

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار تليجي الأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTÉ DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE
En vue de l'obtention d'un diplôme de Master LMD
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Écologie Générale Et Environnement
Option : Écologie végétale et environnement

THÈME

**Étude des propriétés physico-chimiques des eaux souterraines de la
nappe du Mio-pliocène des régions de Bennaceur-Benchouhra et
Ksar El Hirane (Sud-est de Laghouat).**

Présenté et soutenu par :

Mlle: GUISSI Aicha

Mlle: ARAOUA Djedla

Soutenu publiquement le Mercredi 07 Juin 2023.

Devant le jury :

ALLAL Farida : MCA-Laghouat Présidente
BENCHEIKH Imane : MCA-Laghouat Examinatrice
BENTAHAR Fatiha : MAA-Laghouat Encadrante
HENNICHE Ahmed : ADE-Laghouat Co – encadrant

Année Universitaire : 2022/2023.

ملخص

المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للمياه في جبال الأطلس الصحراوي. يتميز مناخ منطقتنا بالدراسة بالجفاف إلى نصف الجفاف، مع درجات حرارة مرتفعة للغاية تؤدي إلى ندرة المياه السطحية. وبالتالي، فإن استغلال مياه الآبار الجوفية أمر أساسي. يتمثل عملنا في تحليل التركيب الفيزيكي-كيميائية للمياه الجوفية في طبقة العصر الميو-البليوسيني. تم إجراء حملة اخذ عينات ميدانية لتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لطبقة مياه الجوفية بشكل عام، تتمتع مياه طبقة العصر بالجودة العالية. أظهرت الدراسة أن إمدادات المياه على مستوى تكتل بن ناصر بن شهرة تبدو ضمن معايير الصلاحية الشرب، باستثناء مياه القرية الاجتماعية التي تحتوي على المزيد من الكالسيوم. تتميز مياه توزيع على مستوى قصر الحيران بصلابة عالية وتتجاوز معايير صلاحية تحتوي على نسبة 5 للشرب. ومحتوى المغنيزيوم والكبريتات وبيكربونات وكلوريد يتجاوز المعيار، ومنطقة عالية من النترات والكالسيوم.

الكلمات الرئيسية: منطقة الأغواط، مياه جوفية، طبقة العصر الميو-البليوسيني، تحاليل فيزيكو-كيميائية

Résumé

Les nappes souterraines constituent la principale source d'eau dans l'Atlas saharien. Le climat de notre région d'étude, est aride à semi-aride, avec des températures extrêmement élevées qui sont responsables de la rareté des eaux de surface. Par conséquent, il est essentiel d'exploiter les eaux des nappes souterraines. Notre travail consiste à analyser la composition physico-chimique des eaux souterraines de la nappe du Moi-pliocène.

Une campagne d'échantillonnage sur le terrain a été menée pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques de cette nappe. En général, les eaux de la nappe du Miocène présentent une bonne qualité.

L'étude a démontré que les eaux de distribution au niveau de l'agglomération Bennaceur Benchohra semblent être dans les normes de potabilité. Sauf l'eau du village social qui contient plus de calcium,.

Les eaux de distributions au niveau de l'agglomération ksar el hirane présente une dureté élevée et supérieure aux normes potabilité, teneur en magnésium et sulfates et bicarbonates et chlorures dépasse la norme. Dans la région de F5 présente un teneur de nitrate et calcium très élevé.

Mots clés : Région de Laghouat, eaux souterraines, Nappe du Moi-pliocène, analyses physico-chimiques.

Abstract:

Ground water constitutes the main source of water in the Saharan Atlas. The climate of our study region is arid to semi-arid, with extremely high temperatures that contribute to the scarcity of surface water. Therefore, it is essential to exploit groundwater resources. Our work focuses on analyzing the physico-chemical composition of groundwater in the Miocene aquifer.

A field sampling campaign was conducted to determine the physico-chemical characteristics of this aquifer. In general, the water from the Miocene aquifer exhibits good quality.

The study showed that the water supply at the level of the Bennaceur benchouhra agglomeration seems to be within the drinking water standards. Except village social water which contains more calcium.

The distribution water at the level of the ksar el hirane agglomeration has a high hardness and exceeds the standards for drinkability; the content of magnesium and sulphates and bicarbonates and chlorides exceeds the standard. In the region of F5 has a very high nitrate and calcium content.

Keywords: Laghouat region, groundwater, Miocene aquifer, physico-chemical analyses.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude envers Allah Tout-Puissant pour nous avoir octroyé la patience et le courage indispensables pour mener à bien ce travail.

Nous aimerions exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrante, Mme BENTAHAR Fatiha, d'avoir accepté de superviser et de suivre ce travail. Travailler avec elle a été un réel plaisir, Nous avons particulièrement appréciés sa chaleur humaine et sa disponibilité quotidienne. Merci, Madame, pour votre disponibilité et votre gentillesse.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers les membres du jury pour leur présence lors de cette soutenance et pour l'attention qu'ils ont portée à notre mémoire. Leurs commentaires et suggestions seront d'une grande valeur pour améliorer notre travail :

Nos remerciements chaleureux au docteur ALLAL Farida d'avoir accepté de présider ce jury et d'avoir examiné notre mémoire avec minutie.

Nos sincères remerciements vont également au docteur BENCHEIKH Iman pour avoir accepté de lire et de corriger ce mémoire, et pour sa précieuse contribution à son amélioration.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les membres du laboratoire d'analyse de l'Algérienne des Eaux de Laghouat. Nos remerciements vont tout particulièrement à Monsieur MECHRAOUI et Monsieur HENNICHE Ahmed pour leur aide précieuse et leurs encouragements constants.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude du fond du cœur à tous les enseignants de l'Université de Tizi Ouzou. Leur accompagnement tout au long du stage de terrain, qui s'est déroulé pendant une semaine dans la wilaya de Laghouat, nous a permis de mieux comprendre et d'approfondir nos connaissances en géologie de la région. Cette expérience humaine a été extrêmement précieuse pour nous. Merci infiniment pour cette opportunité.

Nous sommes reconnaissants envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et nous leur exprimons notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants du département de biologie, en particulier : Farida ALLAL, Fatiha BENTAHAR, Amira ABDESSELAM, Imane BENCHEIKH, Samira NIA, Ibtissem SOUFI, Mustapha Naceur YUCEFI, Youcef BOUBRIMA, Rabah KHEDIM, Smahane TALEB, Mohammed OUINTEN, Mohammed GHARMAOUI,

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

**Le plus grand amour qui réside dans mon cœur, celui qui brille dans mes yeux, le guide
le plus précieux de ma vie et celui qui ne cesse jamais de m'encourager,
Mon père, Saad.**

**La plus chère à mon cœur, la bougie qui a illuminé ma vie et a contribué à ma réussite,
celle qui m'a toujours aidé avec son dévouement, je vous remercie du fond du cœur, ma
chère Maman. Que Dieu vous accorde santé et longévité.**

A mes très chers frères :

Adel, Aissa, Abdou el hak.

A mes très Chères sœurs :

Djamila, Rachida, Turkia, Nawal.

À mes neveux et nièces :

Loudjaine, Houssin, Yahyai, Sadjia, Haithem, Lilia, Saad

A Toute la famille GUISSI ;

A Toute la famille ABBA ;

A ma chère binôme ARAOUA Djedla ;

A Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation

A Tous les étudiants de la biologie, en particulier l'écologie Végétale

Je dédie ce modeste Travail.

AICHA

Dédicaces

Je dédie ce travail et mon succès, le fruit de mes efforts, à celui qui est resté éveillé et a travaillé dur pour assurer ma sécurité. Mon père est plus précieux que mon âme. Que Dieu prolonge ta vie.

À mes chers frères : Belkacem, Ameer, Ali et Naas.

À mes sœurs qui ont été mon ombre à chaque étape de ma vie : Aicha et ses enfants Mohamed et Dalia, Sarah et ses enfants Islam et Elias.

À Kholoud Nour el Wojoud, dont la bougie brille éternellement.

À mon pilier inébranlable qui m'a soutenu dans les moments de joie et de peine, dans les épreuves les plus difficiles comme dans les moments de facilité, ma perle précieuse, Aicha GUISSI, ma sœur et mon amie fidèle.

À tous mes chères amies qui ont contribué et veillé tard avec moi, je vous remercie du fond du cœur.

Une gratitude spéciale à ma vertueuse enseignante, BENTAHAR Fatiha, qui a persévéré pour moi et qui a été comme une seconde mère, merci pour votre soutien inconditionnel.

DJEDLA

Sommaire

<u>Introduction générale</u>	1
<u>Chapitre I : Synthèse bibliographique</u>	2
1. <u>Normes de la qualité de l'eau</u>	2
2. <u>Différents types d'eaux destinées à la consommation humaine</u>	3
2.1. <u>Eaux de surface</u>	3
2.2. <u>Eaux souterraines</u>	3
2.3. <u>L'eau potable</u>	3
3. <u>Pollution de l'eau</u>	3
4. <u>Différents types de pollution</u>	3
4.1. <u>Pollution organique</u>	3
4.2. <u>Pollution chimique</u>	4
4.3. <u>Pollution physique</u>	4
5. <u>Différents paramètres d'une eau de consommation</u>	4
5.1. <u>Paramètres organoleptiques</u>	4
<u>Chapitre II : Matériels et méthodes</u>	6
1. <u>Présentation de la zone d'étude :</u>	6
1.1. <u>Présentation de la zone de Ksar el Hirane :</u>	6
1.2. <u>Présentation de la zone de Bennaceur Benchouhra :</u>	7
2. <u>Méthodologie de travail</u>	8
2.1. <u>Objectif</u>	8
2.2. <u>Etude Hydro chimique :</u>	9
2.3. <u>Échantillonnage et méthodes de prélèvement :</u>	9
3. <u>Analyse physico-chimique :</u>	10
3.1. <u>Température</u>	11
3.2. <u>pH</u>	11
3.3. <u>Mesure de la conductivité électrique ; et salinité et le taux des sels dissous</u>	11
3.4. <u>Minéralisation globale :</u>	12
3.5. <u>Mesure de la turbidité</u>	13
3.6. <u>Phosphates (PO_4^{3-})</u>	13
3.7. <u>Détermination des nitrites (NO_2^-) :</u>	14
3.8. <u>Détermination des Nitrate</u>	15
3.9. <u>Détermination d'ammonium</u>	16

3.10.	Détermination du calcium	17
3.11.	Dosage du sodium et du potassium :	17
3.12.	Détermination des chlorures ()	18
N° de figure	Titre	Page
Figure .II.1	Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	19
Figure. II.2	Situation géographique de la whaya de Laghouat.	19
Figure. II.2	Localisation de site de Ksar el Hirane (Sud-est du chef-lieu Laghouat)	20
Figure. II.3	Dosage de bicarbonate	21
Figure. II.3	Dosage de Fer (Fe⁺⁺)	21
	Présentation de la région de Bennaceur Benchohra	21
3.16.	Détermination du Sulfate	22
3.17.	Détermination de magnésium (:	23
Chapitre III: Résultats et discussions		24
Résultats et discussion des analyses physico-chimiques :		24
1.	Température :	24
2.	pH	25
3.	Conductivité électrique	26
4.	TDS	27
5.	La salinité	28
6.	Minéralisation globale	29
7.	Turbidité	30
8.	Phosphates PO₄³⁻	31
9.	Nitrites NO₂⁻	32
10.	Nitrate NO₃⁻	33
11.	Ammonium (NH₄⁺)	34
12.	Calcium (Ca²⁺)	35
13.	Sodium et de potassium	36
14.	Chlorures (Cl⁻)	38
15.	Dureté totale (titre hydrométrique TH)	39
16.	Bicarbonate HCO₃⁻	40
17.	Fer :	41
18.	Sulfate SO₄²⁻	42
19.	Magnésium Mg⁺	44
Conclusion générale		44
Références bibliographiques		45

Liste des figures

Figure. II.4	coupe géologique interprétative de la vallée de l'oued M'ZI	8
Figure.III.1	Variation de la Température des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et Ksar el Hirane	24
Figure.III.2	Variation de PH des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	25
Figure.III.3	Variation de la conductivité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	26
Figure.III.4	Variation des mesures de TDS (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	27
Figure.III.5	variation des mesures de la salinité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	29
Figure.III.6	Variation des teneurs de la Minéralisation (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	30
Figure.III.7	Variation de la turbidité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	31
Figure.III.8	Variation des teneurs en phosphates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	32
Figure.III.9	Variation des nitrites (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	33
Figure.III.10	Variation du nitrate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	34
Figure.III.11	Variation d'ammonium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	35
Figure.III.12	Variation de calcium (mg/l) des dans les forages de Bennaceur Benchohra et Ksar el Hirane	36
Figure.III.13	Variation de sodium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	37
Figure.III.14	Variation de potassium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	38
Figure.III.15	Variation de chlorure (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	39
Figure.III.16	Variation de titre hydrométrique (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	40
Figure.III.17	Variation de bicarbonate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	41
Figure.III.18	Variation de Fer (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et Ksar el hirane	42
Figure.III.19	Variation de teneur en sulfates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	43
Figure.III.20	Variation des teneurs en magnésium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	44

Liste des photos

Photos	Titre	Page
Photos.II.1	Conservation des échantillons d'eau : utilisation d'une glacière	10
Photos. II.2	Détermination de la température et du pH	11
Photos. II.3	Conductimètre	12
Photos. II.4	turbidimètre	13
Photos. II.5	Spectrophotomètre et solution utilisée pour le phosphate	14
Photos. II.6	Détermination des nitrites (NO_2^-)	15
Photos.II.7	Détermination des nitrates	16
Photos.II.8	Détermination des teneurs en d'ammonium	17
Photos.II.9	Détermination de calcium Ca^{2+}	18
Photo.II.10	Appareille de photométrie de la flamme, solution et potassium	19
Photo.II.11	Réactifs de dosage de chlorures	20
Photos.II.12	Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	21
Photo.II.13	Matériels utilises de laboratoire ADE de Laghouat	22
Photos.II.14	Réactifs de dosage de Fer	23
Photos.II.15	Détermination du sulfate	24

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau. I.1	Normes OMS et Algérienne des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable.	2
Tableau. II.2	Noms Forage d'eaux sélectionnées pour la compagnie d'échantillonnage	10
Tableau. II.3	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité	12
Tableau.III.1	Résultats des mesures de la température C° des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	24
Tableau.III.2	Résultats de PH des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	25
Tableau.III.3	Résultats des mesures de la conductivité us/cm des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	26
Tableau.III.4	Résultat des mesures de TDS (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	27
Tableau.III.5	Résultat des mesures de la salinité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	28
Tableau.III.6	Les résultats des mesures de Minéralisation (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	29
Tableau.III.7	Résultats des mesures de la turbidité NTU des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane	30
Tableau.III.8	Résultats des mesures de phosphates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane	31
Tableau.III.9	Résultats des mesures des nitrites (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane	32
Tableau.III.10	Résultats des mesure de nitrate (mg/l) eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	33
Tableau.III.11	Résultats des mesures d'ammonium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	34
Tableau.III.12	Résultats des mesures de calcium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	35
Tableau.III.13	Résultats des mesures de sodium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	36
Tableau.III.14	Résultats des mesures de potassium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	37
Tableau.III.15	Résultats des mesures de chlorure (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	38
Tableau.III.16	Résultats des mesures de titre hydrométrique (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	39
Tableau.III.17	Résultats des mesures de bicarbonate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	41

Liste des tableaux

Tableau.III.18	Résultats des mesures de Fer (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	42
Tableau.III.19	Résultats de mesure des teneurs en sulfates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	43
Tableau.III.20	Résultats de mesure des teneurs en magnésium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane	44

Liste des abréviations

NTU : Unité Néphélométrie de turbidité.

