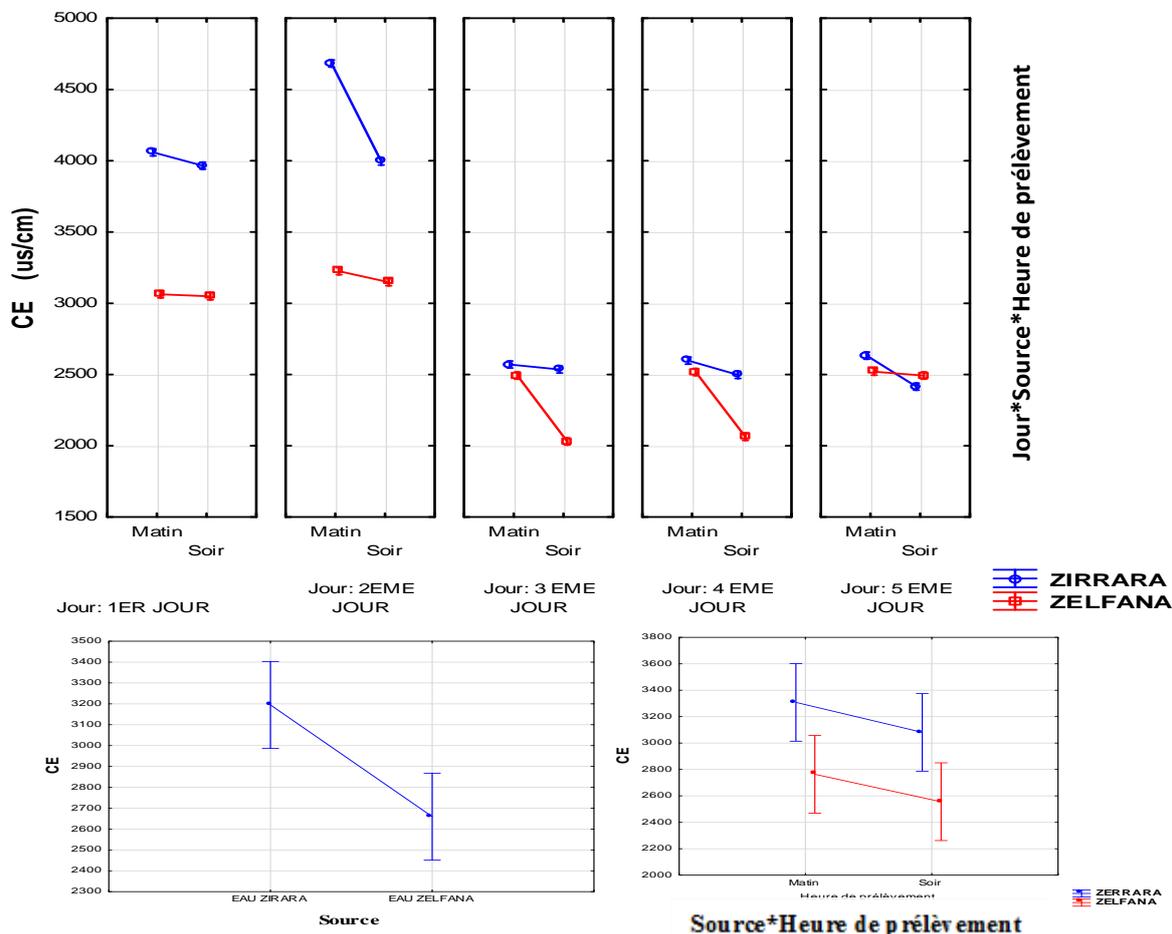


Fig.42 : Valeurs moyennes de CE (µs/cm) avec différents facteurs.

Les valeurs de la conductivité varient entre 3308,25 à 3081,50 µs/cm pour le forage de Zerrara et de 2556,25 à 2763,50 µs/cm pour le forage de Zelfana. Les valeurs de trois derniers jours pour les deux sources sont admissibles d’après les normes d’OMS (2500 µs/cm), donc ces eaux ne sont pas salines. Par contre, les valeurs de premier et deuxième jours dépassent les normes OMS. Ce qui implique une salinité d’eau élevé. À causes du taux élevés des différents ions chimiques déjà déterminés dans les eaux, dont la cause principale et l’infiltration des eaux d’irrigation en plus à l’utilisation de fertilisants et pesticides chimiques, ainsi que les couches géologiques traversées par les puits favorisent l’accumulation des sels dans la nappe. Les résultats obtenus pour le forage de Zelfana sont concordent avec ceux trouvés par **Bencheikh (2012)**, qui a enregistré des valeurs de 2770 µs/cm, par contre ils sont supérieurs à ceux

rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient observé une conductivité électrique maximale de 2340 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

II.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous (OD) est un paramètre crucial pour évaluer la qualité de l'eau, particulièrement pour les écosystèmes aquatiques. Les résultats obtenus pour les différentes valeurs de l'oxygène dissous des eaux sont illustrés dans la figure 43.

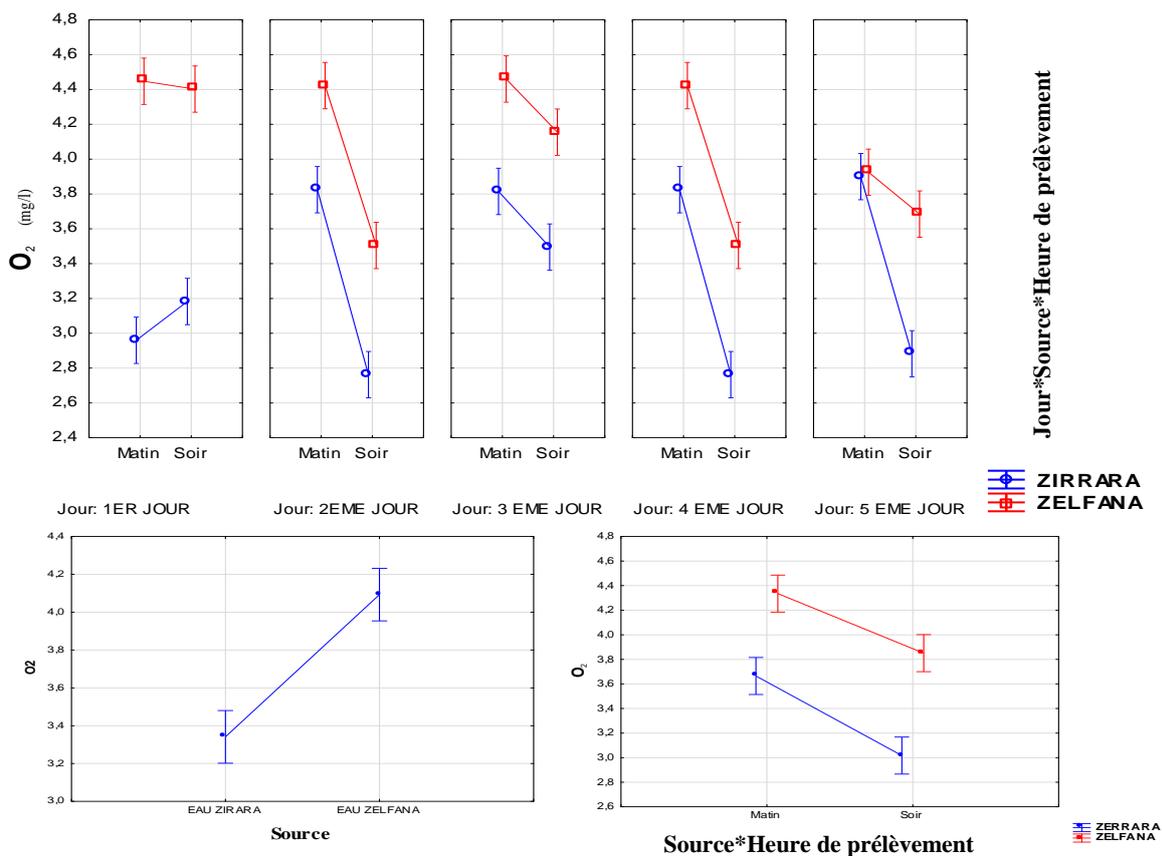


Fig.43: Valeurs moyennes d'oxygène dissous (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique montre que tous les facteurs ont un effet sur les valeurs moyennes d'oxygène dissous, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source. Pour source de Zerrara, les valeurs maximales sont de 3.66 mg/l le matin et les valeurs minimales sont de 3.01 mg/l le soir. Mai pour source Zelfana, les valeurs maximales sont de 4.33 mg/l le matin et les valeurs minimales sont de 3.85 mg/l le soir.

- Cependant, nous constatons que les résultats actuels demeurent conformes aux normes réglementaires algériennes.

III. Paramètres chimiques

III.1. Dureté de l'eau

L'analyse du dosage des TH (Titre Hydrotimétrique) au laboratoire a donné les résultats suivants :

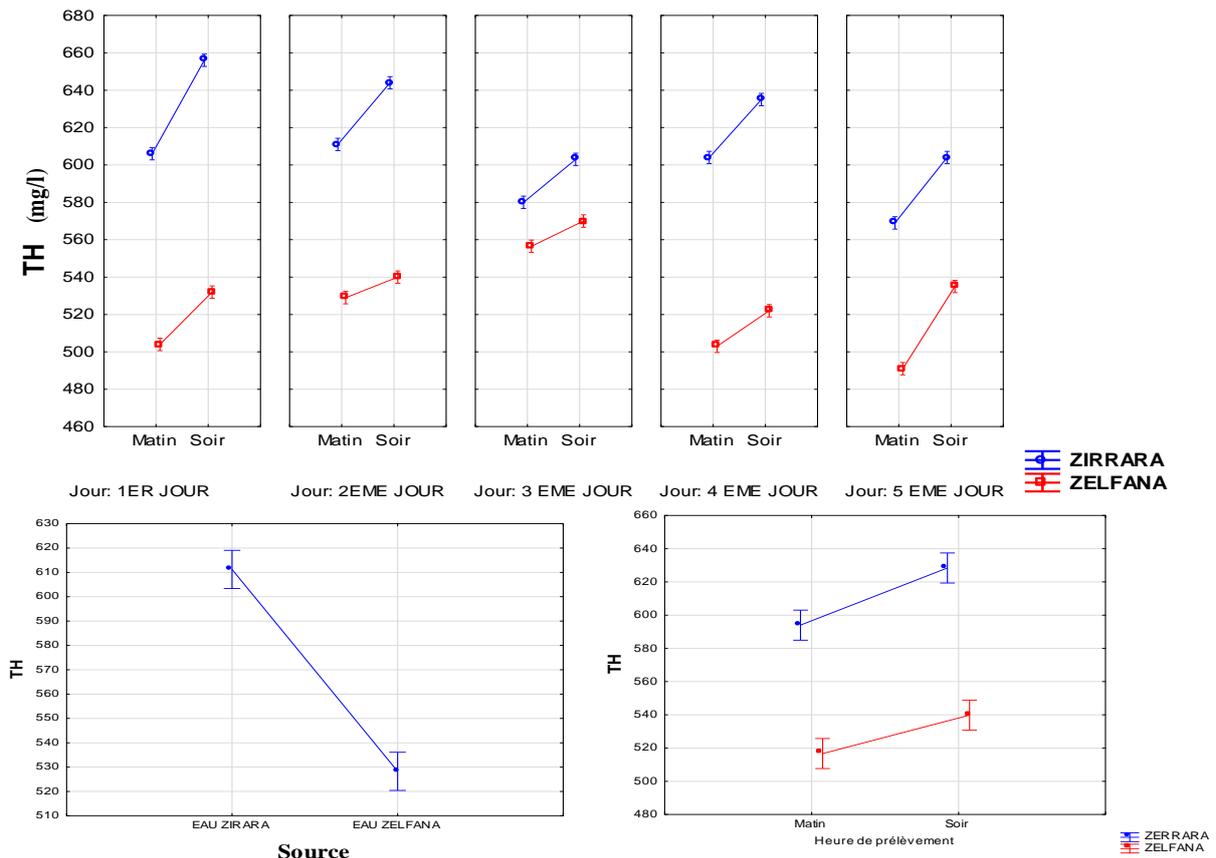


Fig.44: Valeurs moyennes de Dureté (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique montre que tous les facteurs ont un effet sur les valeurs moyennes de dureté, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour le forage d'Ain Zerrara, la concentration maximale est de 628,40 mg/l le soir et la concentration minimale est de 594 mg/l le matin. En ce qui concerne le forage de Zelfana, les valeurs maximales atteignent 539,80 mg/l le soir et les valeurs minimales descendent à 516,70 mg/l le matin. Ces résultats pour le forage de Zelfana surpassent ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient trouvé une concentration de 16,5 mg/l, et **Bencheikh (2012)** avec 720 mg/L. Ces valeurs ne sont pas acceptables selon les normes d'OMS et réglementaires algériennes (200mg/l).

III.2. Alcalinité TAC

Ces résultats mettent en évidence des variations dans les niveaux d'alcalinité entre les deux forages :

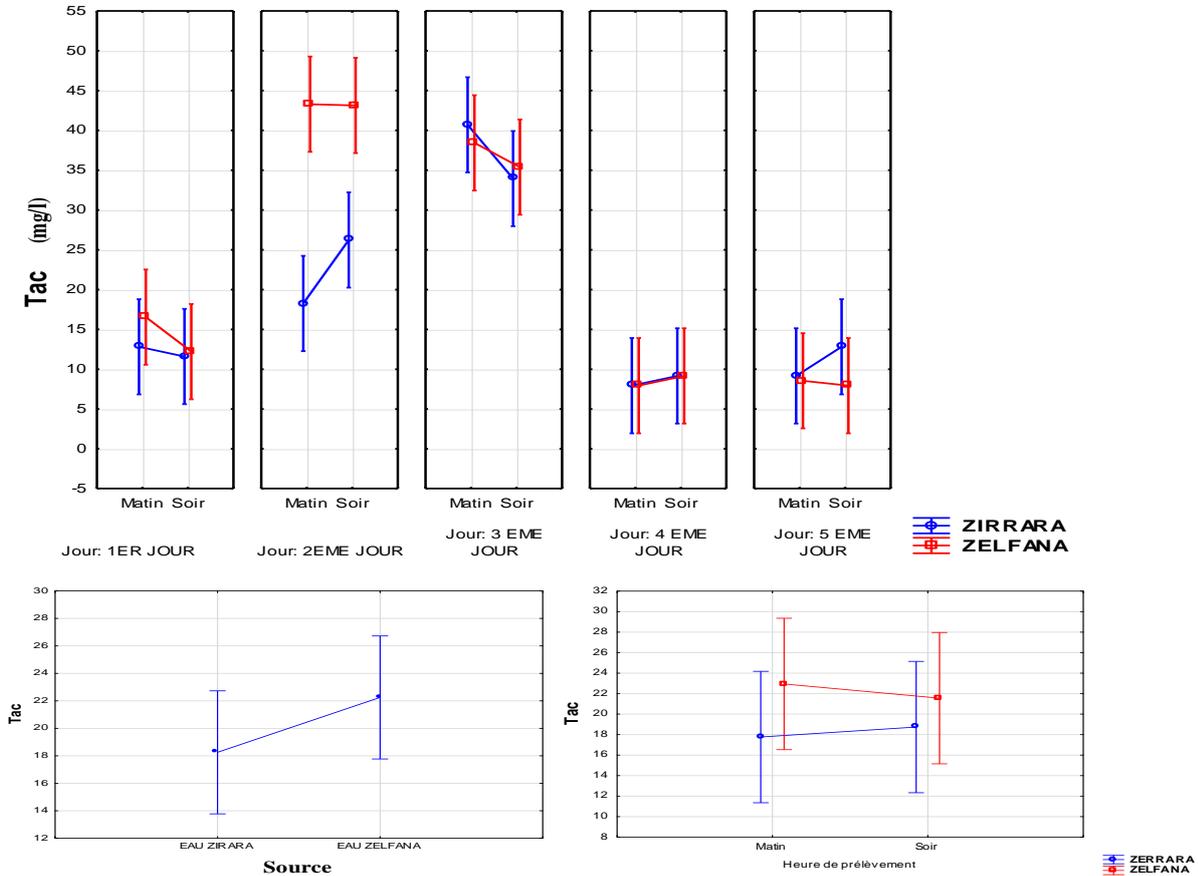


Fig.45: Valeurs moyennes de l'alcalinité (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de de l'alcalinité, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source (sauf le 2emme jour).

Pour le forage d'Ain Zerrara, une valeur maximale de 18,74 mg/l a été enregistrée le soir et une valeur minimale de 17,76 mg/l le matin. En ce qui concerne le forage de Zelfana, les valeurs maximales atteignent 22,94 mg/l le matin et les valeurs minimales descendent à 21,55 mg/l le soir. Ces résultats pour le forage de Zelfana surpassent ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient trouvé une concentration de 10,9 mg/l.

III.3. Sulfates

L'analyse des concentrations en sulfates, réalisée en laboratoire, a révélé les résultats suivants :

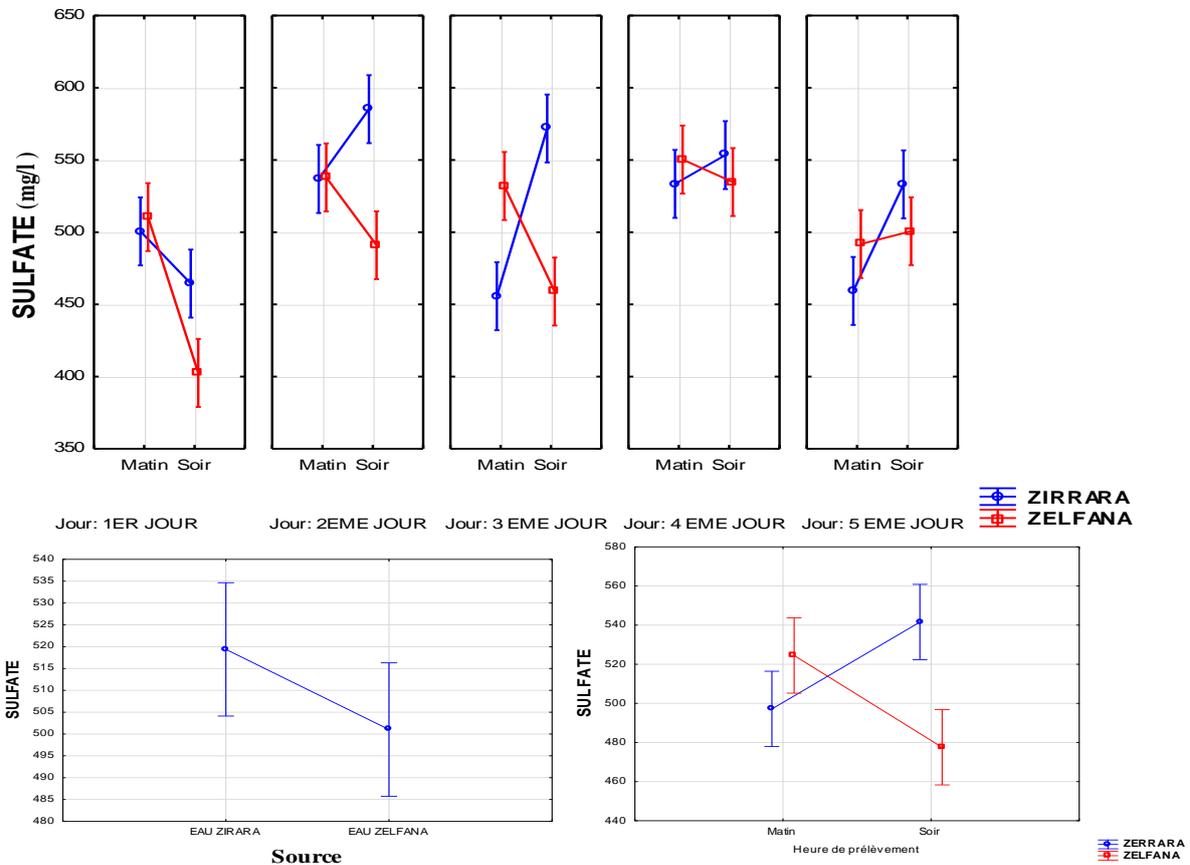


Fig.46: Valeurs moyennes de sulfate (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou le facteur de source, n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de sulfate. Par contre les deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) ont un effet sur les valeurs moyennes sulfate. Pour source d'Ain Zerrara, les valeurs maximales sont de 541,58 mg/l et les valeurs minimales sont de 497,19 mg/l. Mais pour source Zelfana, les valeurs maximales sont de 524,48 mg/l et les valeurs minimales sont de 477,56 mg/l. Pour le forage de Zelfana les résultats dépassent ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)** où une concentration de 138,28 mg/l a été mesurée.

- ❖ Ces valeurs ne sont pas acceptables selon les normes d'OMS et réglementaires algériennes (400mg/l).