Q · s · p : Quantité suffisante pour.

ROTHER : Aide dextrose broth
(peptone+glucose+NaCL+dihydrogéné
phosphate de
potassium+hydrogénophosphate de
potassium azoture de sodium).

S : Solution.

S/cm : Siemens par centimètre.

S/m : siemens par mètre.

TDS : Solides dissous totaux.

TH : Titre Hydrométrique (Dureté totale).

V : Volume.

µs/cm: Micro Siemens par centimètre.

NET : Noir Eriochrome T.

ADE: algérienne des eaux.

°C: Degré Celsius.

C : Conductivité.

EDTA : Ethylène Diamine Tétracétique.

g : gramme.

g/mol : gramme par mole.

GLU : Glucose.

Kg : Kilogramme.

L : litre.

mg Milligramme par litre.

NA : Normes Algériennes.

DIM : direction de l'industrie et des mines

OMS : Organisation Mondiale de la santé

pH : potentiel Hydrogène

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est un élément essentiel à la vie des êtres humains, des animaux et des plantes. Disposer d'une quantité suffisante d'eau de qualité, contribue au maintien de la santé. Cependant, l'eau peut également être source de maladies, en raison de sa contamination par les activités humaines, telles que la défécation en plein air, le traitement inadéquat des eaux usées, les décharges sauvages, les pratiques agricoles défectueuses et les déversements de produits chimiques dans les sites industriels (OMS, 2003).

En Algérie, l'eau est une ressource préoccupante en raison de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela engendre de nombreux problèmes de gestion, tels que les pertes, les gaspillages, les dégradations et le manque de protection des ressources (Boumaouche&Bouchahm, 2017).

Les eaux souterraines sont généralement de qualité physico-chimique excellente. Cependant, la minéralisation est fortement influencée par les formations géologiques traversées. Elle est faible dans les terrains anciens tels que le granite et le schiste, et élevée dans les formations sédimentaires comme les calcaires. Ces eaux sont pauvres en oxygène dissous et exemptes de matières organiques, sauf en cas de pollution (Cardot, 1990).

Dans cette étude, nous avons choisi de nous concentrer sur les eaux souterraines des communes de Ksar El Hirane et Bennaceur Benchohra(Wilaya de Laghouat) afin d'évaluer leur qualité physico-chimique et organique. Le contenu de cette étude est structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique qui comprend une présentation des différents paramètres pris en compte dans cette étude, ainsi que les normes définissant la caractérisation et la qualité des eaux potables.

Le deuxième chapitre présente la zone d'étude ainsi que le matériel et les méthodes expérimentales utilisés.

Le troisième chapitre interprète les résultats obtenus pour les paramètres étudiés.

Nous concluons notre manuscrit par une conclusion et des recommandations.

Chapitre I :
Synthèses
Bibliographiques

Chapitre I : Synthèse bibliographique

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours. La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marine (97%). Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure. Elles constituent une source importante d'eau potable (Boucenna, 2009)

1. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies, qui fixe notamment (Tableau. I.1), les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales. (OMS, 1994).

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la république algérienne, qui représente les valeurs limites des différents paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau de consommation humaine. (Jora, 2011).

Tableau. I.1 : Normes OMS et Algérienne des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable.(OMS.2003).

Substances	Unité	Norme OMS	Norme algérienne
Turbidité	NTU	≤ 2.5	≤ 5
Température	C°	≤ 25	≤ 25
Calcium	mg/l	≤ 270	≤ 200
Magnésium	mg/l	≤ 50	≤ 50
Chlorure	mg/l	≤ 500	≤ 500
PH		6.5 ≤ PH ≤ 9.5	6.5 ≤ PH ≤ 9
Conductivité	µs/cm	≤ 2100	≤ 2800
Ammonium	mg/l	≤ 0.5	≤ 0.5
Potassium	mg/l	≤ 20	≤ 12
Fer	mg/l	≤ 0.3	≤ 0.3
Nitrate	mg/l	≤ 50	≤ 50
Nitrite	mg/l	≤ 0.1	≤ 0.2
Sulfate	mg/l	≤ 250	≤ 250
Phosphate	mg/l	≤ 0.5	≤ 0.5
Dureté	mg/l	≤ 500	≤ 500

2. Différents types d'eaux destinées à la consommation humaine

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont les eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux des surfaces stagnantes (lac naturels ou artificielles ou barrages) ou courantes (rivières) (Degremont, 2005).

2.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont les eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Ces dernières ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (Degremont, 2005). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matière en suspension et organique. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrates et pesticides (Cardot, 1990).

2.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux du sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Ils sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface (Guergazi&Achour, 2005). La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de ressources aquifères appelées nappes (Degremont, 2005).

2.3. L'eau potable

Selon Hoffman *et al.*, 2014, les eaux potables représentent l'ensemble des eaux dont les propriétés chimiques, bactériologiques, biologiques et organoleptiques les rendent propres à la consommation humaine. La plupart des eaux potables proviennent des eaux souterraines et des eaux de sources (Bliefert et Perraud, 2001).

3. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est l'interface entre l'air et sol. Une eau dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issue d'activités humaines. L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou du lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (Rodier *et al.*, 2005).

4. Différents types de pollution

4.1. Pollution organique

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante. En effet, elle résulte de l'introduction dans le milieu de substances organiques provenant de diverses activités : industrielles, agricoles, et /ou domestiques (phosphates, matières fermentescibles, etc...)(Khaled, 1995).

4.2. Pollution chimique

Elle est due à des substances en solution. Elle se traduit par un changement de saveur (eau salée ou saumâtre) parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissout est un poison (Leroy, 1999). Ce type de pollution constitue une partie importante de la pollution des eaux de surface.

4.3. Pollution physique

C'est une pollution qui est due à la présence de matière en suspension. Elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (Leroy, 1999).

5. Les différents paramètres d'une eau de consommation

5.1. Les paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques comprennent : l'odeur, le goût et la couleur. Ils sont très importants pour la détermination de la qualité de l'eau de consommation (Weiner & Matthews, 2003).

5.1.1. La couleur

Paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut :

-Avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, des substances humiques dans les eaux de surface).

-Être une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages...etc.

-Avoir une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures) (Mokeddem et Ouddane, 2005).

5.1.2. L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matière organique en décomposition.

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier et al, 2005).

5.1.3. Goût et saveur

-Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de la sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche (Rodier, 2005).

-Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous.

-Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer (Mokeddem EtOuddane, 2005).

Chapitre II :

Matériels et Méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude :

Dans le cadre du Schéma Régional d'Aménagement du Territoire, Laghouat occupe une superficie de 25 052 km² et fait partie du groupe des neuf wilayas pastorales du pays. La ville de Laghouat chef-lieu de wilaya, est située à 400 Km au sud de la capitale Alger sur l'axe routier : Alger-Ghardaïa à une altitude de plus de 750 m sur le flanc sud de l'Atlas saharien. Ses coordonnées sont : 33°48'N ,02°53'E. Elle, perché entre deux régions distinctes: l'atlas saharien au nord et les plateaux sahariens au sud. (DIM Laghouat, juillet 2017) (fig. II.1)

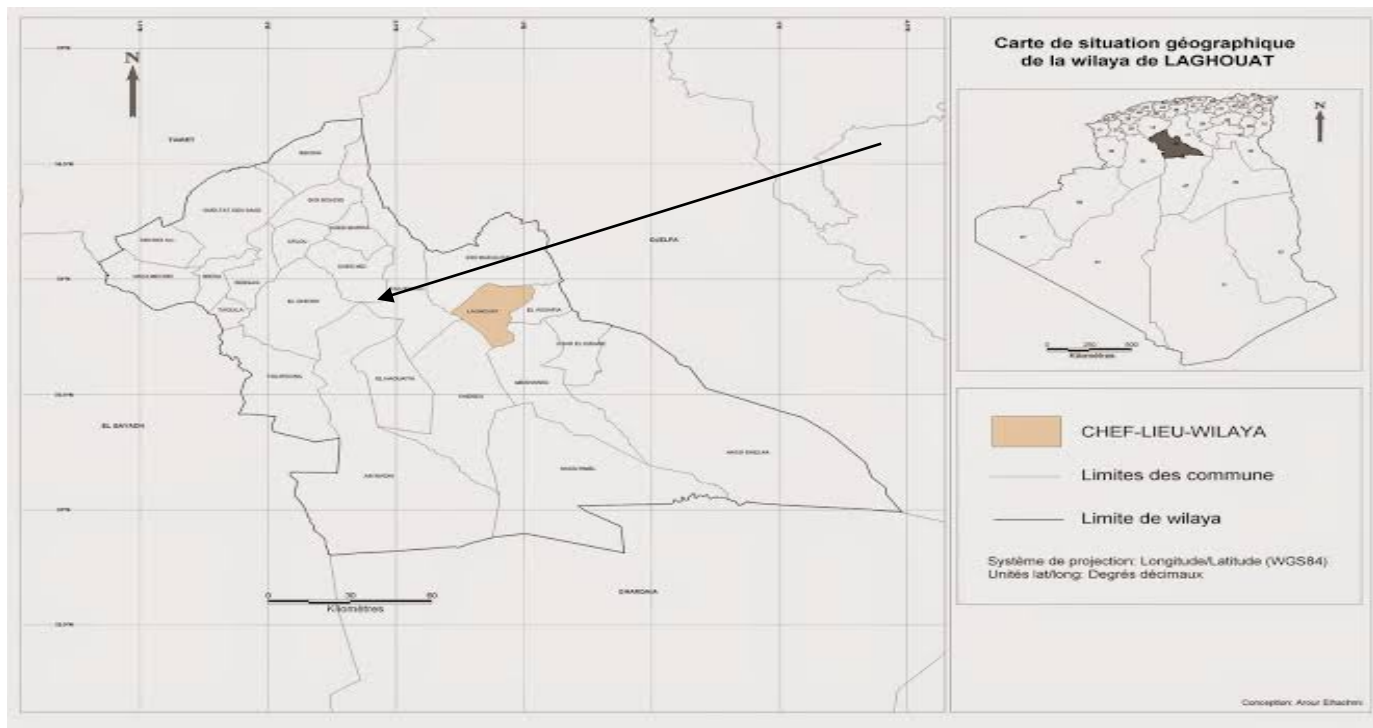


Figure .II.1: Situation géographique de la wilaya de Laghouat. (DIM Laghouat, 2017)

1.1. Présentation de la zone de Ksar el Hirane :

✓Situation du site d'étude :

La région de Ksar el Hirane se trouve à environ 30 km au sud-est de la ville de Laghouat (fig. II.2), sur la plaine alluviale de l'Oued M'Zi. Elle est bordée au nord par la commune de Messaad, à l'est par la commune de Hassi Delaa, à l'ouest par la commune d'El Assafia et au sud par la commune de Bennaceur Benchouhra. Cette région se caractérise par des altitudes relativement basses, ne dépassant pas 700 m d'altitude.

Le site étudié, appelé Smaim, est situé à 7 km du chef-lieu de la commune de Ksar El Hirane, dans la direction nord-est. Il s'étend sur une superficie de 500

Chapitre II : Matériels et méthodes

hectares et a été créé en 2008 par le HCD (Hautes Commissions de Développement).

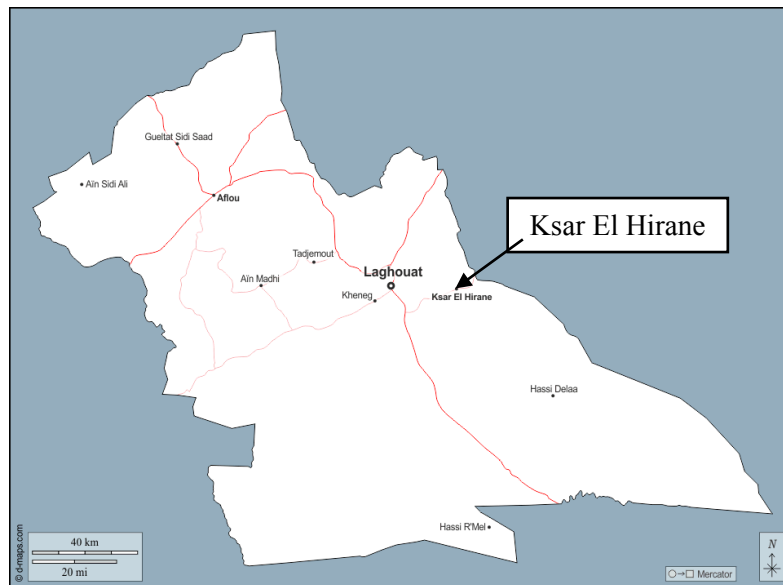


Figure. II.2 : Localisation de la région de ksar el Hirane (Sud-est du chef-lieu Laghouat).

1.2. Présentation de la zone de Bennaceur Benchouhra :

1.2.1. Cadre Géographique

La région de Bennaceur Benchouhra est localisée sur le versant sud du piémont de l'Atlas Saharien. Elle est délimitée au nord par les Chaînes de l'Atlas et au sud par le pays des Dayas (Fig. II.3).

La zone d'étude se trouve aux coordonnées suivantes :

- À l'est, longitude 03° 14' 05" Est.
- À l'ouest, longitude 02° 49' 46" Est.
- Au nord, latitude 33° 53' 24" Nord.
- Au sud, latitude 33° 42' 51" Nord.



Figure. II.3 : Situation géographique de la région de Bennaceur Benchouhra

Chapitre II : Matériels et méthodes

1.2.2. Contexte géologique et hydrogéologique :

La géologie de la zone d'étude est principalement constituée de formations quaternaires, se présentant sous la forme de terrasses qui témoignent des variations climatiques. Les sols de la vallée ont une origine alluviale. De plus, on observe la présence de dunes de sable dans les zones déprimées et sur les flancs des reliefs. Cependant, au niveau de l'accident sud atlasique, quelques reliefs constituent les derniers contreforts de l'Atlas, composés de formations calcaréo-dolomitiques du Crétacé supérieur et de grès du Crétacé inférieur.

Dans le secteur d'étude, le système de Bennaceur Benchouhra est composé de plusieurs niveaux aquifères superposés, du haut vers le bas (Lagradi, 2017).

1.2.3. Nappe Moi-Pliocène :

Le tertiaire continental correspond au 'continental Terminal' de Kilian (1939), c'est un puissant ensemble grés-argileux qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le primaire, le continental intercalaire, le cénonanien, le turonien, le sénonien et l'Eocène, son épaisseur varie de quelques mètres à plus de 2000 m dans la fosse sud-atlasique (Levassor, 1978)

Dans la vallée de l'oued M'ZI, les données provenant des forages du secteur de Mekhareg montrent que le Tertiaire continental est composé d'argiles, de sables argileux rougeâtres, de quelques niveaux de grès, d'argiles gypseuses et petits bancs de calcaires (fig. I.4).

Dans la plaine de Bennaceur Benchouhra et le secteur de secteur de ksar el hirane, le Tertiaire continental est composé d'argiles, de grès argileux, de quelques bancs de calcaires et de grès argileux à la base.

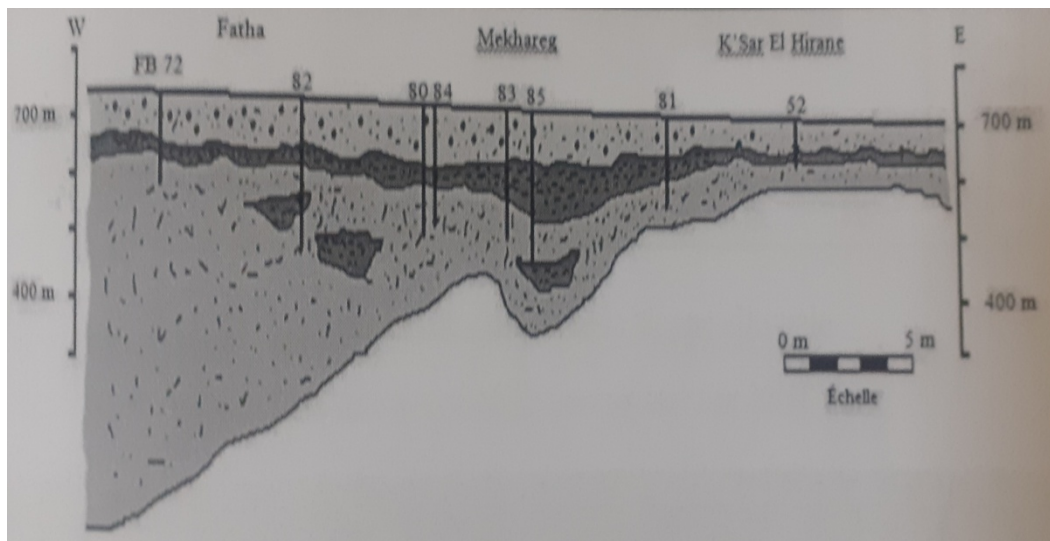


Figure. I.4 : coupe géologique interprétative de la vallée de l'oued M'zi (CHTTIH, M)

2. Méthodologie de travail

2.1. Objectif

L'objectif de notre travail est de réaliser des analyses physico-chimiques de certains paramètres de l'eau dans les zones de Ksar el Hirane et Bennaceur Benchouhra, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec les normes algériennes et de l'OMS.

Chapitre II : Matériels et méthodes

2.2. Etude Hydro chimique :

Notre étude expérimentale se concentre sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de forages dans la région de Ksar el Hirane et Bennaceur Benchouhra, située dans la wilaya de Laghouat. Les échantillons ont été prélevés et les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire d'analyse des eaux de l'Algérienne Des Eaux (A.D.E) à l'unité de laboratoire de Laghouat.

Les analyses se sont principalement focalisées sur les paramètres physiques propres à l'eau tels que la conductivité électrique (CE), la température (T), le pH, etc. De plus, nous avons également mesuré les concentrations des éléments chimiques majeurs les plus courants dans l'eau, tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), les chlorures (Cl^-) et les bicarbonates (HCO_3^-). Nous avons également analysé les sulfates (SO_4^{2-}) ainsi que les éléments de pollution tels que les nitrites (NO_2^-), l'ammonium (NH_4^+), et les phosphates (PO_4^{3-}).

2.3. Échantillonnage et méthodes de prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués dans la zone de Ksar el Hirane et Bennaceur Benchouhra. Pour effectuer un échantillonnage d'eau de forage destinée à l'analyse en laboratoire, vous pouvez suivre les étapes suivantes :

- Préparation : Assurez-vous d'avoir tous les équipements nécessaires, tels que des flacons propres en verre ou en plastique (préférez le polyéthylène), des étiquettes d'identification, des gants de protection et un stylo indélébile pour les marquages.
- Nettoyage : Rincez les flacons d'échantillonnage avec de l'eau prélevée sur place pour éliminer toute contamination potentiellement présente. Répétez cette étape au moins trois fois pour vous assurer d'obtenir des échantillons représentatifs.
- Site de prélèvement : Choisissez les points de prélèvement stratégiques dans les forages, en veillant à ce qu'ils soient bien représentatifs de la source d'eau. Évitez les zones où l'eau pourrait être contaminée, comme les points de déversement, les zones de stagnation ou les zones à proximité de sources de pollution.
- Technique de prélèvement : Pour chaque point de prélèvement, utilisez un contenant propre et stérile (flacon) pour collecter l'eau en vous assurant de ne pas le toucher avec les mains ou tout autre objet non stérile. Remplissez le flacon jusqu'à la capacité souhaitée, en veillant à laisser un petit espace vide pour faciliter les mélanges ultérieurs.
- Étiquetage : Une fois l'échantillon prélevé, étiquetez immédiatement le flacon avec des informations essentielles, telles que l'identification du site de prélèvement, la date, l'heure et toute autre information pertinente.
- Stockage : Assurez-vous de conserver les échantillons dans des conditions appropriées, généralement à basse température (réfrigération) ou en utilisant des glacières avec des packs réfrigérants (fig. I.1), pour éviter toute altération de la qualité de l'eau avant son analyse en laboratoire.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Il est important de suivre des protocoles stricts d'échantillonnage et de manipulation pour garantir l'intégrité et la représentativité des échantillons. Si possible, consultez également les directives spécifiques de votre laboratoire ou des organismes de réglementation concernant les méthodes d'échantillonnage pour les analyses d'eau de forage.



Photo. II.1: Conservation des échantillons d'eau :

Utilisation d'une glacière

3. Analyse physico-chimique :

Cette étude est composée de deux parties : une analyse partielle et une analyse complète. L'objectif de ces analyses est de réaliser un autocontrôle des eaux potables avant leur consommation. Les analyses ont été effectuées au laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'ADE Laghouat, en collaboration avec Monsieur HENICHE Ahmed, chef de service au sein du laboratoire ADE.

Les noms des forages ainsi que leurs coordonnées ayant servis à l'échantillonnage d'eau sont indiqués dans le Tableau.II.3.

Tableau. II.2 : Forage d'eaux sélectionnées pour la campagne d'échantillonnage de Mars 2023

Forages	Noms des forages
F1	Bennaceur Benchouhra 1
F2	Village social
F3	Bennaceur Benchouhra 2
F4	Ksar El hirane 1
F5	Ksar El hirane 2

Chapitre II : Matériels et méthodes

Le matériel utilisé pour ces analyses comprend :

- Un appareil multi-paramètres
- Un conductimètre
- Un turbidimètre
- Des cuvettes
- Des éprouvettes
- Un spectrophotomètre
- Une photométrie de la flamme
- Pipette pasteur
- Etuve
- Bécher
- Agitateur magnétique
- Oxymètre
- Burette

3.1. La température

✓ Mode opératoire

Prélèvement d'un échantillon de 100 ml d'eau à analyser. Insérer un agitateur avec une agitation légère. Plonger l'électrode dans le bécher (Photo.II.2) et laisser stabiliser pendant un certain temps avec une vitesse d'agitation réduite. Enregistrer la valeur de la température (T°). Les résultats sont exprimés en unité degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

3.2. Le pH

❖ Mode opératoire

Allumez le pH-mètre. Prélevez une quantité adéquate d'échantillon pour immerger l'électrode et la sonde dans un bécher. Plongez l'électrode de pH dans l'échantillon. Attendez que la mesure se stabilise avant de procéder à la lecture (Photo.II.2). La valeur du pH s'affiche sur l'écran de l'appareil.



Photo.II.2: Détermination du T_c° et pH

3.3. Mesure de la conductivité électrique ; de la salinité et du le taux des sels dissous(TDS) :

Pour mesurer la conductivité, multiélément a été utilisé (Pho.III.3). Avant la mesure, l'électrode a été soigneusement rincée plusieurs fois, d'abord avec de l'eau distillée, puis en la plongeant dans un récipient contenant l'eau à examiner. La mesure a été effectuée en veillant à

Chapitre II : Matériels et méthodes

ce que l'électrode soit complètement immergée. Les résultats de conductivité sont directement exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (voir annexe N°02). Les résultats de salinité et de taux de sels dissous (TDS) sont respectivement exprimés en ‰ et en mg/l (Rodier et al, 2005)



Photo. II.3:Appareil Conductimètre

* la salinité :

*Nous extrayons les valeurs de la salinité avec l'équation suivant :

$$\text{Salinité (mg/l)} = \text{TDS} / 1000$$

3.4. Minéralisation globale :

La minéralisation fait référence aux niveaux de sels dissous présents dans l'eau. Il existe une relation entre la concentration en sels dissous d'une eau et sa conductivité électrique. Cependant, il est important de noter que la mesure de la minéralisation obtenue par pesée de l'extrait sec peut différer légèrement de celle calculée à partir de la conductivité (Tabl.II.3) (Rodier et al, 2005).

Tableau.II.3 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier et al, 2009)

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/L)
<à 50	1,365079x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166et 333	0.769574 x Conductivité
Entre 333et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
> à 10000	0,850432 x Conductivité

Chapitre II : Matériels et méthodes

3.5. Mesure de la turbidité

❖ Mode opératoire

Après avoir rempli la cuvette de mesure propre et soigneusement essuyée avec du papier hygiénique, contenant l'échantillon à analyser et l'ayant bien homogénéisé, la mesure peut être effectuée rapidement. Il est important de vérifier qu'il n'y a pas de bulles d'air présentes avant la mesure. La mesure de la turbidité est obtenue directement en unité de néphélogétrie turbidité (NTU) [84]. Un turbidimètre a été utilisé pour effectuer la mesure de la turbidité (Photo.II.4).



Photo.II.4: Turbidimètre

3.6. Phosphates (PO_4^{3-})

❖ Matériels :

- Appareil Spectrophotomètre UV visible (longueur d'onde = 420 nm)

❖ Réactifs

• Réactif Mixte :

- Heptamolybdate d'ammonium 13 g.
- Eau distillée.....100 ml.
- Tartrate d'antimoine..... 0.35 g.
- Eau distillée..... 100 ml.
- Acide sulfurique pur..... 150 ml
- Eau distillée..... 150 ml.

• Acide ascorbique à 10 % :

- Acide ascorbique.....10g.
- Eau distillée100ml.

• Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-}

• Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}

Courbe d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
----------	---	---	---	---	---	---

Chapitre II : Matériels et méthodes

\$ fille à 25 mg/l P	0	0.3 ml	0.6	1.2	2.4	4.8
qsp 40 ml eau distillée	40	40 ml	40	40	40	40
[c] P	0.0	0.015	0.03	0.06	0.120	0.240
[c] en PO_4^{3-}	0.0	0.0459	0.0918	0.1836	0.3672	0.7340
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 mn.						

❖ Mode opératoire

Prélevez 40 ml d'eau à analyser, puis ajoutez 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte. Laissez reposer pendant 10 minutes jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue. Ensuite, utilisez un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm pour effectuer la mesure (Photo.II.5) conformément à la norme ISO N° 6878.2004. Les résultats sont obtenus directement à l'aide du spectrophotomètre et sont exprimés en mg/l.

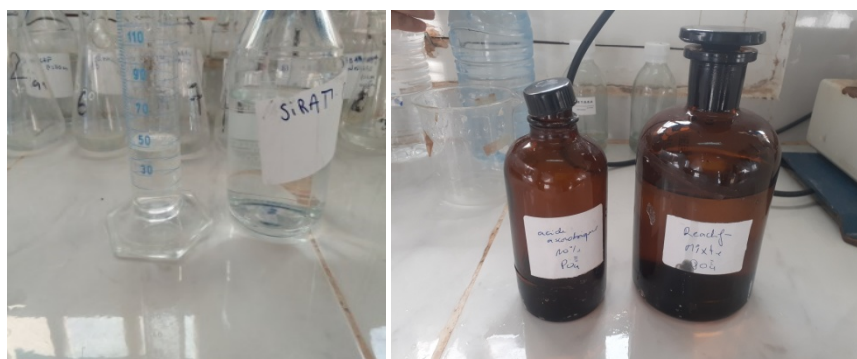


Photo.II.5: Spectrophotomètre et solution utilisée pour le phosphate

3.7. Détermination des nitrites (NO_2^-) :

❖ Matériels

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Appareil : Spectrophotomètre UV-Visible - Fioles - Pipettes

❖ Réactifs

Réactif Mixte:

- Sulfanilamide40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyle éthylène diamine 2 g.
- H₂O distiller..... q.s.p1000 ml.

❖ Mode opératoire

Prélevez 50 ml d'eau à analyser, puis ajoutez 1 ml du réactif mixte et attendez 10 minutes(Photo.II.6). L'apparition d'une coloration rose indique la présence de NO₂⁻. Transférez l'échantillon dans un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 543 nm pour effectuer la mesure en mg/l, conformément à la norme [ISO 5667. 2004](#). Les résultats sont obtenus directement à l'aide du spectrophotomètre et sont exprimés en mg/l.



Photo. II.6: Détermination des nitrites (NO₂⁻)

3.8. Détermination des Nitrate

❖ Matériels

- Etuve - Spectrophotomètre U.V visible - Fioles - Bêchers -Pipettes

❖ Réactifs

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

- * 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :

- * 30 g de Na OH dans 100 ml d'eau distillée.

•H₂SO₄ concentré.

• Tartrate double de sodium et de potassium.

- * Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.

- * Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

- * Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

- * Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc et conservé dans un flacon de polyéthylène.

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l :
 - * Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.
 - * Eau distillée 1000 ml.
 - * Chloroforme.....1 ml.

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

❖ Mode opératoire

Prélevez 10 ml de l'échantillon à analyser, puis ajoutez 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium (Photos.II.7). Les échantillons analysés seront placés dans une étuve à une température de 75 à 88°C afin de permettre l'évaporation complète de l'eau. Ensuite, laissez les échantillons refroidir. Après refroidissement, ajoutez 2 ml de H₂SO₄ aux résidus, laissez reposer pendant 10 minutes, puis ajoutez 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium. Les échantillons seront ensuite placés dans le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm. Les mesures sont obtenues directement à l'aide du spectrophotomètre et sont exprimées en mg/l.



Photo. II.7: Détermination des nitrates

3.9. Détermination d'ammonium

❖ Matériels

- Appareil Spectrophotomètre UV-Visible

❖ Réactifs

* Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique.....2 g.
- Hydroxyde de Sodium (Na OH).....32 g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000 ml.

* Réactif II (coloré) :

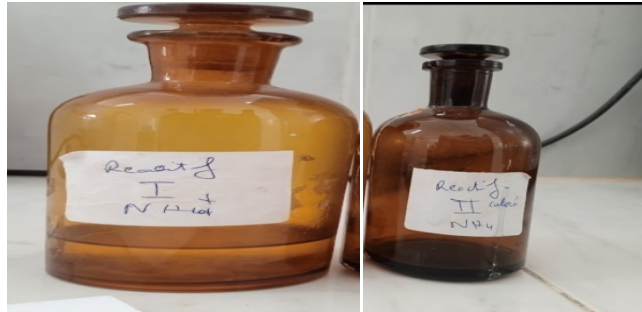
- Tricarbonate de sodium.....130 g.
- Salicylate de sodium.....130 g.
- Nitroprussiate de sodium.....0.97 g.
- H₂O distilléeq.s.p 1000 ml

❖ Mode opération

Prélevez 40 ml d'eau à analyser, puis ajoutez 4 ml du réactif I et 4 ml du réactif II. Complétez avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre un volume total de 50 ml (Photo.II.8). Si la couleur de la solution vire au vert clair, cela indique la présence de . Laissez reposer pendant

Chapitre II : Matériels et méthodes

1 heure et 30 minutes. Ensuite, transférez l'échantillon dans un spectrophotomètre et effectuez la lecture à une longueur d'onde de 655 nm pour déterminer la concentration de, conformément à la norme (ISO N°7150.1986). Le résultat est donné directement en mg/l.



(a) (b)
Photo. II.8: Détermination des teneurs en ammonium

3.10. Détermination du calcium

❖ Réactifs

- Solution tampon pH=12
- Calcon pincé
- La solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA pour le titrage.