III4. Chlorure

L'analyse des concentrations d'oxygène dissous (OD) dans l'eau de puits est essentielle pour évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à différentes utilisations. les résultats sont présentés comme suit :

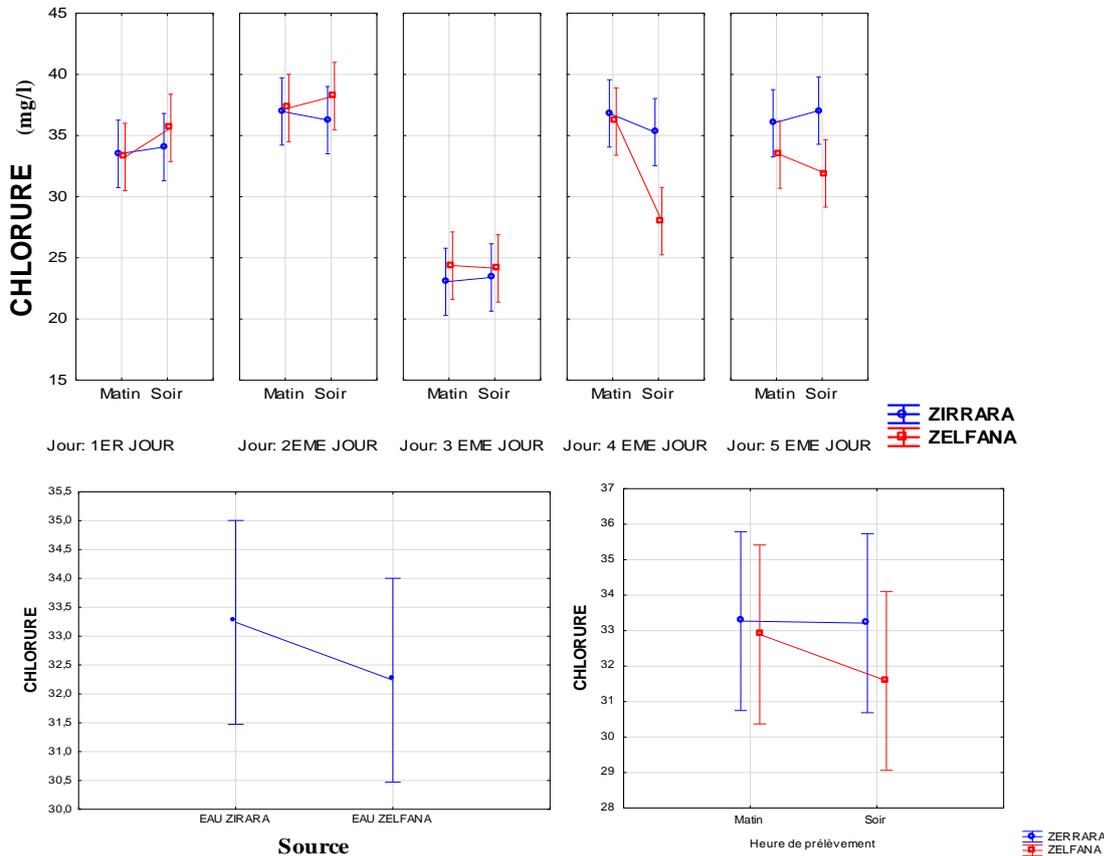


Fig.47: Valeurs moyennes de Chlorure (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de de Chlorure, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour le forage d'Ain Zerrara, les valeurs varient entre 497,19 et 541,58 mg/l, et pour le forage de Zelfana, les valeurs varient entre 477,56 et 524,48 mg/l. Ces résultats pour le forage de Zelfana sont supérieurs à ceux rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, qui avaient trouvé une concentration de 13,63 mg/l.

- ❖ Cependant, il est important de noter que les valeurs actuelles sont acceptables selon les normes d'OMS et réglementaires algériennes fixées à 500 mg/l.

III.5. Matière sèche

Les résultats de l'analyse de la matière sèche pour les échantillons étudiés sont présentés dans la Fig. 48 Il apparaît que les échantillons présentent des variations de matière sèche significatives :

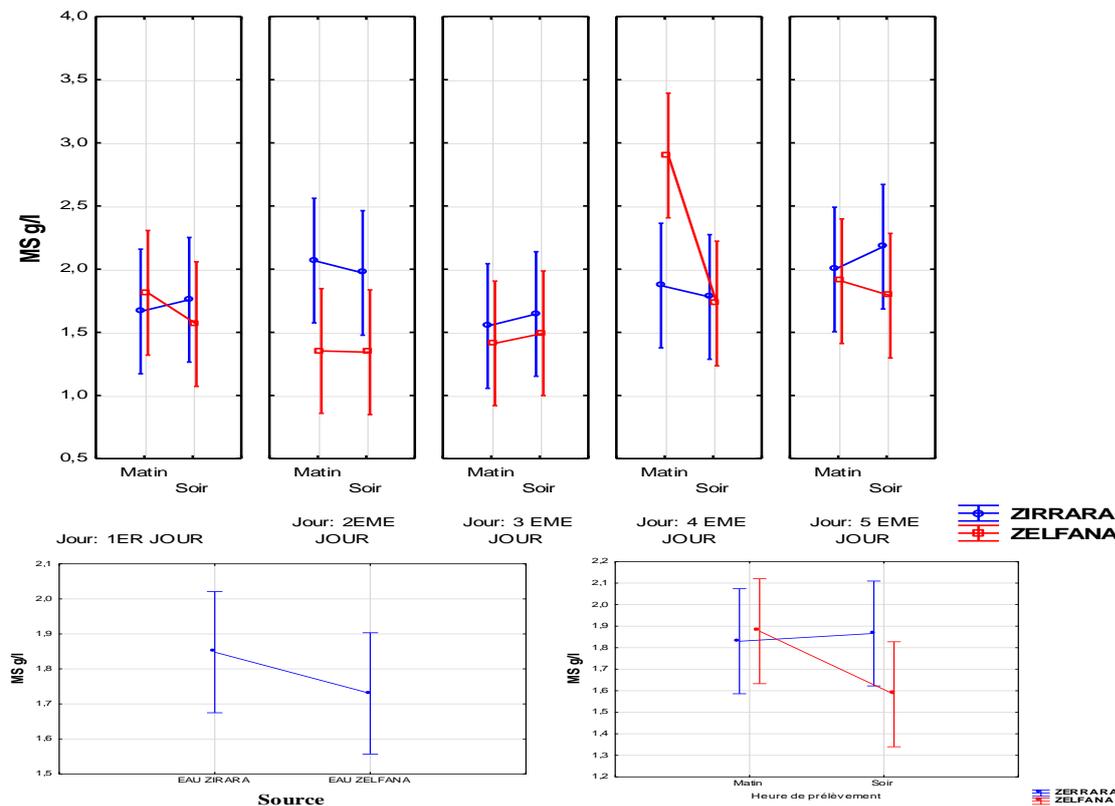


Fig. 48: Valeurs moyennes de matière sèche (g/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de matière sèche, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour le forage d'Ain Zerrara, la teneur maximale en matière sèche est de 1,87 (g/l) le soir et la teneur minimale est de 1,83(g/l) le matin. En ce qui concerne le forage de Zelfana, les valeurs maximales atteignent 1,88(g/l) le matin, tandis que les valeurs minimales descendent à 1,59(g/l) le soir.

- ❖ Ces valeurs ne sont pas acceptables selon les normes d'OMS et réglementaires algériennes (1000 (mg/l)).

III.6. Matière minérale

La figure 49 présente les teneurs en matière minérale des échantillons étudiés. Les analyses des matières minérales (MM) révèlent les résultats suivants :

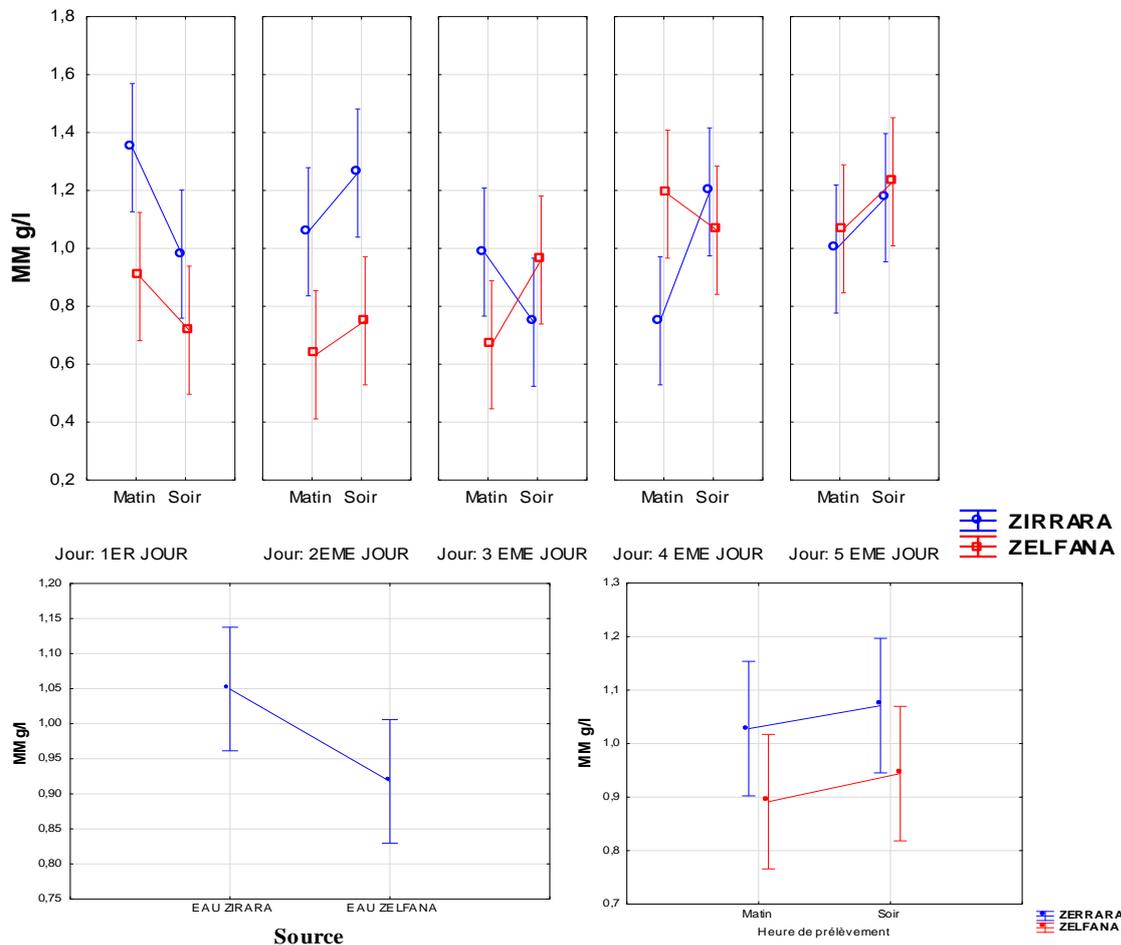


Fig.49: Valeurs moyennes de matière minérale (g/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de matière minérale, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source. Pour le forage d'Ain Zerrara, la teneur varie entre 1,03 et 1,07 g/l, tandis que pour le forage de Zelfana, les valeurs se situent entre 0,89 et 0,94 g/l. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différences significatives dans les teneurs en matières minérales dans les deux sources, mais indiquent une quantité élevée de sels minéraux dans les deux sources, ce qui augmente leur degré de salinité, ce qui affecte leur qualité.