❖ Mode opératoire

Nous prélevons 10 ml d'eau dans un bécher pour l'analyse. Nous ajoutons quelques gouttes d'une solution tampon de pH 12, puis ajoutons une petite quantité de Calcon pincé (Photo.II.9). Ensuite, nous préparons une solution d'EDTA dans une burette pour l'étalonnage. Nous plaçons le bécher sur la plaque du mélangeur magnétique et ouvrons progressivement la vanne de la burette jusqu'à ce que la couleur de l'échantillon devienne violette. Pour une prise d'essai de 100 ml, le résultat est exprimé en milligrammes de Ca^{2+} par litre d'eau (mg/l) : $V \times 10 \times 40,08$ donne la teneur en calcium.



Photo. II.9: Détermination de calcium

3.11. Dosage du sodium et du potassium :

❖ Réactifs

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l de la solution mère de NaCl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée (2,54 mg de NaCl 1000cc d' H_2O distillée : solution mère de Na^+ à 1 g/l).
- Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de K Cl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée (1.91g de K Cl 1000 cc d' H_2O distillée : solution mère de K^+ à 1 g/l).
- Eau distillée.

❖ Matériels utilisés :

- Appareil Dr LANGE (JENWAY) (Photos.III.10)
- Bouteille de gaz propane
- Une cuvette remplie de l'eau distillée

❖ Mode opératoire

Pour allumer l'appareil, appuyez sur le bouton vert "Power". Ensuite, ouvrez le robinet de la bouteille de gaz. Utilisez le bouton noir "IGNITION" pour allumer la flamme et maintenez-le enfoncé jusqu'à ce que l'affichage sur l'écran indique "FLM" en rouge. Ensuite, placez une cuvette remplie d'eau distillée sur le support et ajustez la flamme si elle est jaune en utilisant le bouton "fuel" jusqu'à ce qu'elle devienne bleu violacé. Ensuite, réglez le bouton "Blank" sur zéro pour l'optimisation. Laissez la flamme se stabiliser pendant 5 à 10 minutes.

Une fois que la flamme est stabilisée à zéro, remplacez la cuvette d'eau distillée par une autre cuvette contenant une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l. Utilisez le bouton "FINE" pour ajuster la valeur à 10 mg/l (Photo.II.10). Ensuite, retirez la cuvette avec la solution étalon et remplacez-la par une cuvette remplie d'eau distillée pour vérifier si l'écran affiche zéro. Répétez cette étape avec une autre solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l et vérifiez si l'écran affiche (10). Enfin, retirez la cuvette et remplacez-la par une autre cuvette remplie d'eau distillée.

Ensuite, placez vos échantillons inconnus et attendez que la valeur affichée sur l'écran se stabilise (effectuez 3 essais pour chaque échantillon). Une fois l'analyse terminée, par mesure de sécurité, fermez d'abord la bouteille de gaz, puis éteignez l'appareil et la pompe. (ISO 9964/3, 1993).

• Remarque :

Avant de procéder au dosage du sodium (Na^+), il est essentiel de vérifier les valeurs de conductivité. En effet, la conductivité est directement liée à la dilution, ce qui signifie que plus la conductivité est élevée, plus la dilution du Na^+ est importante, et inversement. Cependant, dans le cas du potassium (K^+), il n'est pas nécessaire de procéder à une dilution, à moins que la conductivité ne soit élevée. (ISO 9964/3, 1993). Le résultat est donné directement en mg/l.

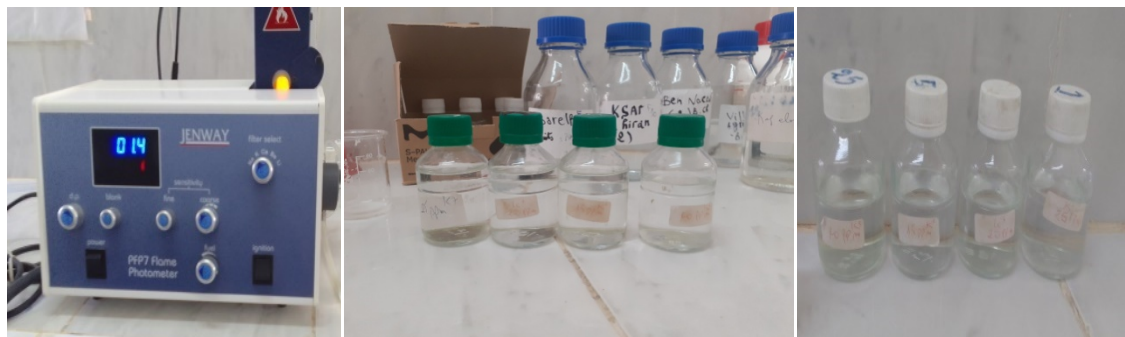


Photo. II.10:Appareil de Photométrie de la flamme, solution et potassium

3.12. Détermination des chlorures ()

❖ Réactifs

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N : 1,6987g d'AgNO₃ → 1000 ml d'eau distillée
- Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 % : 10 g de K₂CrO₄ → q.s.p 100 ml d'eau distillée
- Solution de chlorures à 71 mg/l : 0.107g de NH₄Cl.....1000ml d'eau distillée.

❖ Mode opératoire

Pour commencer l'analyse, prélevez 5 ml d'eau à étudier et ajoutez-y 2 gouttes de K₂CrO₄(Photo.II.11), ce qui produira une coloration jaunâtre. Placez ce mélange sur l'agitateur et positionnez la pipette de titrage en dessous. Laissez l'AgNO₃ s'écouler lentement jusqu'à l'obtention d'une coloration brun rougeâtre. Fermez ensuite la pipette et enregistrez la valeur V2-V1. Cette valeur sera multipliée par un coefficient de 71 pour obtenir la concentration des chlorures dans les échantillons d'eau à analyser. (NF T 90 – 014, 1952).

❖ Expression de résultats

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (V2 - V1) \times M_{\text{Cl}^-} \rightarrow \text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (V2 - V1) \times 71$$

V2 : Volume total d'AgNO₃

V1 : Volume d'AgNO₃ nécessaire pour une concentration donnée.

M_{Cl⁻} : Masse molaire du chlorure en g/mol.

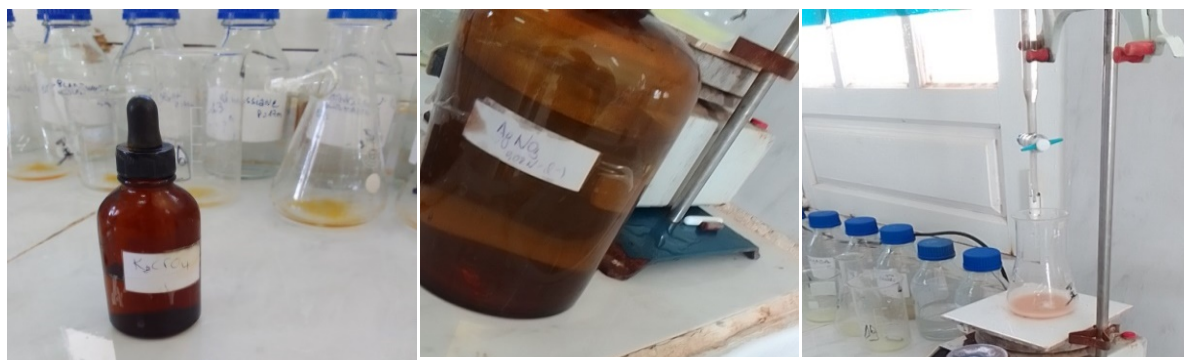


Photo. II.11: Réactif de dosage des chlorures

3.13. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

Chapitre II : Matériels et méthodes

❖ Matériels :

- Erlenmeyer - Eprouvette de 100 ml - Pipettes et fioles - Pissette d'eau distillée

❖ Réactifs :

• Solution d'EDTA qui se compose de sel disodique de l'acide éthylène diamine Tétracétique 3,725 g et d'eau désionisée à q.s.p 1000ml.

• Solution du noir d'Eriochrome T à 0.5% : qui se compose du noir d'Eriochrome à 0.5 g et du tri-éthanol-amine à q.s.p. 100ml

• Solution tampon pH=10, qui se compose de :

- Chlorure d'ammonium (NHCl)67.5g
- Ammoniaque concentrée (d=0.925)570ml
- Sel disodique de magnésium de l'EDTA ($C_{10}H_{14}N_2 Na_2O_8 \cdot 2H_2O$).5g
- Eau désionisée.....q.s.p 1000 ml

❖ Mode opératoire :

Pour commencer l'analyse, prélevez 50 ml d'eau à étudier dans une fiole conique (Photo.II.12). Ajoutez-y 4 ml de solution tampon pH=10 et 3 gouttes de la solution de noir d'ériochrome T. La solution prendra une couleur violette. Placez la solution sur l'agitateur à une vitesse faible, positionné sous la pipette de titrage, préalablement remplie d'EDTA. Versez lentement la solution d'EDTA dans l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au bleu, puis arrêtez l'agitateur. Notez la différence entre les valeurs V2 et V1. Cette valeur obtenue sera multipliée par un coefficient de 100 pour obtenir la valeur de la dureté totale de l'échantillon à analyser. (Benaakame et al., 2019)

$$TH \text{ (mg/l)} = (V2 - V1) \times M_{TH} \rightarrow TH \text{ (mg/l)} = (V2 - V1) \times 100$$

V2: Volume total d'EDTA

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

M_{TH} : Masse molaire de la dureté totale en g/mol.

❖ Expression des résultats :

La mesure de TH est obtenue directement en °F

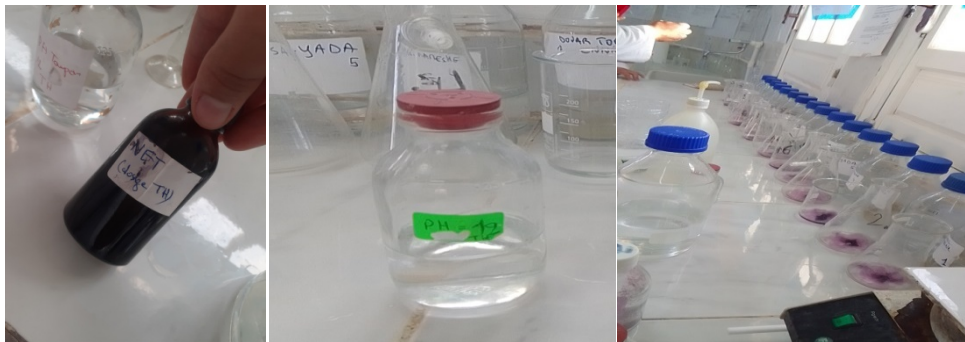


Photo.II.12: Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

3.14. Dosage de bicarbonate :

❖ Réactifs :

Chapitre II : Matériels et méthodes

* Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :

* Solution d'HCl à 0,1 N :

-solution d'HClà 1 N 100 ml.

- H₂O distillée q.s.p 1000ml

❖ Matériels :

- Erlenmeyer - Eprouvette de 100ml - Pipettes - Pissette d'eau distillée

❖ Mode opératoire :

Prélevez 100 ml d'eau à étudier. Ajoutez quelques gouttes de méthyle orange, ce qui donnera une coloration orange à la solution. Placez cette solution sur l'agitateur à une vitesse faible, positionné sous la pipette de titrage dans laquelle vous avez ajouté le H₂SO₄. Versez lentement la solution d'H₂SO₄ dans l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au jaune (Photo.II.13). À ce stade, arrêtez l'agitation et relevez la différence entre les valeurs V2 et V1. Cette valeur sera multipliée par un coefficient de 527 pour obtenir la valeur finale du HCO₃⁻(NF T0-036, 1994).

La formule pour calculer la valeur du HCO₃⁻(mg/l) est la suivante :

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = \text{Volume H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalité H}_2\text{SO}_4 / \text{Volume d'eau à analyser.}$$

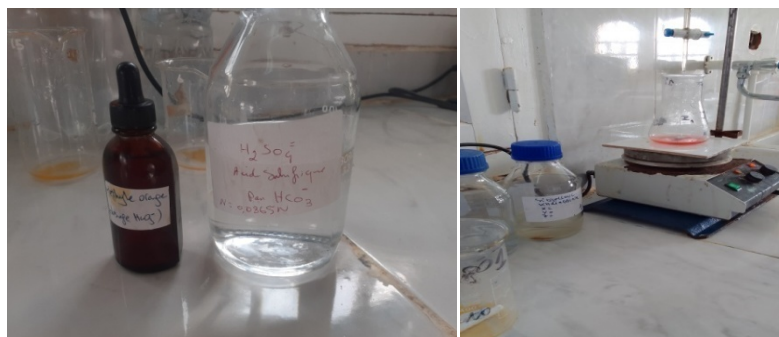


Photo.II.13: Matériels utilisés de laboratoire l'ADE Laghouat. a.Methyl orange, b. H₂SO₄

3.15. Dosage de Fer (Fe⁺⁺)

❖ Matériels :

- Appareil spectrophotomètre

❖ Réactifs :

•Tampon Acétate :

Qui se compose d'acétate d'ammonium (40 g), d'acide acétique cristallisable (50 ml) et d'eau distillée a q.s.p 100 ml.

•Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 % :

Qui se compose de chlorhydrate d'hydro a 10 g et q.s.p 100 ml d'eau distillée . Cette solution est stable pendant une semaine.

Chapitre II : Matériels et méthodes

•Solution de Phénanthroline-1,10 :

Dissoudre 0,42 g de Phénanthroline-1,10 monohydrate ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) dans 100ml d'eau distillée contenant 2 gouttes d'Acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

•Solution mère étalon de fer à 1 g/l :

• Solution fille étalon de fer à 0,01 g/l (à préparer extemporanément) et diluer au 1/100 la solution précédente.

❖ Mode opératoire :

Prélevez 50 ml d'eau à étudier à l'aide d'un erlenmeyer de 100 ml (Photo.II.14). Ajoutez 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélangez soigneusement. Ensuite, ajoutez 2 ml de tampon acétate et 2 ml de la solution 1.10 de phénanthroline. Placez le mélange à l'obscurité pendant 15 minutes. Enfin, transférez l'échantillon au spectrophotomètre et effectuez la mesure à une longueur d'onde de 510 nm. (ISO 6332, 1988). La concentration sera directement obtenue en mg/l par le spectrophotomètre.

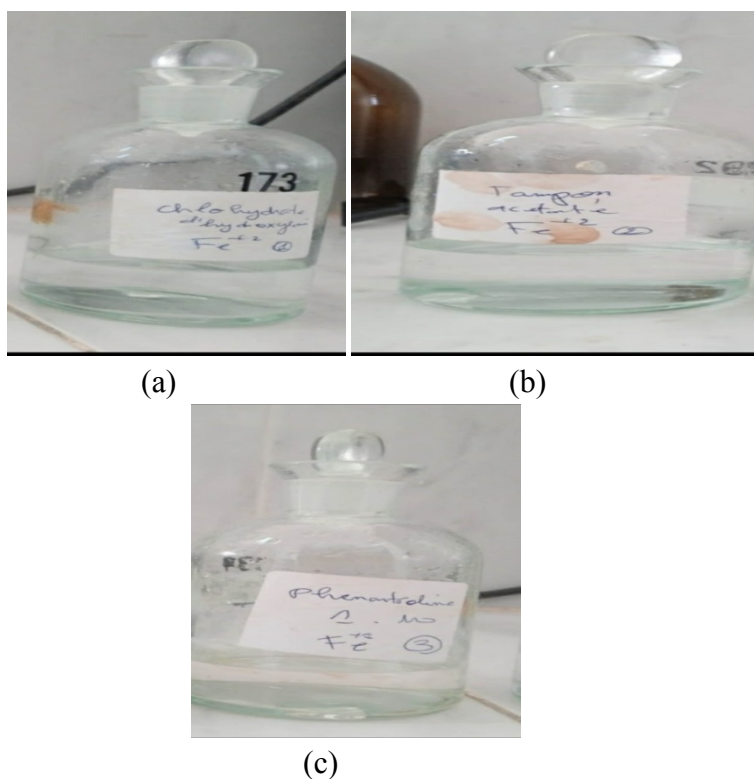


Photo. II.14: Réactif de dosage du Fer

3.16. Détermination du Sulfate

❖ Matériels :

- Spectrophotomètre UV Visible - Bêchers - Lavette - Fioles - Pipettes

Chapitre II : Matériels et méthodes

❖ Réactifs :

•Solution mère de sulfates de sodium à 1 g/l à partir de Na_2SO_4 :
Peser 1,479 g de Na_2SO_4 1000 ml d'eau distillée.

•Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique (c)60 ml.
- Ethanol.....200 ml.
- Chlorure de Sodium.....150 g.
- Glycérol.....100 ml.
- Eau distillée.....q.s.p. 1000 ml

•Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum.....150 g.
- Acide chlorhydrique.....5 ml
- Eau distillée q.s.p. 1000 ml.

❖ Mode opératoire :

Prélevez 20 ml d'eau à étudier. Ensuite, ajoutez 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum (photo.II.15). Agitez vigoureusement le mélange pendant 1 minute avant de le transférer au spectrophotomètre. Effectuez la mesure à une longueur d'onde de 420 nm. (ISO 5667, 2004). La concentration sera directement obtenue en mg/l par le spectrophotomètre.

La valeur lue sur le spectrophotomètre pour la concentration en mg/l de SO_4^{2-} sera multipliée par le facteur de dilution.

Remarque :

- Les échantillons troubles ou colorés doivent être filtrés sur filtre de 0,45 μm .
- Les échantillons qui contiennent plus de 70 mg/l SO_4^{2-} doivent être dilués avant détermination.



Photo. II.15: Détermination du Sulfate

3.17. Détermination de magnésium (:

Est calculé par sa relation avec le calcium :

Chapitre II : Matériels et méthodes

$M_{\text{Mg}^{2+}}$: Masse molaire du Magnésium en g/mol.

M_{TH} : Masse molaire de la dureté totale en g/mol.

$M_{\text{Ca}^{2+}}$: Masse molaire du calcium en g/mol.

❖ **Expression des résultats :**

La détermination du mg/l de Magnésium.

Chapitre III :
Résultats
Et discussions

Chapitre III: Résultats et discussions

Résultats et discussion des analyses physico-chimiques :

1. Température :

La température est un facteur écologique essentiel dans un environnement. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont influencées par la température, notamment la conductivité. Il est donc crucial de connaître avec précision la température de l'eau. La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous, ainsi que dans la détermination du pH. (Rodier et al, 1996).

Les variations de température de l'eau analysée sont présentées dans le tableau.III.1 et illustrées dans la figure III.1.

Tableau.III.1. Résultats de la mesure de la température c° des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane (Mars 2023). F1: Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4 :Ksar elHirane1. F5 : Ksar el Hirane 2

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Normes Algérienne C°
Température C°	12.1	12.3	12.7	13.5	13.4	30

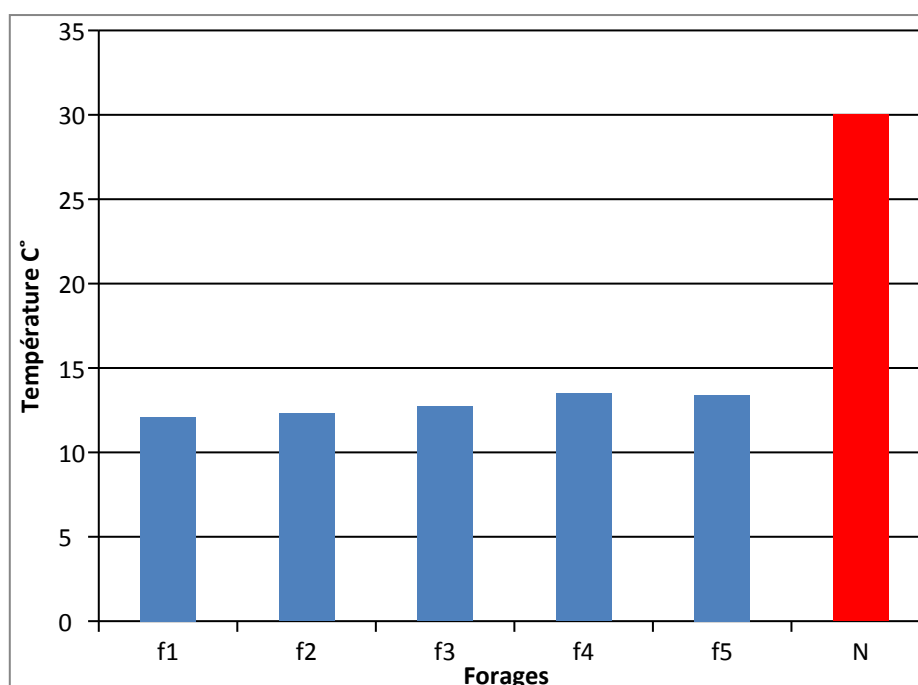


Figure.III.1: Variation de la Température C° des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023).

F1: Bennaceur Benchouhra1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane1. F5: Ksar el Hirane 2

Après avoir effectué des études dans différentes régions, nous avons relevé les valeurs de température spécifiques à chaque région. Nous avons observé que ces valeurs étaient similaires et se situaient entre 13,50 et 12,1 degrés. Il est important de noter que ces valeurs restent bien inférieures à la limite de 30 degrés fixée par l'Organisation mondiale de la santé en 2004.

2. PH

Le pH est un paramètre chimique qui caractérise l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il est influencé par la composition ionique de l'eau (Aminot et Kérrouel, 2004). Le pH peut être inférieur ou supérieur à 7, indiquant respectivement si l'eau est acide ou basique. Bien qu'il n'ait pas de signification hygiénique directe, le pH joue un rôle important dans la détermination de l'agressivité de l'eau et dans la précipitation des éléments dissous (Abdesselem, 1999).

Les valeurs de pH des eaux étudiées sont présentées dans le tableau 04 et illustrées dans la (figure.III.2).

Tableau.III.2 : Résultats des mesures de PH des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023).

F1: Bennaceur Benchouhra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
pH	8.36	7.75	7.83	7.81	7.51	9

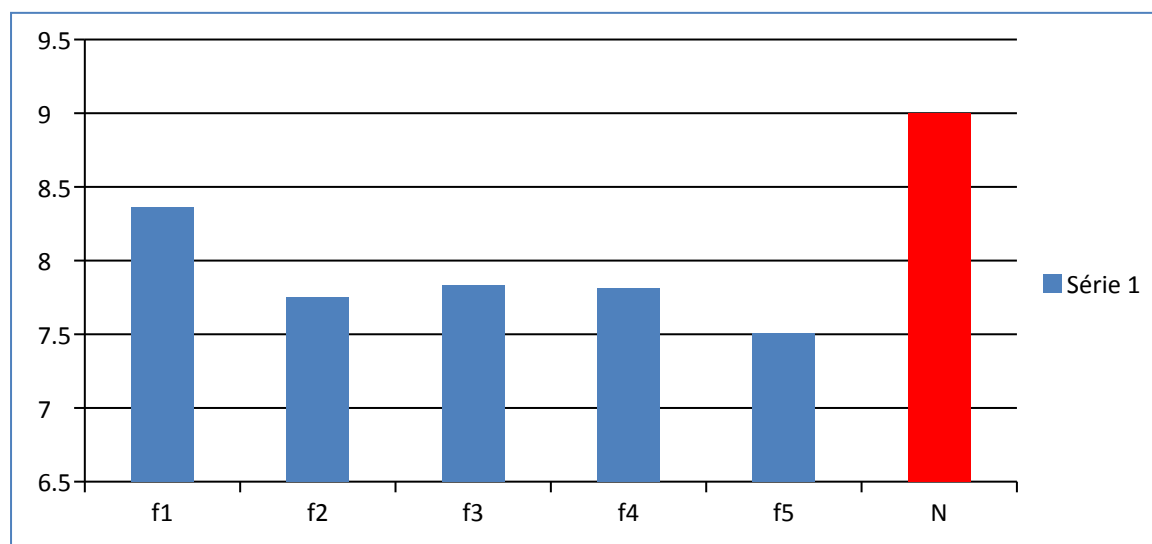


Figure.III.2 : Variations de pH des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 :BennaceurBenchohra1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Suite à notre étude des différentes régions. Les résultats obtenus varient entre 8,36 et 7,51. Nous pouvons donc conclure que la qualité de l'eau dans ces zones est excellente, ce qui se reflète dans les valeurs de pH proches de 9.

3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes. La plupart des substances dissoutes dans l'eau se présentent sous forme d'ions chargés électriquement. Ainsi, la mesure de la conductivité permet d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau (Zeghoud, 2014). Les valeurs de conductivité enregistrées sont présentées dans le tableau.III.3 et illustrées dans la figure.III.3.

Tableau.III.3: Résultats des mesures de la conductivité (us/cm) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane (Mars 2023).F1: Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
Conductivité (µs/cm)	1209	2976	2041	2665	8399	2800

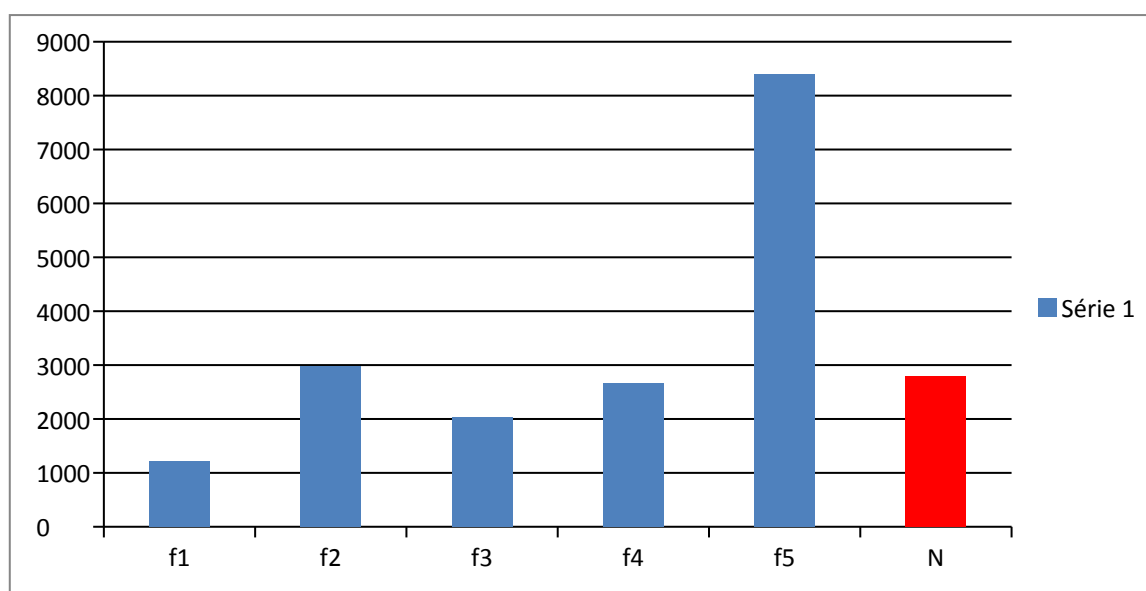


Figure.III.3: variation de la conductivité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane(Mars 2023).

F1:Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar ElHirane1. F5: Ksar El Hirane 2.

L'étude de la minéralisation de l'eau permet d'analyser différents paramètres tels que la conductivité, les concentrations en Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- et Na^+ . Lorsque nous avons obtenu les résultats, nous avons observé que la conductivité de l'eau était de 1209($\mu\text{s}/\text{cm}$) à Bennaceur Benchouhra1 et de 2041($\mu\text{s}/\text{cm}$) à Bennaceur Benchouhra 2. De plus, à Ksar El Hirane 2, la conductivité dépassait largement la valeur de 2800($\mu\text{s}/\text{cm}$). À partir de ces observations, nous pouvons conclure que l'eau est fortement minéralisée selon les normes de l'Organisation mondiale de la santé.

4. TDS

Solides dissous totaux (milligrammes par litre) (mg/l), c'est la quantité de matière dissoute dans l'eau. Les sources de TDS sont : Mines, Décharge, Sel de voirie, Eau salée, stations d'épuration, Epurateurs et Adoucisseurs d'eau ...etc. (Patrick C. 2009). **Pas de leur guide mais optimum en dessous de 1000mg/l (OMS.2006)**. Les résultats des valeurs de TDS de la région de Laghouat sont donnés dans le tableau.III .4 et la figure.III.4.

Tableau.III.4 : Résultat des mesures de TDS (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane(Mars2023). F1 :Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (OMS)
TDS (Mg/l)	598	1524	1030	1359	4530	1000

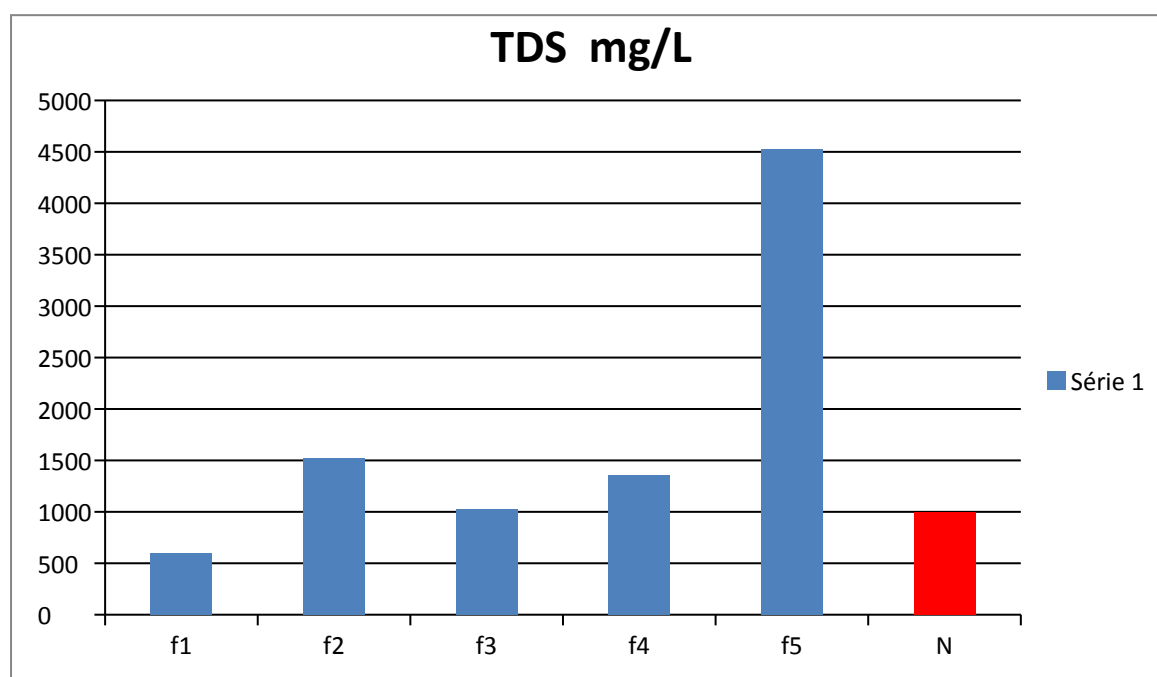


Figure.III.4 : Variation des teneurs de la TDS (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane (Mars 2023). F1: Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Les sources de solides dissous comprennent les décharges, l'eau salée, les mines, etc. La quantité de substances dissoutes dans l'eau est mesurée par la concentration totale des solides dissous, exprimée en mg/l (Patrick, 2009). La dureté de l'eau et les dispositifs de traitement de l'eau sont également pris en compte.