III.7. Matière organique

Les teneurs de matière organique dans les eaux des puits d'Ain Zerrara et de Zelfana montrent des caractéristiques distinctes comme suit :

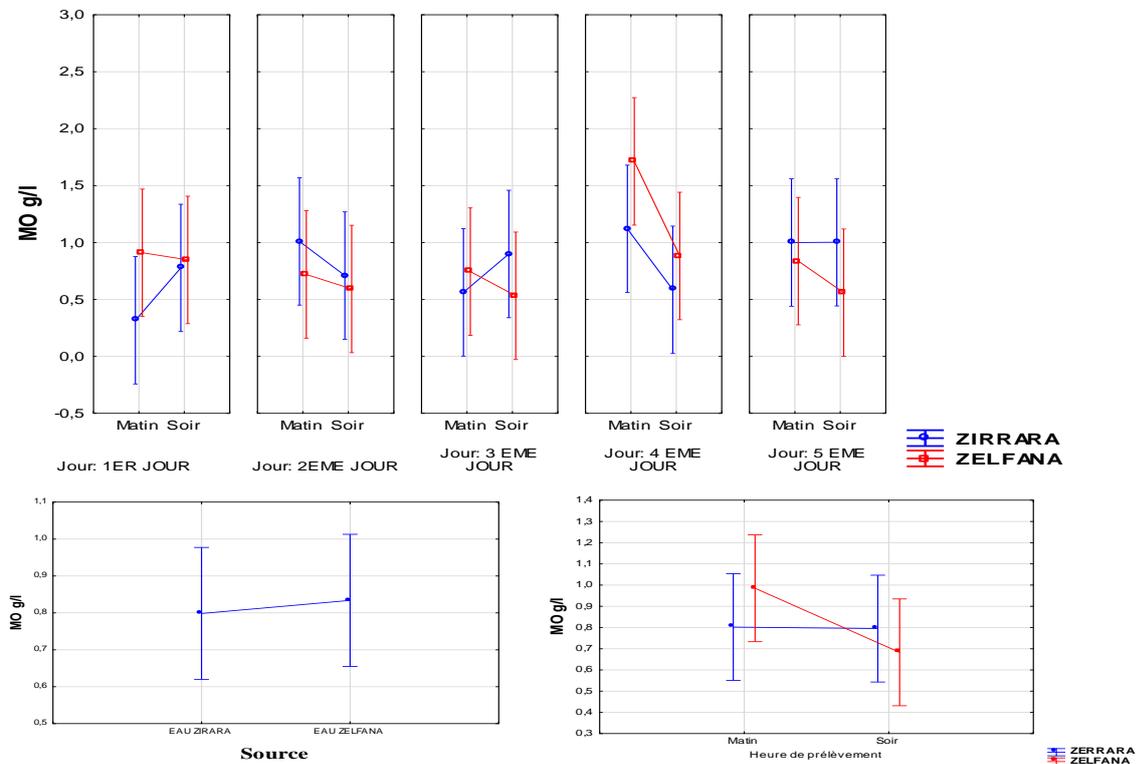


Fig.50: Valeurs moyennes de matière organique (g/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de matière organique, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour le forage d'Ain Zerrara, la concentration varie entre 0,795 g/l et 0,802 g/l , tandis que pour le forage de Zelfana, les valeurs se situent entre 0,683 g/L et 0,985 g/l.

À travers ces résultats, il nous apparaît clairement que le pourcentage de matière organique est très faible, ce qui est un bon indicateur de son absence et de sa pureté vis-à-vis des facteurs polluants responsables de diverses maladies.

III.8. Magnésium

La Fig.51 présente l’analyse de magnésium révèle des variations entre les forages d'Ain Zerrara et de Zelfana :

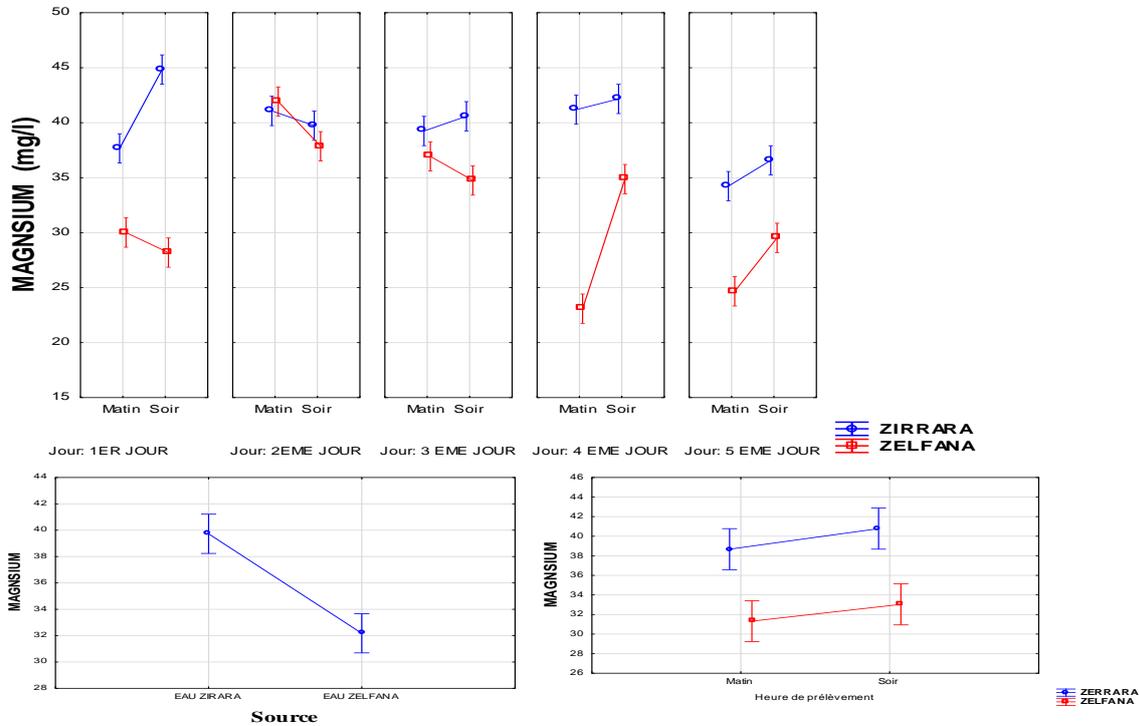


Fig.51: Valeurs moyennes de magnésium (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique montre que tous les facteurs ont un effet sur les valeurs moyennes de magnésium, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour Ain Zerrara, les concentrations varient de 38.68 mg/l le matin à 40.78 mg/l le soir. Pour Zelfana, les concentrations vont de 31.32 mg/l le matin à 33.04 mg/l le soir. Comparées aux études antérieures de **Benbada et Bouti(2023)**, où les concentrations de magnésium pour Zelfana étaient de 37,2 mg/l, et pour **Bencheikh (2012)**, elle était supérieure, atteignant 78,44 mg/l. Il convient toutefois de noter que les concentrations actuelles restent dans une fourchette similaire à celles signalées précédemment et respectent les normes mondiales recommandées.

III.9. Calcium

Les concentrations de calcium dans les eaux des forages d'Ain Zerrara et de Zelfana montrent des variations dans des plages similaires :

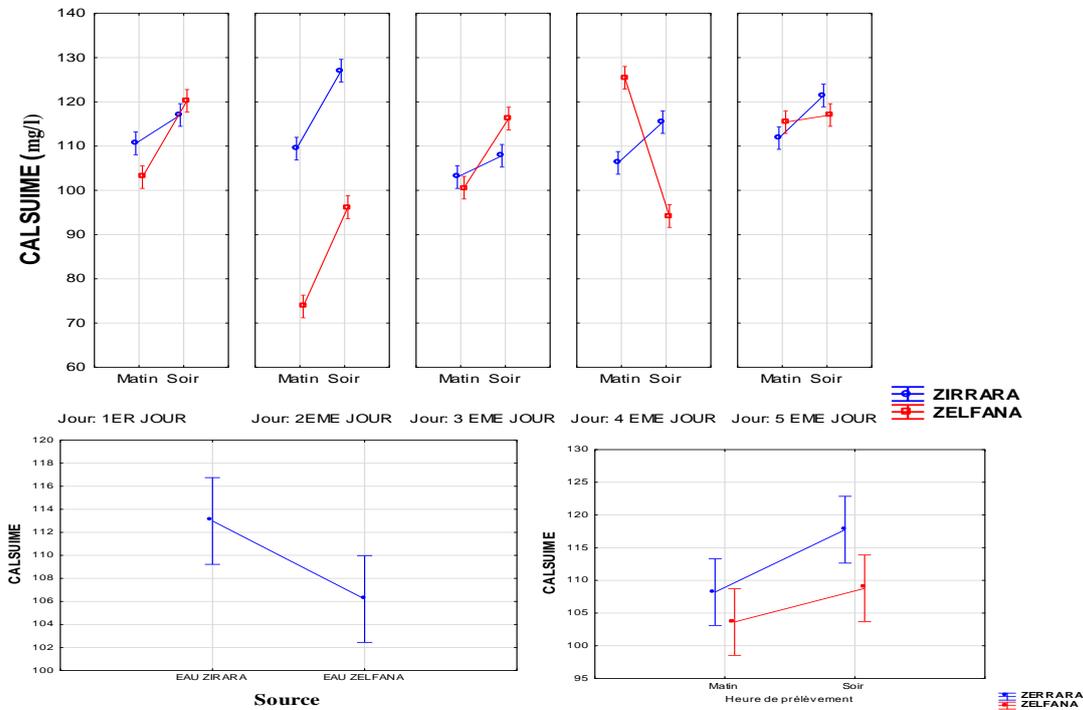


Fig.52: Valeurs moyennes de calcium (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique montre que les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ont un effet sur les valeurs moyennes de calcium, que ce soit. Pour Ain Zerrara, les concentrations de calcium varient entre 108,22 mg/l et 117,76 mg/l, tandis que pour Zelfana, elles varient entre 103,65 mg/l et 108,78 mg/l. Les concentrations de calcium à Zelfana comparées aux résultats précédemment rapportés par **Benbada et Bouti (2023)**, avec une concentration de 139,48 mg/l et par **Bencheikh (2012)**, avec une concentration de 168,33 mg/l, les concentrations actuelles semblent être notablement inférieures. Cependant, il est important de noter que les valeurs actuelles sont acceptables selon les normes réglementaires algériennes (200 mg/l).