La valeur optimale fixée pour les solides dissous est inférieure à 1000 mg/l selon les normes de l'OMS (Organisation mondiale de la santé), et il n'existe pas de valeur indicative spécifique.

Les valeurs des solides dissous (TDS) pour les zones étudiées à Laghouat variaient entre 598mg/l et 4530 mg/l.

5. La salinité

La salinité correspond à la quantité de sels dissouts à savoir le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium, Une augmentation de la salinité indique une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{+2}), chlorure (Cl^-), après dissociation sels (Rodier et al, 2005).

Les teneurs de salinité sont comprises entre 0,598 pour le F1 et 4,530 pour le F5 (tableau.III.5) et (figure.III.5).

Tableau.III.5: Résultat des mesures de la salinité des eaux dans les forages de Bennaceur Ben chohra et ksar el hirane(Mars 2023).F1: Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5
Salinité (mg/l)	0,598	1,524	1,030	1,359	4,530

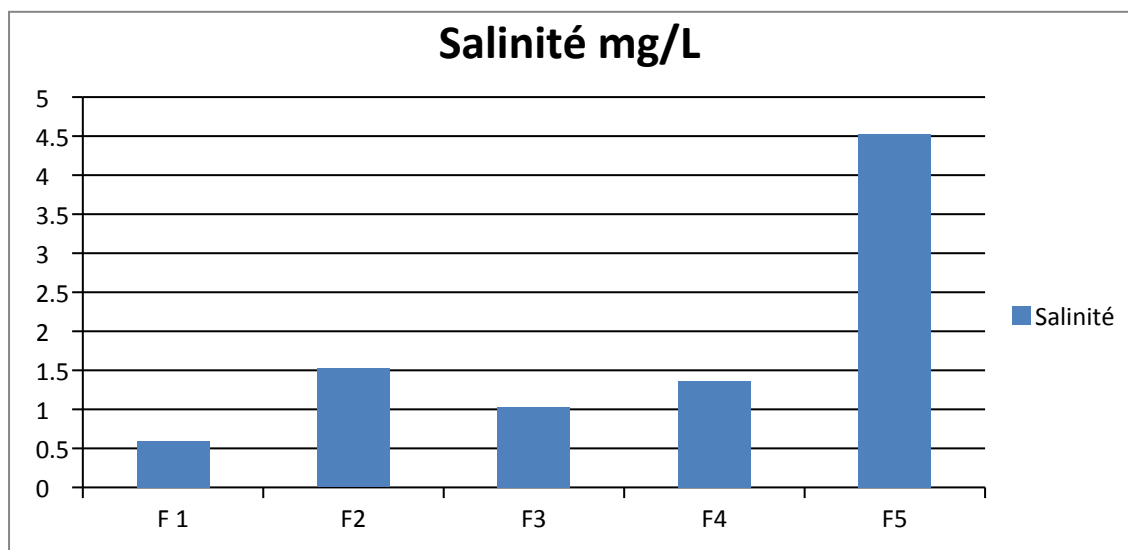


Figure.III.5. Variation des teneurs de la salinité (mg/l) dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchouhra 1. F2 : Village social. F3 : Bennaceur Benchouhra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5 : Ksar el Hirane 2.

6. Minéralisation globale

Les valeurs varient de 906,75mg/L pour Bernacer Benchouhra à 6299,25 mg/L pour Ksar El Hirane, où la minéralisation est liée à la conductivité. Plus la conductivité est élevée, plus le niveau de minéralisation est élevé. Les résultats des valeurs de minéralisation (M) pour la région de Laghouat sont présentés dans le tableau.III.6 et illustrés dans la figure.III.6.

Tableau.III.6 : Les résultats des mesures de Minéralisation (mg/l) dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchouhra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5
Minéralisation(mg/L)	906.75	2232	1530.75	1998.75	6299.25

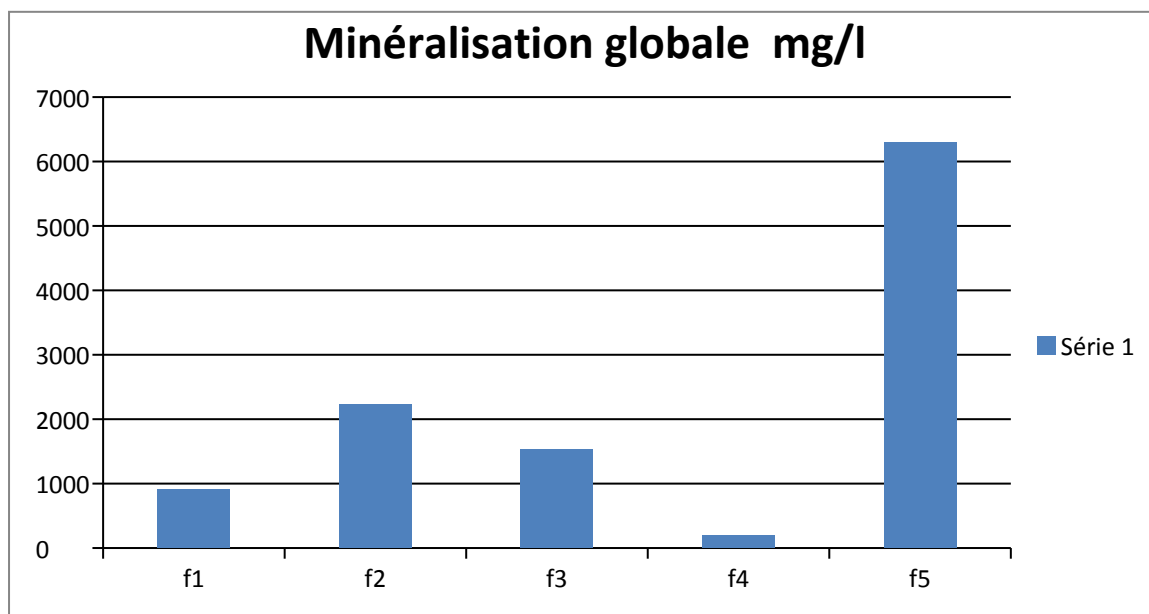


Figure.III.6 : variation des teneurs de la Minéralisation (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

7. Turbidité

La turbidité se réfère à la diminution de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Dans le cas des eaux, cela est principalement causé par la présence de matières en suspension (MES) fines, telles que les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible partie de la turbidité peut également être due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejeseck, 2002).

Les valeurs de turbidité enregistrées pendant la période d'étude sont présentées dans le tableau.III.7 et illustrées dans la figure.III.7.

Tableau.III.7 : Résultats des mesures de la turbidité NTU des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2 : Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5 : Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
Turbidité (NTU)	0.05	0.468	0.212	0.21	0.319	5

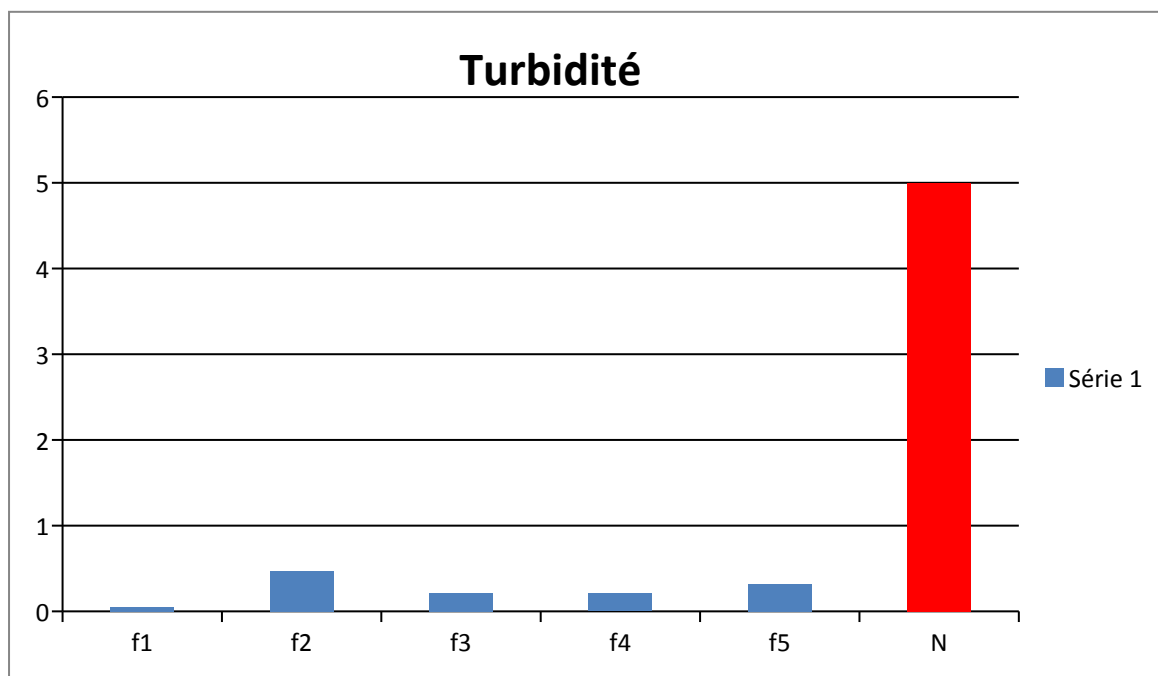


Figure III.7 : Variation de la turbidité des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane 1. F5 : Ksar el Hirane 2.

La turbidité de l'eau distribuée est mesurée en unités de néphélométrie turbidimétrique (NTU) conformément aux spécifications algériennes pour tous les systèmes de distribution. Nous avons effectué des mesures à l'aide de l'échelle de turbidité et obtenu des valeurs de NTU de 0,05 NTU et de 0,021 NTU, cette dernière étant conforme aux normes.

8. Phosphates PO_4^{3-}

Les ortho phosphates proviennent principalement de sources urbaines, notamment des composants des produits phytosanitaires présents dans les rejets liquides domestiques, ainsi que de sources agricoles résultant du lessivage d'engrais chimiques. Les valeurs de phosphate dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau III.8 et illustrées dans la figure III.8.

Tableau III.8 : Résultats des mesures du phosphate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme Algérienne
Phosphates (mg/L)	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.5

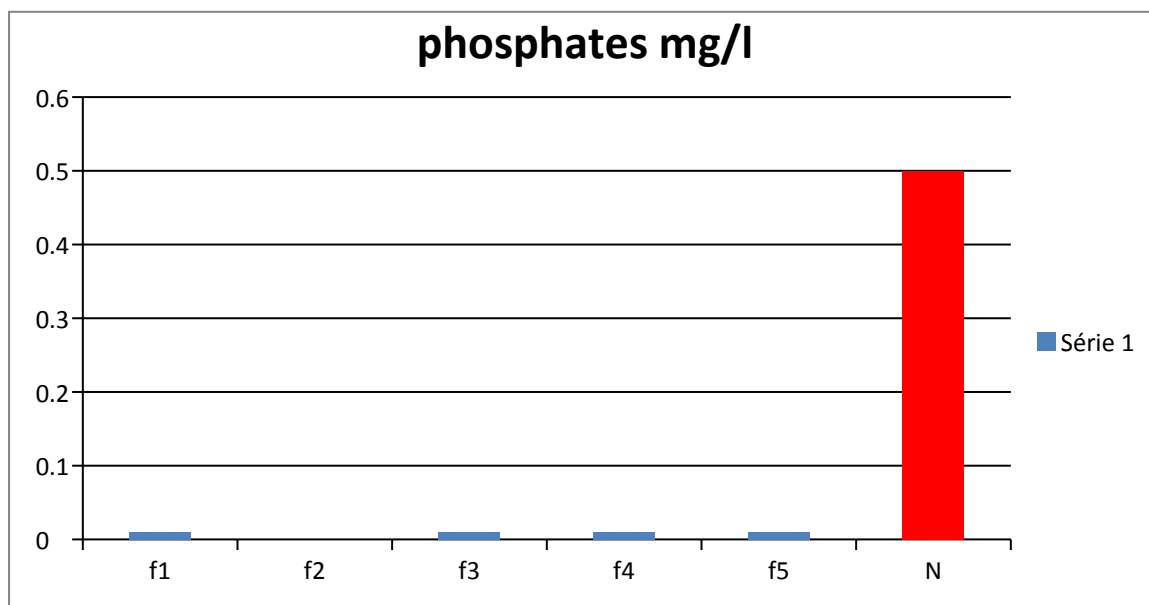


Figure.III.8 : variations des teneurs en phosphates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Les résultats des analyses de phosphate dans les zones étudiées sont conformes aux normes algériennes.

9. Nitrites NO_2^-

Le nitrite est un composé toxique pour l'organisme humain, et sa présence en quantité élevée détériore la qualité de l'eau. Les nitrites ont un pouvoir oxydant significatif, ce qui renforce leur toxicité (Maiga, 2005). Les valeurs de nitrites dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau.III.9et illustrées dans la figure .III.9.

Tableau.III.9 : Résultats des mesures des nitrites (mg/l) des eaux de la région de Laghouat (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (OMS)
Nitrite (mg/L)	0	0	0	0	0	0.1

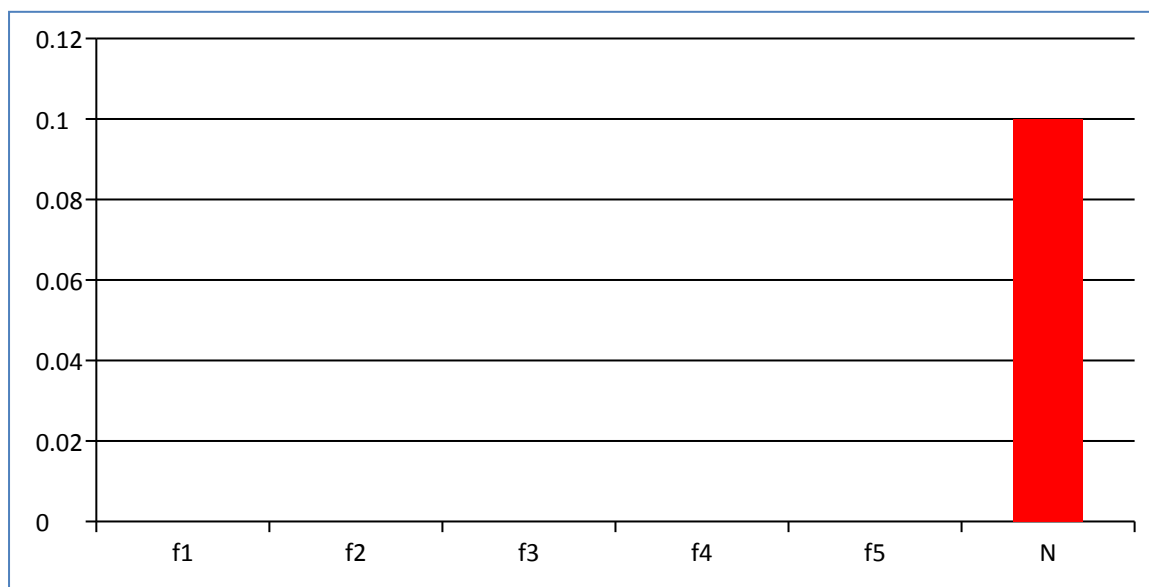


Figure.III.9 : Variation des nitrites (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5: Ksar el Hirane 2

Les résultats en nitrites tous les échantillons sont de quantités minimales qui restent dans la norme qui est de 0,1 mg/L. parce que les Nitrites constituent une phase intermédiaire instable dans l'eau en raison de son oxydation biologique rapide en nitrate, de ce fait son existence dans l'eau est à très faibles doses.