III.10. Sodium

Les analyses de sodium révèlent des concentrations différentes entre les forages d'Ain Zerrara et de Zelfana :

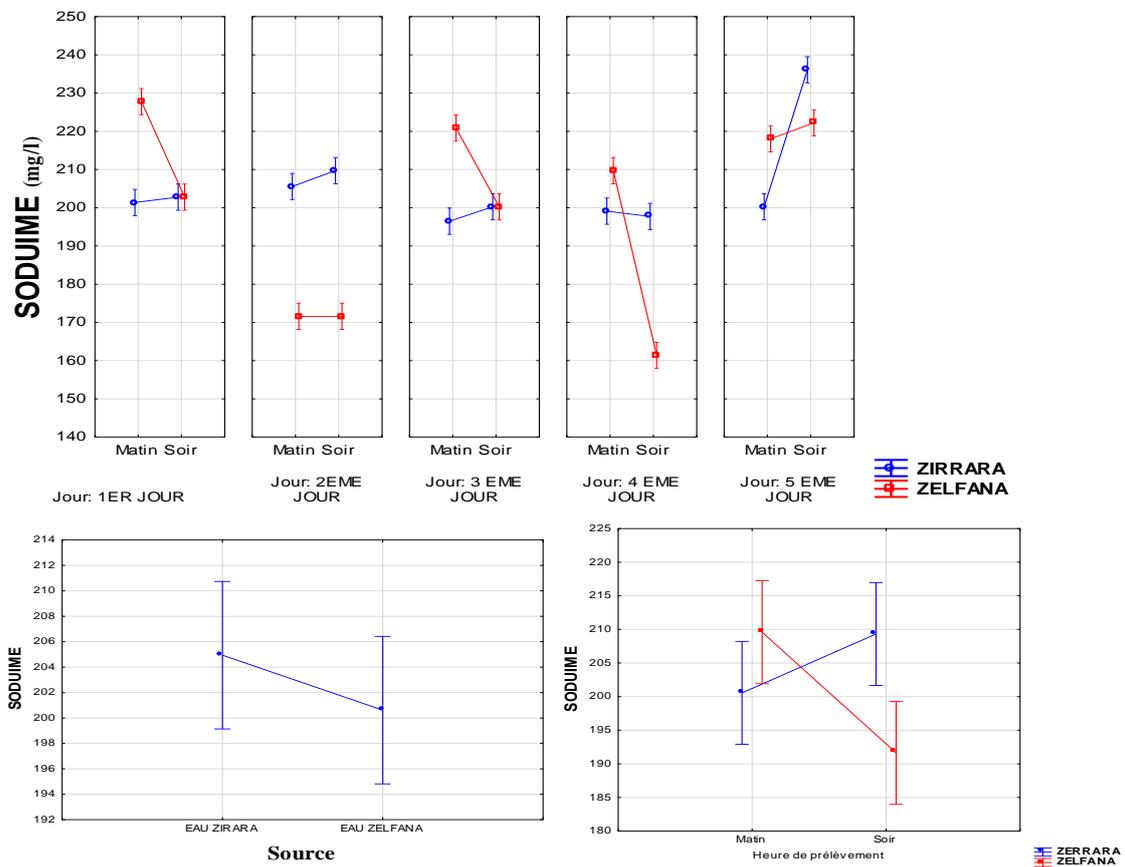


Fig.53 : Valeurs moyennes de sodium (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que le facteur heure de prélèvement a un impact sur les valeurs moyennes de sodium, de la source Zelfana, car il existe une différence significative entre les prélèvements du matin et du soir. Par contre les autres facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de sodium. Pour Ain Zerrara, les concentrations varient de 200.56 mg/l le matin à 209.32 mg/l le soir. En revanche, pour Zelfana, les concentrations vont de 209.59 mg/l le matin à 191.64 mg/l le soir. Ces résultats soulignent une différence notable entre les Résultats de Zelfana est supérieure Comparativement aux études est supérieure de **Benbada et Bouti (2023)** qui ont rapporté des concentrations de 13.63 mg/l . Cependant, il est important de noter que les valeurs actuelles sont acceptables selon les normes réglementaires algériennes (200 mg/l).

III.11. Fer

Les résultats des analyses de fer dans les eaux des puits à Ain Zerrara et Zelfana montrent des concentrations variables :

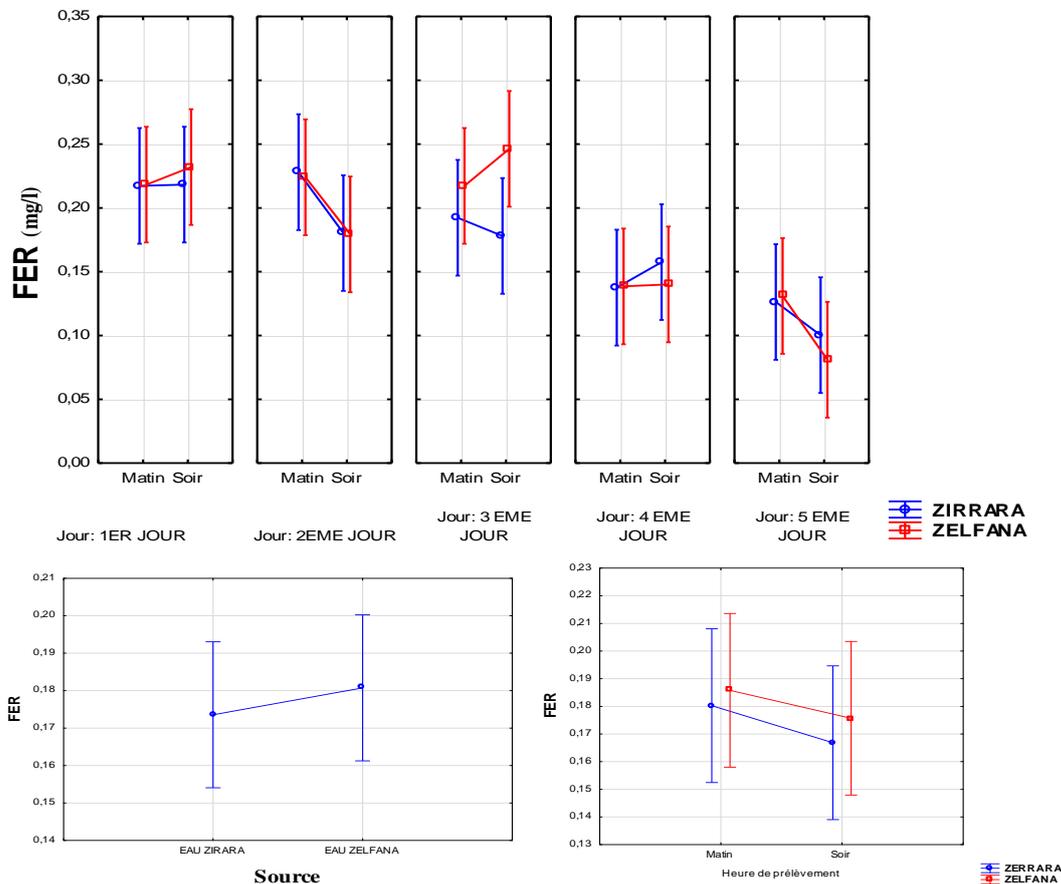


Fig.54: Valeurs moyennes de fer (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de fer, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source. Pour les puits à Ain Zerrara, les concentrations de fer varient entre 0,167 mg/l le soir et 0,180mg/l le matin. Pour les puits à Zelfana, les valeurs fluctuent entre 0,176 mg/l le soir et 0,186 mg/l le matin.

Les concentrations de Zelfana, telles qu'elles ont été mesurées dans cette étude, dépassent celles enregistrées par **Benbada et Bouti (2023)**, bien qu'elles restent plus élevées que celles enregistrées par **Bencheikh (2012)**, qui étaient de 0,06 mg/l. Cependant, il est important de noter que les valeurs actuelles sont acceptables selon les normes OMS (0.3 mg/l).

III.12. Ammonium

L'Analyse des données chimiques liées aux niveaux d'ammonium dans les échantillons d'eau des régions d'Ain Zerrara et Zelfana, représentées comme suit :

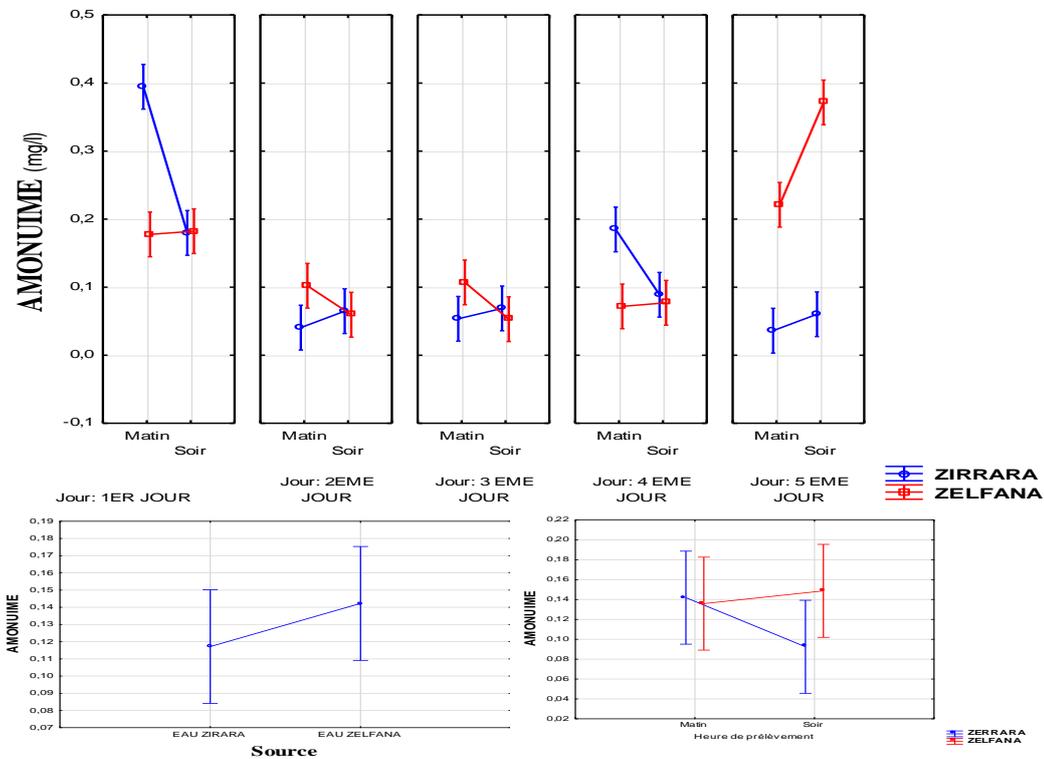


Fig.55: Valeurs moyennes d’ammonium (mg/l) avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que presque tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes d'ammonium, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source.

Pour Ain Zerrara la Concentration maximale le matin 0,142 mg/L et minimale le soir 0,092 mg/L. On constate une diminution des taux d'ammonium du matin au soir et pour Zelfana la Concentration maximale le soir 0,149 mg/L et minimale le matin 0,136 mg/L. On remarque ici le contraire, car les niveaux d'ammonium augmentent du matin au soir. Ces résultats confirment en accord avec les normes réglementaires (0.5 mg/l) et d’OMS (1.5mg/l)

III.13. Phosphore

Notons à partir des résultats une différence de concentrations en phosphore entre les périodes du matin et du soir aux deux endroits :

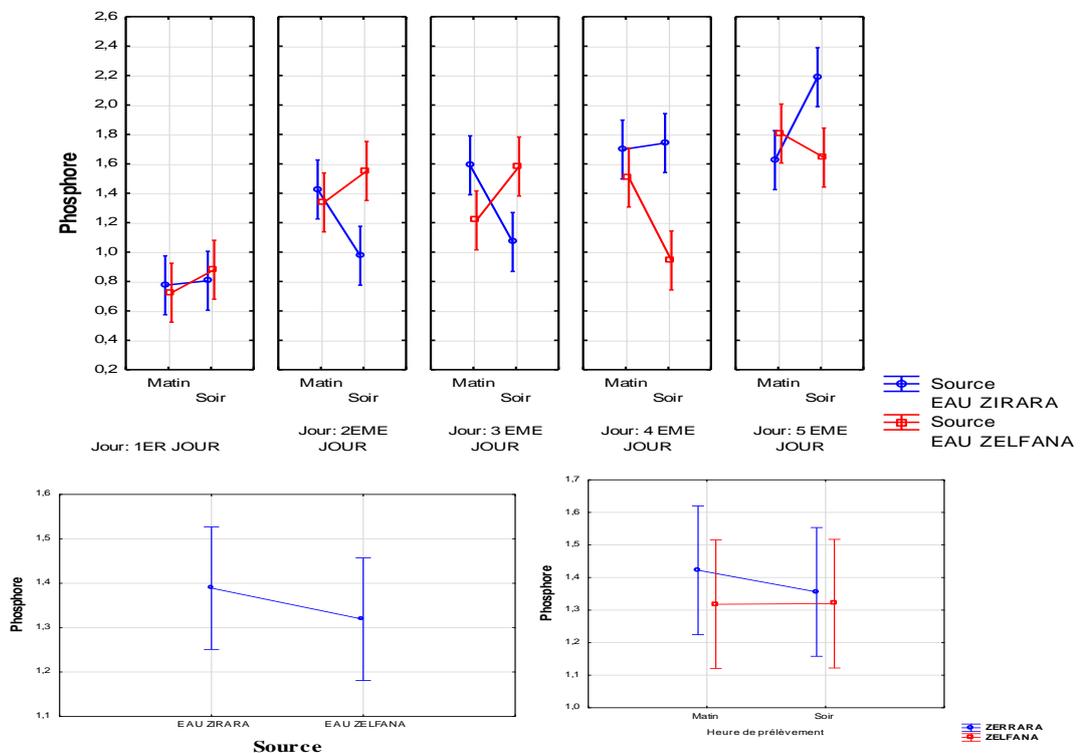


Fig.56 : Valeurs moyennes de phosphore avec différents facteurs.

L'étude statistique a montré que presque tous les facteurs n'ont aucun effet sur les valeurs moyennes de phosphore, que ce soit les trois facteurs ensemble (Jour*Source*Heure de prélèvement) ou deux facteurs (Source*Heure de prélèvement) soit le facteur de source. Pour Ain Zerrara, les concentrations varient de 1.356 mg/l le soir à 1.422 mg/l le matin. Pour Zelfana, les concentrations vont de 1.318 mg/l le matin à 1.320 mg/l le soir. Les concentrations de phosphore pour Zelfana est Comparées aux études antérieures de **Benbada et Bouti(2023)**, où les concentrations de phosphore pour Zelfana étaient toutes de 0 mg/l en 2023, les résultats actuels montrent une présence significative de phosphore dans l'eau de Zelfana.

- Cependant, il est important de noter que les valeurs actuelles restent bien en dessous des normes algériennes, fixées à 5 mg/l.

IV. Classification des systèmes géothermiques conductifs :

Les eaux d'Ain Zerrara et Zelfana ont été classées selon la Classification 2 (b : système géothermique de type bassin sédimentaire). Ces eaux se trouvent dans des roches sédimentaires avec une haute perméabilité, chauffées par le flux de chaleur conductif venant de dessous. Ce type de système inclut souvent des réservoirs à très haute pression, connus sous le nom de systèmes géopressurisés, présentant une analogie étroite avec les réservoirs géopressurisés utilisés pour le pétrole ou le gaz.

- Ce classement met en lumière les caractéristiques distinctives des eaux à Ain Zerrara et Zelfana basées sur leur environnement géothermique et thermique, aidant ainsi à comprendre leur rôle et leurs applications potentielles dans les contextes environnemental et économique.

V. Détermination des faciès chimiques et les classes d'irrigation

V.1. Diagramme de piper

Le diagramme de piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les cotés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite). Selon le diagramme de Piper, la distribution des points d'eau analysés d'après leurs compositions chimiques dans le forage de Ain Zerrara et Zelfana de Touggourt montre que (fig.64). De manière générale, on constate que les faciès cationiques des eaux étudiées sont équilibrés, légèrement dominés par le sodium. Le faciès anionique est largement dominé par les sulfates. Et donc le chimisme des eaux analysé est sulfatée sodique pour la toute les échantillons analysé (Zerrara er Zelfana).

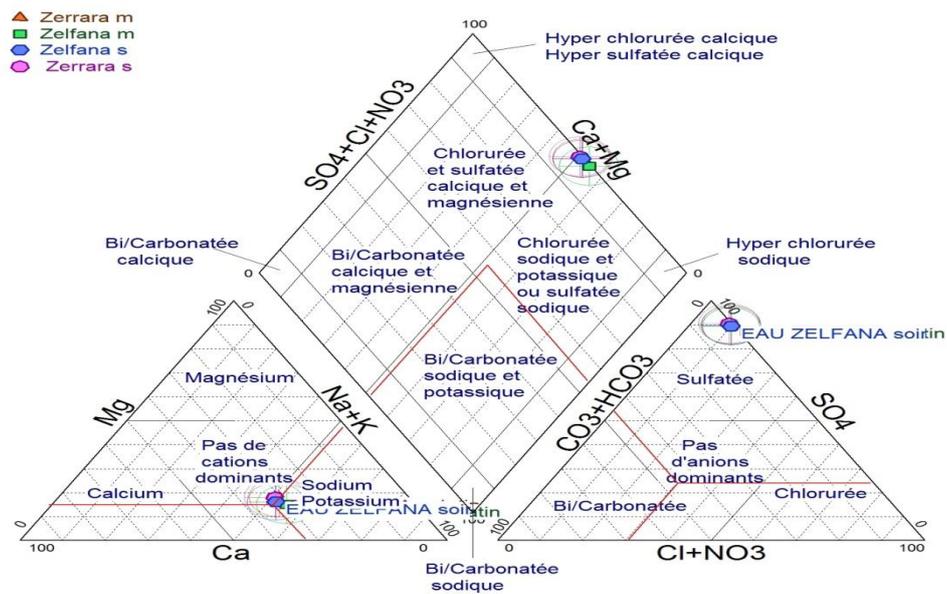


Fig.57 : Représentation des eaux Zelfana et Ain Zerrara sur le diagramme de PIPER.

V.2. Diagramme de Richards 1954

Les diagrammes de Richards (Fig. 65) parallèlement à la détermination du risque de l'alcalinisation permettent de donner la classification des eaux d'irrigation en fonction des paramètres mesurés de la C.E et du S.A.R. Il nous ont permis de classer les sources de Zerrara et Zelfana dans la classe C4-S2 : Qualité mauvaise. Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation moyen. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions, que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables.

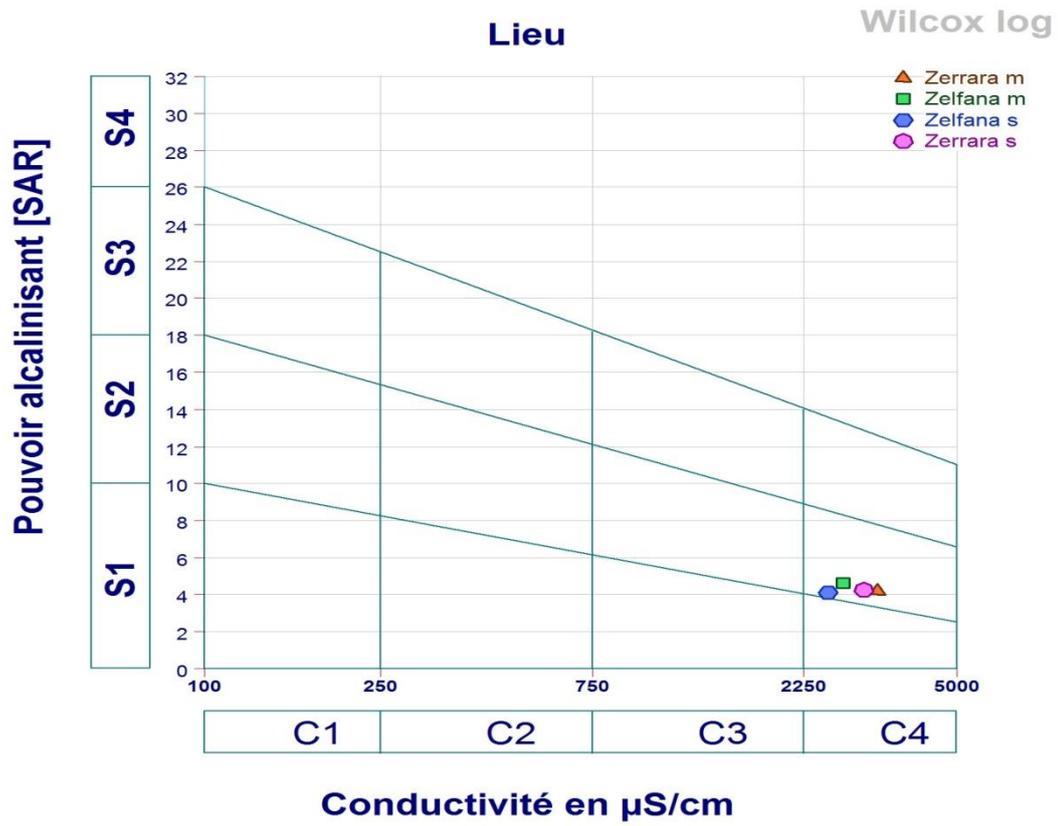


Fig.58 : Diagramme de Richards 1954.

VI. Résultats de L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs

Les résultats de L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs (Source « Zerrara et Zelfana », Jour et heure de prélèvement « matin et soir ») sont présentés dans le Tableau

Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	Probabilité
Intercept	Wilks	0,000086	22193,75	21	40,0000	0,000000
Source	Wilks	0,004370	433,92	21	40,0000	0,000000
Jour	Wilks	0,000000	293,38	84	160,4453	0,000000
Heure de prélèvement	Wilks	0,084612	20,61	21	40,0000	0,000000
Source*Jour	Wilks	0,000000	93,87	84	160,4453	0,000000
Source*Heure de prélèvement	Wilks	0,014690	127,76	21	40,0000	0,000000
Jour*Heure de prélèvement	Wilks	0,000013	31,26	84	160,4453	0,000000
Source*Jour*Heure de prélèvement	Wilks	0,000030	24,68	84	160,4453	0,000000

Tableau n° I : Résultats de L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs.

D'après le tableau 2, il nous apparaît clairement que tous les facteurs ont un effet sur les propriétés physico-chimiques de l'eau des sources de Zelfana et Zerrara (Probabilité = 0,000000).

- Ces résultats varient selon la source ainsi que l'heure et le jour du prélèvement.

VII. Paramètres bactériologiques

Bactéries indicatrices de contamination

Tableau n°II : Résultats des Bactéries indicatrices de contamination.