10. Nitrate NO_3^-

Les concentrations de nitrites et de nitrates dans les écosystèmes aquatiques sont des indicateurs importants de la qualité de l'eau, car une grande partie de ces espèces peut être toxique et entraîner une eutrophisation des milieux aquatiques (Kodamatani et al. 2009). Les valeurs des nitrates NO_3^- de la région de Laghouat sont fournies dans le tableau.III.10 et illustrées dans la figure.III.10.

Tableau.III.10 : Résultats des mesures du nitrate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane (Mars 2023).F1: Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme Algérienne
Nitrate (mg/L)	29.4	52.4	49	10	94.6	50

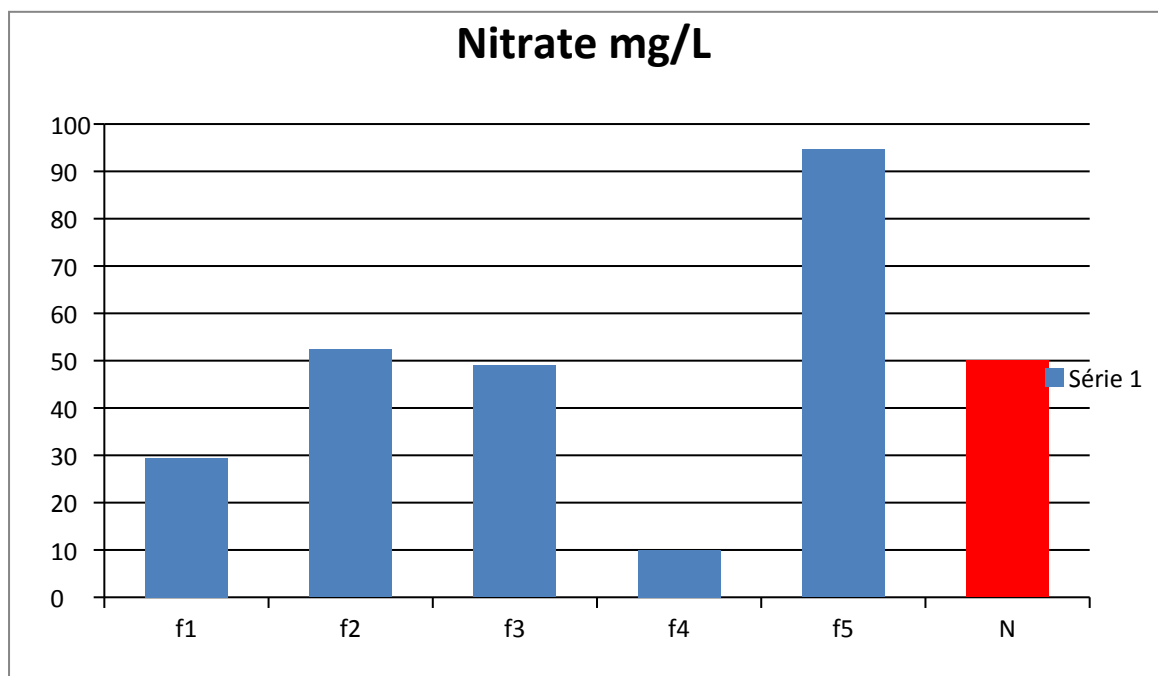


Figure.III.10 : Variation du nitrate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023).F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane1. F5: Ksar el Hirane 2.

D'après les résultats obtenus lors de l'étude des différentes régions, les niveaux de nitrates dans l'eau dépassent les normes fixées de 50 mg/l, tels que 52,4 mg/l pour le village social et 94,6 mg/l pour Ksar El Hirane 2. Cette pollution est principalement attribuée aux déjections animales.

11. Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal joue un rôle essentiel dans le cycle complexe de l'azote à l'état initial. Il s'agit d'un gaz soluble dans l'eau (Chapman et al. 1996).

Les concentrations d'ammonium (NH₄⁺) dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau.III.11 et la figure.III.11.

Tableau.III.11 : Résultats des mesures d'ammonium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme Algérienne
Ammonium (mg/l)	0.12	0.11	0.01	0.09	0.12	0.5

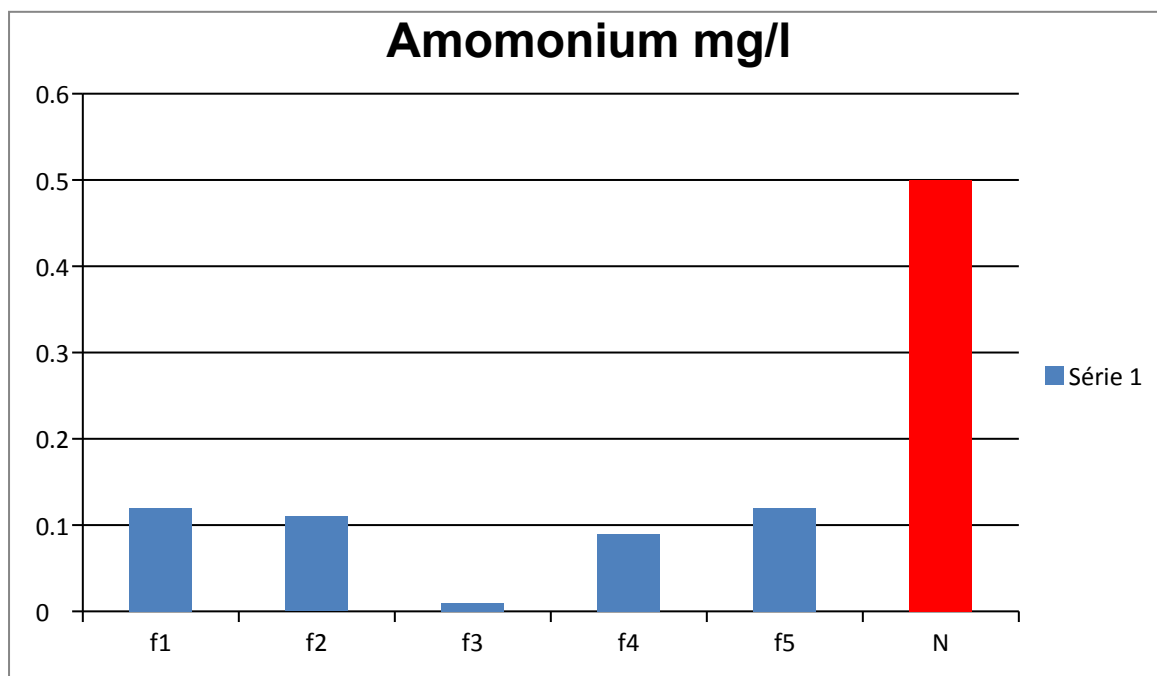


Figure.III.11 : Variation d'ammonium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 :Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2

D'après les données du tableau et les informations fournies par la figure concernant les concentrations moyennes d'ammonium, celles-ci respectent les normes algériennes (0,5 mg/L).

12. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux largement répandu dans la nature, notamment dans les roches calcaires où il se trouve sous forme de carbonates, constituant ainsi une composante majeure de la dureté de l'eau. En général, le calcium est l'élément prédominant dans les eaux potables, sa concentration variant principalement en fonction des caractéristiques géologiques des terrains traversés.

Il se trouve principalement sous forme d'hydrogencarbonate et en quantités plus faibles sous forme de sulfates, chlorures, etc. (Rodier, 1976). Les valeurs de calcium (Ca^{2+}) dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau III.12 et la figure III.12. Ou il y'a présence d'UN pourcentage important de calcium dans il village social, qui a été détermine a 336.67mg/L, et ksar el Hirane 2 a été détermine a 581.16mg/L, ce qui dépasse les normes algérienne.

Tableau.III.12 :Résultats des mesures du calcium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme Algérienne
Calcium (mg/l)	100.2	336.67	112.22	148.29	581.16	200

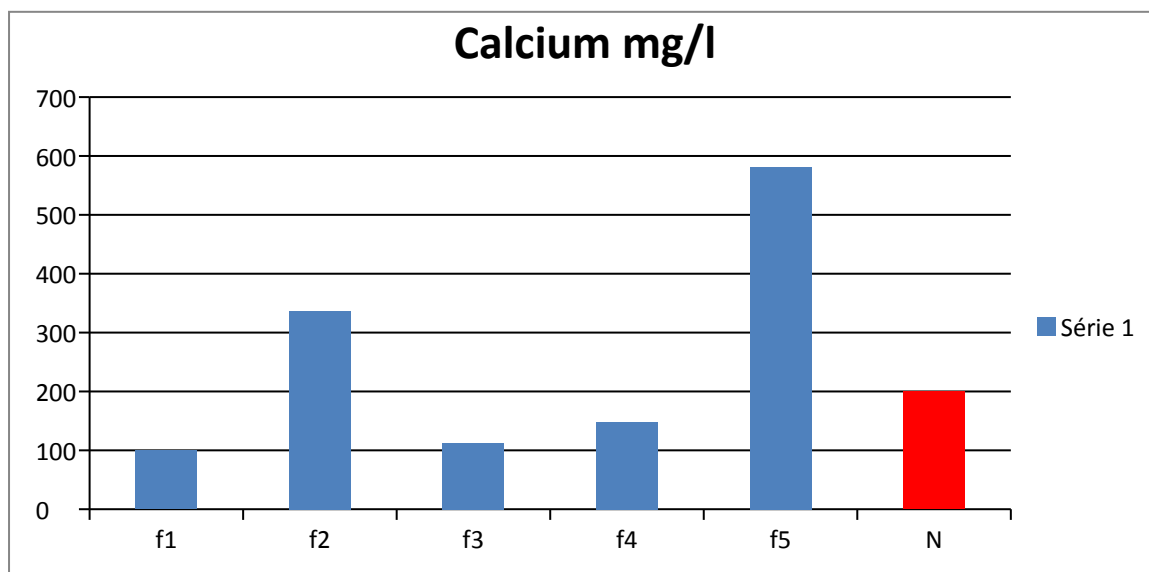


Figure.III.12 : Variation du calcium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5 : Ksar el Hirane 2.

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité. Le seul inconvénient Domestique lié à une dureté élevée est l'entartage. Cependant, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Gaujous.1985).

Les résultats obtenus indiquent une concentration élevée de calcium dans l'eau du village social, avec une valeur de 336.67mg/L, et dans l'eau de Ksar El Hirane 2, avec une valeur de 581.16mg/L. Ces concentrations dépassent les normes fixées par la réglementation en matière de qualité de l'eau pour la teneur en calcium.

13. Sodium et de potassium

a/ Sodium

Les eaux contenant une concentration élevée de sodium deviennent salines, acquièrent un goût désagréable et ne sont pas appropriées à la consommation (Rodier, 2005). Les valeurs de sodium enregistrées pendant la période d'analyse sont présentées dans le tableau.III.13et illustrées dans la figure.III.13.

Tableau.III.13 : Résultats des mesures du sodium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
Sodium(mg /l)	10.3	22.6	15.9	17.4	33.9	200

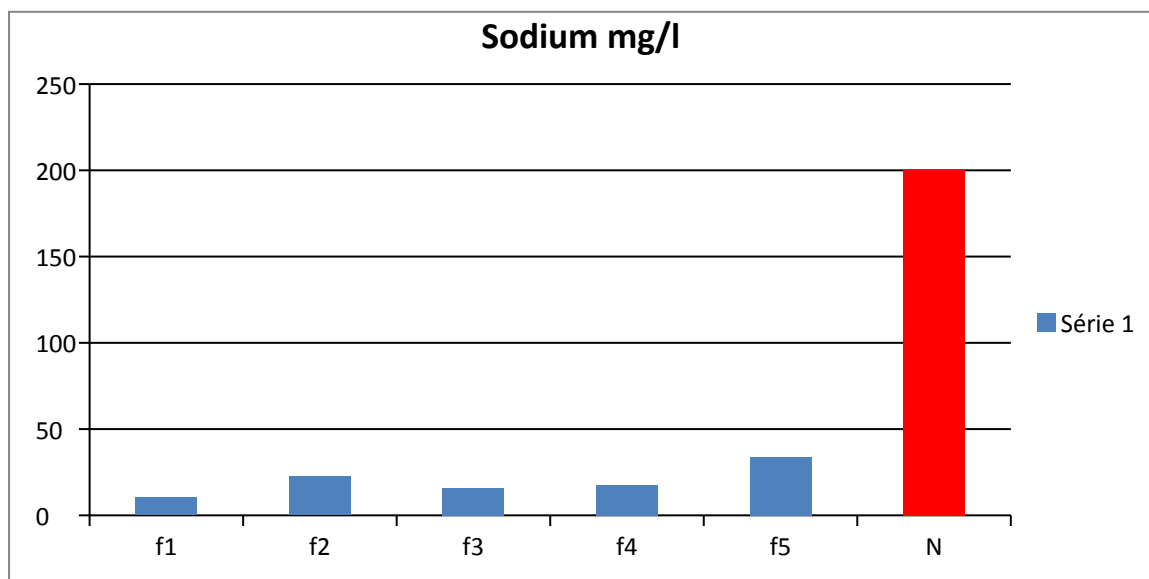


Figure.III.13 : Variation de sodium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Selon les résultats présentés dans le tableau, les valeurs de sodium dans l'eau restent inférieures à la concentration maximale spécifiée par les normes algériennes de 200 mg/l

b/ potassium :

Le potassium est le cation le plus abondant dans le liquide intracellulaire et joue un rôle crucial dans de nombreuses fonctions cellulaires. Les besoins quotidiens de l'organisme en potassium sont importants (Houiller et al. 2004). Les valeurs de potassium enregistrées au cours de la période d'analyse sont présentées dans le tableau.III.14 et la figure.III.14.

Tableau.III.14 : Résultats des mesures du potassium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2 : Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme OMS
Potassium (mg/l)	1.2	1.2	1.1	1.7	2.6	20

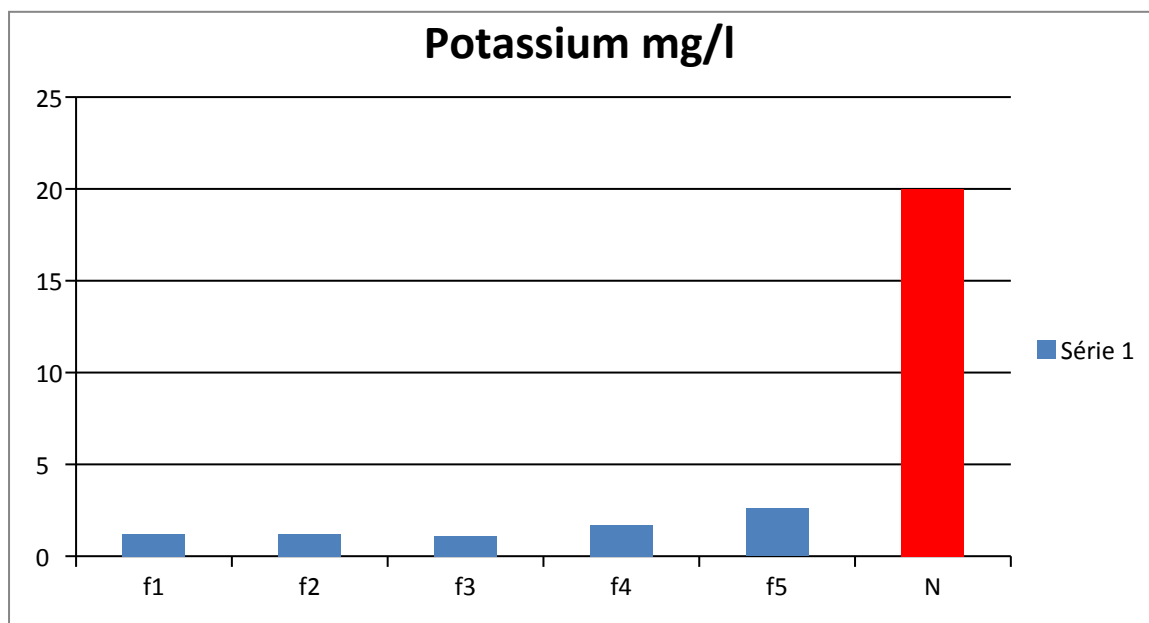


Figure.III.14 : Variation du potassium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

D’après la figure suivant Les valeurs observées démontrent que les niveaux de potassium respectent les normes OMS en vigueur.