	Code	Zerrara (1)	Zerrara (2)	Zerrara (3)	Zelfana (1)	Zelfana (2)	Zelfana (3)
Tergitol	24h	0	0	0	3	0	0
	48h					0	0
TSA Nbr Boits					3		
Oxydase					--+		
Coliforme /100 ml					3		
Bouillon Trype (indol +)					--		
E.Coli					0		
Slanetz	24h	0	0	0	0	0	0
	48h						
BEA							
Catalase							
Strep Fécaux /100ml							
Spore ASR /100ml	16h						
	24h	0	0	0	0	0	0
	48h						
Conclusion		B.Q	B.Q	B.Q	MQB	B.Q	B.Q

- **MQB** : Movaise la qualité de bacterie.
- **B.Q** : bonne qualité.

Les résultats des analyses présentent une eau de bonne qualité bactériologique dans Ain Zerrara, sauf pour point de Zelfana (forage n°4) ou on trouve la présence des Coliforme totaux.

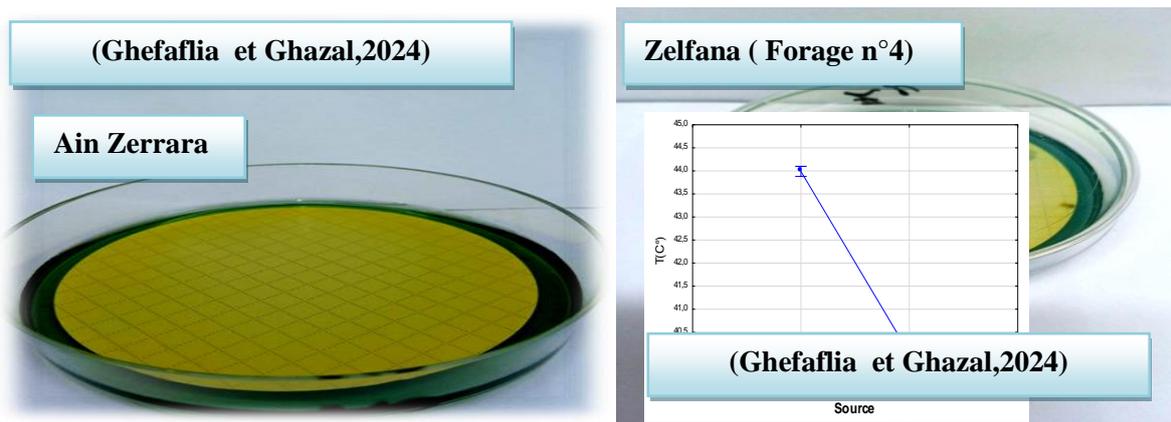


Fig.59 : Résultats du test de Coliformes.

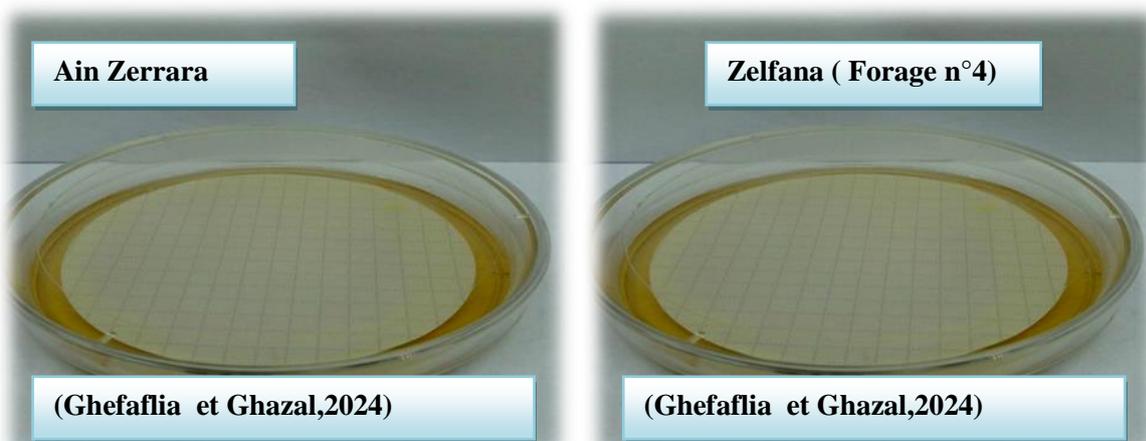


Fig.60: Résultats du test de Streptocoques fécaux.

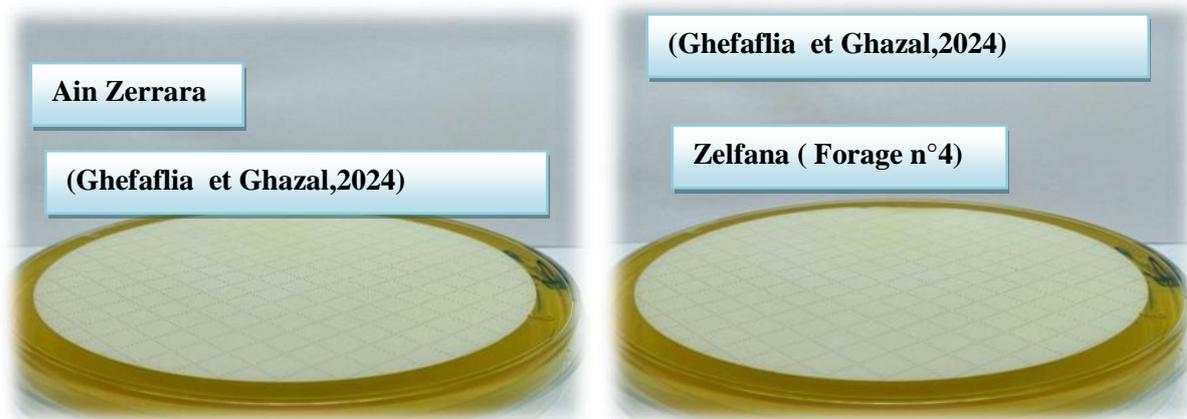


Fig.61 : Résultats du test de Spore.

Conclusion



Conclusion :

Les eaux thermales en Algérie sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses, jouant un rôle crucial dans le développement du tourisme thérapeutique et l'économie nationale. Présentes dans diverses régions telles que Hammam Zelfana, Hammam Melouane, Hammam Debagh et Hammam Bouhanifia, Le principal objectif de ce travail est étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et Bactériologiques d'eau d'une source chaude" ZERRARA" de la région d'EL Guerrara.

A partir des résultats de l'analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs (Source « Zerrara et Zelfana », Jour et heure de prélèvement « matin et soir » on voit clairement que tous les facteurs ont un impact sur les propriétés physiques et chimiques. propriétés de l'eau de Zelfana et Zerrara (Probabilité = 0,0000). Ces résultats varient selon la source ainsi que l'heure et le jour du prélèvement.

Les résultats de caractéristiques organoleptiques montrées que les échantillons prélevés à Ain Zerrara et Zelfana n'ont aucune couleur. Et la source Zerrara a une odeur proche de l'odeur de la mer, contrairement à la source Zelfana qui n'émettait aucune odeur.

Pour les résultats de l'analyse physique : Nous avons enregistré des valeurs de température qui ont atteint 45°C pour le forage de Zerrara et 40°C pour le forage de Zelfana. Ce qui nous fait les classer comme sources thermales. (températures entre 35 et 50°C). La conductivité électrique élevée des deux forages indique également la présence d'une grande concentration de minéraux dissous dans le puits.

Les analyses chimiques ont été enregistrées pour deux puits, incluant les concentrations de Ca^{2+} , Mg^{2+} , TH (titre hydrométrique), résidu sec, TAC (titre alcalin total), Na^{2+} , PO_4^{3-} et NH_4^+ . Les résultats obtenus ont montré que tous ces paramètres sont conformes aux normes approuvées. Selon le diagramme de Piper, les faciès cationiques des eaux étudiées sont équilibrés, légèrement dominés par le sodium. Le faciès anionique est largement dominé par les sulfates. Et donc le chimisme des eaux analysé est sulfatée sodique pour la toute les échantillons analysé (Zerrara er Zelfana). Selon le diagramme de Wilcox log, les sources de Zerrara et Zelfana dans la classe C4-S2 : Qualité mauvaise. Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation moyen. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions, que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables.

Les résultats de l'analyse bactériologique nous soulèvent l'absence totale de toute contamination bactérienne, ce qui explique la pureté naturelle de nos eaux thermal.

Enfin, nous recommandons que les futures études se concentrent sur l'étude de l'impact global de cette eau en analysant toutes les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques au cours des quatre saisons, pour suivre avec précision les différences entre elles, Nous appelons également à étudier l'effet thérapeutique naturel de cette eau sur les maladies de la peau, ce qui pourrait contribuer à valoriser son utilisation dans les domaines médical et thérapeutique.

Références



Références bibliographiques

- **ANRH, (2011)** : Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la nappe albienne dans la Wilaya de Ghardaïa. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. DRS. Ouargla ; Algérie.
- **ANRH, (2016)** : Le rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques "secteur de Ghardaïa "
- **ANRH, (2012)** : Le rapport de Ressources d'aquifères de la région de zelfana.
- **ANRH, (2020)** : Le rapport de Note forage (Gouiflat l'oued) zelfana .
- **A.D.E,(2008)**: Algérienne Des Eaux. Analyse physico-chimio-bactérie d'eau. p.2-55.
- **A.D.E,(2022)**: Algérienne Des Eaux. Normes de qualité d'eau de boisson. En Zone de Tizi Ouzou.
- **AOUSSI A., 2009**. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) (Doctoral dissertation).
- **BERAHIL N., 2017**. Tourisme et projet urbain durable : Tourisme de montagne et source thermale, quel projet revaloriser le site de hammam Debagh. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945 de Guelma.
- **BENCHEIKH W., 2012**. Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux thermales de Hammam E l-Charef, Hammam Zelfana et l'eau minérale de Zamzam ainsi que leur activité antibactérienne etantioxalo-calcique.Mémoire de Master.Université Ziane Achoure de Djelfa.
- **BENBADA S. ; BOUTI I., 2023**. Évaluation des caractéristiques physico chimiques des eaux thermales, Cas de la région de Zelfana – Ghardaïa. Mémoire de Master. Université de Ghardaïa.
- **BOUGHALALI M., 2003**. Thermalisme et thalassothérapie en Algérie', communication, Revue la Presse thermale et climatique 2003, pp 140,165. Société française d'hydrologie et de climatologie médicale, 2003.
- **CIE, (2005)** : Centre d'information sur l'eau.www.Cieau.com. région de Guelma (Nord - Est de l'Algérie) Mémoire de Magister, Université de Guelma .p.120.
- **COLIBALY K., 2005**. Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du District de Bamako.p.69.
- **CHAPMAN D., KIMSTACH V., (1996)**. Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E et FN Spon, London.p.59-126.
- **DESJARDINS R., 2010**. Traitement de l'eau 2 èmeédition.

Références bibliographiques

- Décret n° 89-369 du 6 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et aux eaux potables préemballées-Légifrance. (s. d.). Consulté 7 juin 2024.
- **DJILI, B., 2004.** Etude des sols alluviaux en zones arides cas de la daya d'El-Amied (région de Guerrara) essai morphologique et analytique. Mémoire Mag. Agro. Université d'Ouargla, 91p.
- **GROS CLAUDE G., 1999.** L'eau usage et polluants. Tome 2 Edition INRA Paris.
- **HEMIDI L., 2013.** Vulnérabilité de la nappe alluviale de Guerrara à la pollution. Mémoire de magister, université Kasdi Merbah-Ouargla. p .110.
- **HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges ''Eau d'oued Biskra-Eau de Droh'' (Master's thesis).
- **JARRAYA HORRICHE F et BESBES M., (2008).** Rationalisation du réseau piézométrique du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Revue Science et changements planétaires/ Sécheresse, Volum 19, n°3.p. 163-71.
- **JOURNAL N°13 (2007).** «Journal officiel de la République Algérienne » .Abdelaziz BELKHADEM.p.7.
- **JOURNAL N°18 (2011).** «Journal officiel de la République Algérienne ». N°18.p7-9.
- **JALTEL, M. (1983).** La Santé par les eaux: 2 000 ans de thermalisme. SOPREP-Diffusion.
- **LEGUBE B., MERLET N. ,2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod.p.1579.
- **LEYRAL, G., RONNEYFFOY, C ., GUILLET, F.(2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire , Paris.p.245.
- **LAKHDARI F., BOUAICHA K., 2016.** Diagnostic de la qualité des eaux de source et thermales De la Wilaya de Saida-Algérie- Effets thérapeutiques. Mémoire de master. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- **MEELAK D., 2009.** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab. Mémoire D'Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger.p.92.
- **ONM :** base de donnée de l'Office National Météorologique de Ghardaïa 2008-2018
- **OUALI S., 2005.** Etude géothermique de sud de l'Algerie. Mémoire de master. Université de M'hamed Bouguerra Boumerdes.
- **OULAD MEBARAK M., 2016.** Les analyse bactériologique et physicochimique de l'eau. Rapport de stage A.D.E. Ghardaïa.
- **POTELON, J. L., & ZYMAN, K., 1998.** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats série environnement et sécurité. 5ème édition.p. 633-668.

Références bibliographiques

- **RODIER J., BERNE, F., JEAN, C., 1991.** Traitement des eaux, édition TECHNIP.p.306
- **RODIER, J., 2005.** Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer: Chimie, physicochimie, biologie, interprétation des résultats. Paris Dunod.p.66.
- **REJSEK F., 2002.** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- **RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N., BRUNET, R., MIALOCQ, J, C., LEROY, P., HOUSSIN, M.,LAVISON, G., BECHEMIN, C., VINCENT, M., REBOUILLON, P., MOULIN, L., CHOMODE, P.,DUJARDIN, P., GOSSELIN, S.,SEUX, R., ALMARDINI, F.,2009.** L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod, Paris. p.1511
- **RODIER J ,1996.** L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer, 8ème édition.
- **SAADALI B., 2007.** Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de bouteldja (algérie extreme nord orientale) (Doctoral dissertation, Annaba).p.83
- **SASS :** Le rapport de Système d'aquifère du Sahara septentrional (2015).
- **SAMAKE H., 2001.** Analyse physico-chimique et bactériologique au Lns des eaux de consommation de la ville de BAMAKO. Hceflcd, 2007 .Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc).p.242.
- **TARDAT-HENRY M., 1992.** Chimie des eaux (2e éd.).
- **VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement).

Annexes



Annexe 01 : Normes des paramètres physico-chimiques de qualité de l'eau potable en Algériennes et des OMS (Rodier et al, 2009; Jora, 2011).

Paramètres	Unité de Paramètre	Normes Algérienne	Normes OMS	Étiquettes	
				Zelfana	Zerrara
Ph	-	>6.5 et <9	6.5 et 9.5	7.6	7.7
Conductivité	µS/cm	2800	1500	2659.600	3194.600
Oxygène dissous	mg/l	-	5	4.100000	3.341000
TAC	mg/l	500	500	22.25100	18.25600
Dureté	mg/l	200	-	528.3000	611.2000
Phosphore	mg/l	5	-	2	1.452413
Calcium	mg/l	200	270	106.2120	113
Magnésium	mg/l	200	200	32.20000	39
Sulfate	mg/l	400	250	501.0250	519.3753
Sodium	mg/l	200	200	200	203.9000
Chlorure	mg/l	500	-	32.24000	33.23938
Fer	mg/l	0.3	0.3	0.200000	0.200000
Matière Minérale	g/l	1500	1500	1	1.050000
Matière Sèche	g/l			1.730075	1.848000
Matière Organique	g/l			0.834000	0.798500
Température	C°			40.044000	43.99000

Annexe 02 : Classification de pourcentage de sodium selon Diagramme de Richards 1954

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1	Excellente	C1- S2	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol.
2	Bonne	C2- S1 C2- S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité.
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Réactifs :

❖ **Détermination du TH**

EDTA. solution titrée à 0,01 mol/l :

- Sécher une portion 5 g de d'E.D.T.A di-hydraté pendant 2heures à 80°C.
- Dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml dans une fiole jaugée.

Solution tampon pH 10 :

- Dissoudre 67.5 g de chlorure d'ammonium dans 570 ml de solution ammoniacale (25%)
- Ajouter ensuite 5 g du sel disodique de magnésium de l'EDTA
- Diluer à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Annexes

- Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène (durée de conservation 3 mois).
- Diluer 10 ml de cette solution dans une fiole de 10 avec de l'eau distillée et vérifier que le PH est de 19 plus/minus 0.5

❖ **Détermination du TAC**

Solution HCl 0.1N :

- HCl100 ml.
- H₂O distillée.....1000 ml.

Solution alcoolique de phénontroléines :

- phénontroléine0.5 g.
- Alcool éthylique(éthanol 96%).....100 ml.
- H₂O distillée.....100 ml.

❖ **Détermination du Sulfate**

Solution d'acide chlorhydrique au 0.1N :

- Dans une fiole jauge de 50 ml
- introduire un peu d'ajouté 0,4 ml d'acide chlorhydrique
- compléter avec l'eau distillée au trait de jauge.

Solution mère de sulfates à mg/l

- peser 147.7 mg de sulfates de sodium
- dans une fiole jaugée 100ml et compléter jusqu'au trait jauge avec de l'eau distillée.
- Cette solution se conserve 2 mois en flacon brun à 4°C.

Solution stabilisante de chlorure de baryum:

- Introduire 10g de chlorure de baryum dans une fiole jaugée de 100 ml
- ajouter 20ml de solution Tween 20 et compléter jusqu'au trait jauge avec de l'eau distillée.

❖ **Détermination du Chlorure**

Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l :

- Dissoudre dans l'eau 3.3974 g de nitrate d'argent (AgNO₃) séchés au préalable à 105 °C
- Compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun muni d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois.
- La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium (NaCl)

Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 :

- Dissoudre 10 g de chromate de potassium (K₂CrO₄) dans l'eau et diluer à 100 ml.

❖ **Détermination du Ca⁺²**

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

- NaOH(pastilles) 8 g.
- H₂O distillée q.s.p 100 ml.

❖ **Détermination du Fer**

Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l :

- Dissoudre 10 g de chlorhydrate hydroxylamine dans l'eau distillé et compléter Cette solution(est stable pendant une semaine).

Solution de phénantroline 1.10 :

- Dissoudre 0.5 g de chlorure de phénantroline 1.10 monohydrate dans l'eau distillé et complété à 100 ml. (Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité)

Solution tampon acétate :

- Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium dans l'eau.
- Ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH₃COOH) et complété à 100 ml.

❖ **Détermination du L'ammonium**

Réactif coloré:

- Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml
- Ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée. (Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines)

Solution de Dichloroisocyanurate de sodium:

- Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau
- laisser refroidir à température ambiante
- Ajouter 2 g de Dichloroisocyanurale di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée

❖ **Détermination du Phosphore**

Acide sulfurique à 9 mol/L:

- Introduire 500 ml 5 ml d'eau dans un bécher .
- Ajouter avec précaution, sous agitation et refroidissement continu, 500 ml \pm 5 ml d'acide sulfurique. (Bien mélanger et laisser la solution refroidir à température ambiante).

Réactif mélange (solution molybdate acide):

- Dissoudre 13 g 0.5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté dans 100 ml d'eau.
- Dissoudre 0.35 g \pm 0.05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté dans
- Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L..
- Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger. (Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois).

Acide ascorbique:

- Dissoudre 10 g + 0.5 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau .
- (Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparait).

Bactériologiques :

Réactifs et milieux :

Milieu d'isolement :

- Gélose lactosée au TTC et à l'heptadécylsulfate de sodium.

Milieu de confirmation et d'identification:

- TSA (Gélose tryptonnée au soja)
- TBA (Gélose tryptonnée contenant des sels biliaires)
- Tétraméthyl-p-phénylènediamine sur un papier filtre
- Bouillon au tryptophane

Réactif de confirmation :

- Réactif de l'oxydase.
- Réactif Kovacs.
- Réactif à l'indole.

Equation:

❖ Chlorure:
$$[Cl^-] = \frac{(V_{AgNO} - V_b) \cdot 0.02 \cdot 35453 \cdot F}{100}$$

V_{AgNO} : Volume de titrage

V_b : Volume de témoin

F :Facteur de dilution

❖ TAC:
$$[TAC] = 12.2 \cdot F \cdot V_s$$

F : Facteur de dilution

❖ **Phosphore:** $[pO-4] = p \cdot 3.066 \cdot F$

❖ **Mg 2+:** $[Mg^{2+}] = 4.85 \cdot (V_{TH} - V_{Ca^{2+}})$

❖ **TH:** $[TH] = 20 \cdot V_S \cdot F$

❖ **Ca 2+ :** $[Ca^{2+}] = V \cdot F \cdot 8.016$

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Faculté des sciences de la nature et
de la vie et sciences de la terre

جامعة غرداية

كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلم الأرض

Département de Biologie



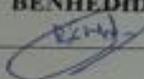
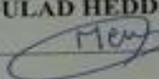
قسم البيولوجيا

Université de Ghardaïa

Ghardaïa le : 14/07/2024

Rapport : Correction du mémoire

Enseignant (e) (s) Chargé (e) de la correction :

Nom et prénom l'examineur 1 et Signature	Nom et prénom de l'examineur 2 et Signature	Nom et prénom de président et Signature
BENHEDID HADJER 		OULAD HEDDAR MERIEM 

Thème :

Etude de quelques caractéristiques physico-chimiques et
Bactériologiques d'eau d'une source chaude " ZERRARA " de
la région d'El Guerrara de la wilaya de Ghardaïa en Algérie

Après les corrections apportées au mémoire, L (es) *étudiant (s) (es) :

Ghefaflia Samia

Ghazal Ibtesam

Est (sont) autorisé (es) à déposer le manuscrit au niveau du département.

Signature