La présence de sodium et potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région étant donné que ces éléments entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologique.

14. Chlorures (Cl⁻)

La présence de chlorures dans l'eau est commune et leur concentration peut varier. Un excès de chlorures dans l'eau de distribution peut la rendre corrosive pour les réseaux de distribution et nuisible aux plantes. Une fluctuation importante des niveaux de chlorures au fil du temps peut être considérée comme un indicateur de pollution (Berne, 1972).

Les valeurs des chlorures dans la région de Laghouat sont fournies dans le tableau.III.15et illustrées dans la figure.III.15.

Tableau.III.15 : Résultats des mesures de chlorure (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (OMS)
Chlorure (mg/l)	163.3	326.6	234.3	1072.1	1718.2	500

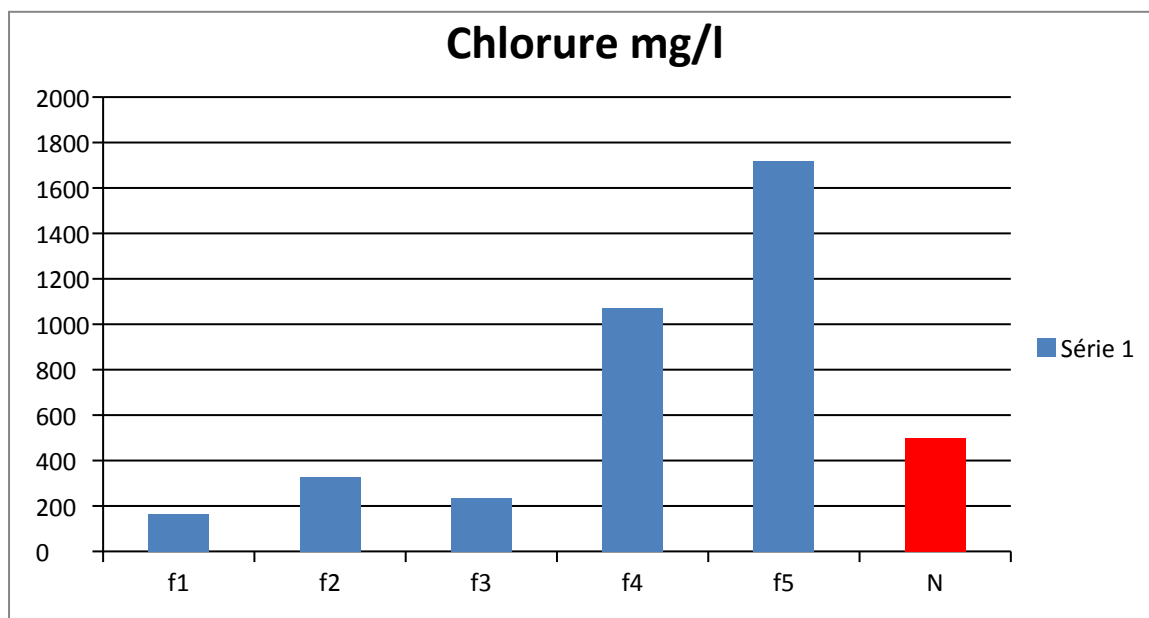


Figure.III.15 : Variation du chlorure (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Les résultats ont montré que le chlorure dans l'eau de la région de ksar el hirane était très élevé, car il a été déterminé à 1072.1mg/L et 1718mg/L. Et qu'il dépassait la norme de 500 mg/l. Quant à Bennaceur Benchohra, les résultats restent dans les normes, car le chlorure est apporté par la pluie et n'est pas absorbé par la végétation.

15. La dureté totale (titre hydrométrique TH)

La dureté de l'eau est une mesure de sa concentration totale en ions calcium et magnésium (Gomel, 2015). La dureté est un trait naturel qui dépend du lessivage des sols traversés et correspond à la présence de calcium et de magnésium dans l'eau (Rodier J, 2009). Ce paramètre présente une grande variation qui peut être liée à la nature lithologique de la formation aquifère (Ayad, 2016).

Les valeurs du titre hydrométrique (TH) dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau. III.16 et illustrées dans la figure. III.16.

Tableau.III.16 : Résultats des mesures du titre hydrométrique (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
Titre hydrométrique(mg/L)	450	800	650	1100	2880	500

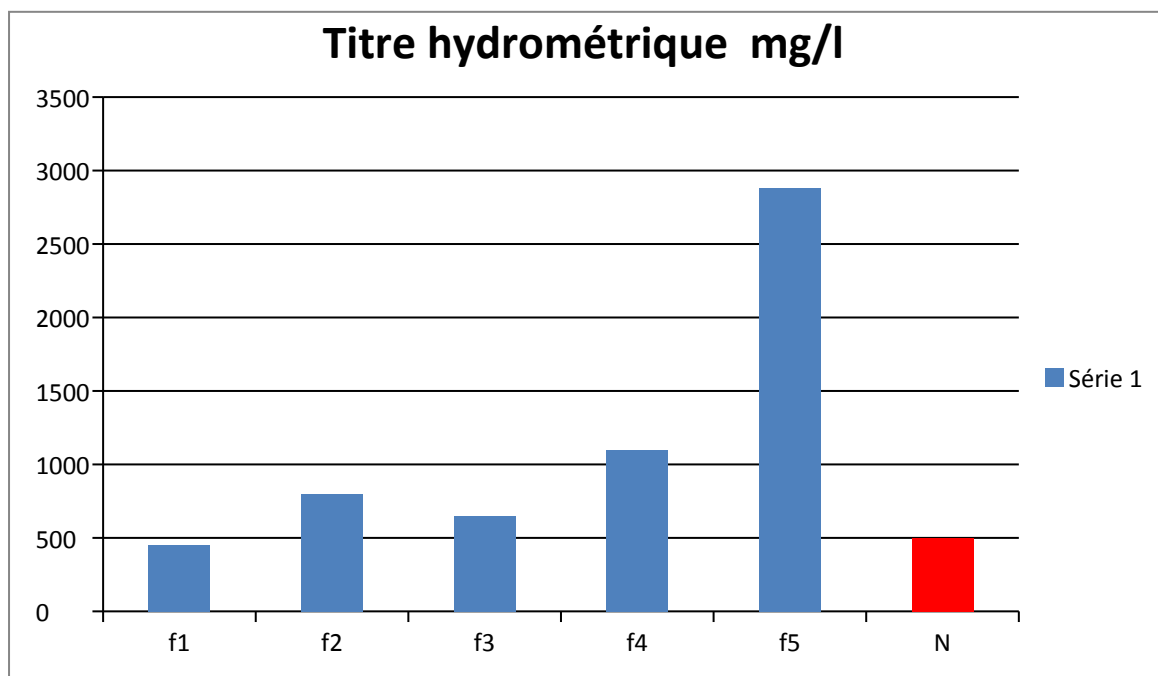


Figure.III.16 : Variation du titre hydrométrique (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Les résultats ont révélé que les valeurs du TH variaient entre 450 mg/l et 2880mg/L, dépassant largement les normes, à l'exception de la zone de Bennaceur Benchohra 1. Selon la concentration de carbonate de calcium, l'eau a été classée comme suit :

- Moins de 75 ppm : eau douce
- Entre 75 et 150 ppm : eau modérément dure
- Plus de 300 ppm : eau très dure (CE PTEP 2005)

Par conséquent, les eaux de ces zones sont considérées comme étant très dures en raison de leur concentration élevée en minéraux, principalement en carbonate de calcium.

16. Bicarbonate HCO_3

L'ion bicarbonate est le principal composant alcalin présent dans la plupart des eaux naturelles. Sa présence dans l'eau est le résultat de l'action des bactéries qui produisent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier, 2015).

Les valeurs du bicarbonate dans la région de Laghouat sont présentées dans le tableau. III.17et la figure III.17.

Tableau.III.17 : Résultats des mesures du bicarbonate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5
Bicarbonate (mg/l)	421.6	218.8	368.9	474.3	843.2

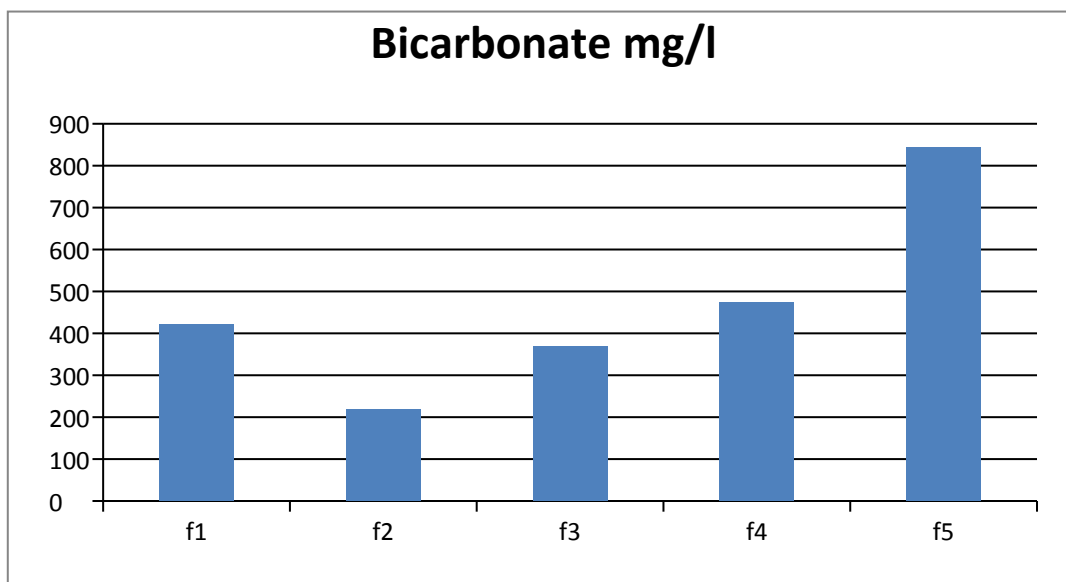


Figure.III.17 : Variation du bicarbonate (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchohra et ksar el hirane (Mars 2023).). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2 : Village social. F3 : Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5 : Ksar el Hirane 2.

Le bicarbonate ne présente pas de comportement conservateur, et l'Organisation mondiale de la santé n'a pas établi de norme spécifique à son sujet. Par conséquent, il n'est pas considéré comme une menace pour la santé humaine et végétale. Les valeurs élevées de carbonate de calcium sont souvent associées à des concentrations élevées de calcium, ce qui peut être expliqué par l'abondance de gaz carbonique. En se dissolvant dans l'eau, le gaz carbonique devient plus agressif envers la calcite, ce qui peut conduire à des concentrations plus élevées de carbonate de calcium.

17. Fer :

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se retrouve naturellement dans l'eau douce à des concentrations variant de 0,5 à 50 mg/litre. Le fer peut également être présent dans l'eau potable en raison de l'utilisation de coagulants à base de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. La présence de fer dans l'eau potable est essentielle pour la nutrition humaine selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2003). Les résultats

concernant les niveaux de fer dans la région de Laghouat sont présentés dans le tableau.III.18. Et la figure.III.18.

Tableau.III.18 : Résultats des mesures du fer (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (algérienne)
Fer (mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.3

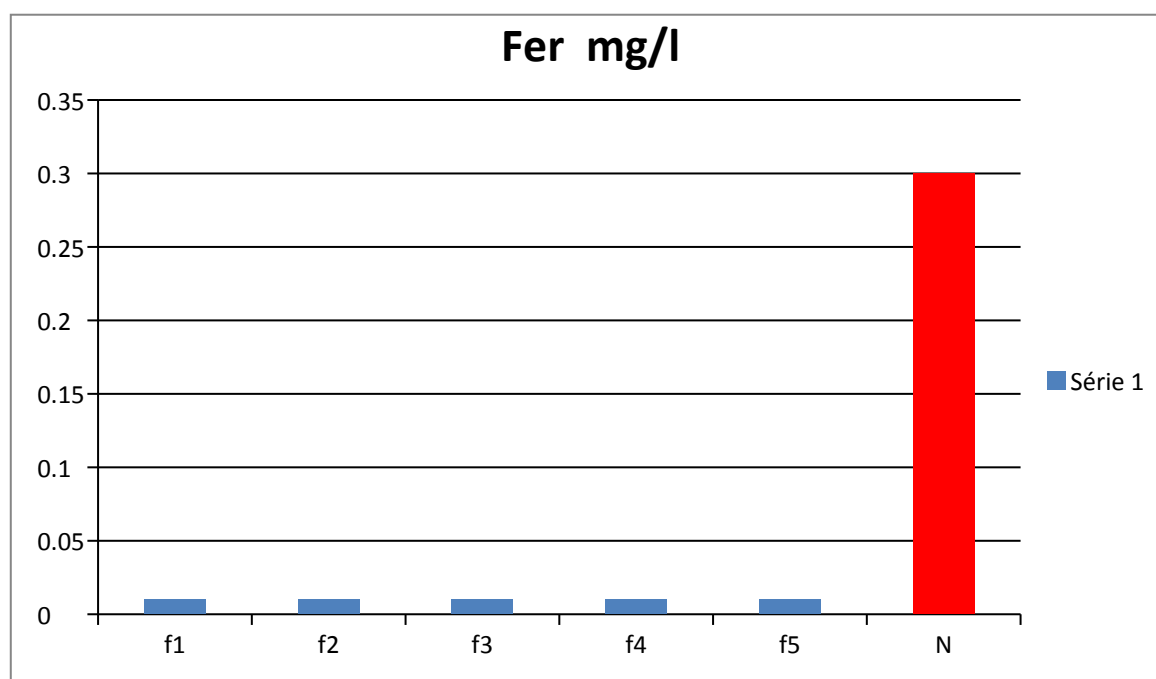


Figure.III.18 : Variation de fer (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 :Bennaceur Benchohra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5 : Ksar el Hirane 2.

Les résultats obtenus indiquent que les niveaux de fer dans les zones étudiées respectent les normes établies, fixées à une concentration maximale admissible de 0,3.

18. Sulfate SO_4^{2-}

Dans des conditions naturelles, les sulfates, qui constituent la forme la plus répandue du soufre dissous dans les eaux naturelles, ont principalement deux origines : géochimique et atmosphérique (Délieste et Schmidt, 1977). La limite supérieure autorisée pour les sulfates dans l'eau potable est de 400 mg/l. Les résultats concernant les concentrations en sulfates de la région de Laghouat sont présentés dans le tableau.III.19 et la figure. III.19.

Tableau.III.19 : Résultats des mesures des teneurs en sulfates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el Hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2 : Village social. F3 : Bennaceur Benchouhra 2. F4 : Ksar el Hirane1. F5: Ksar el Hirane 2.

Forage paramètre	F1	F2	F3	F4	F5	Norme Algérienne
Sulfate (mg/L)	165.77	378.04	289.85	425.3	427.35	250

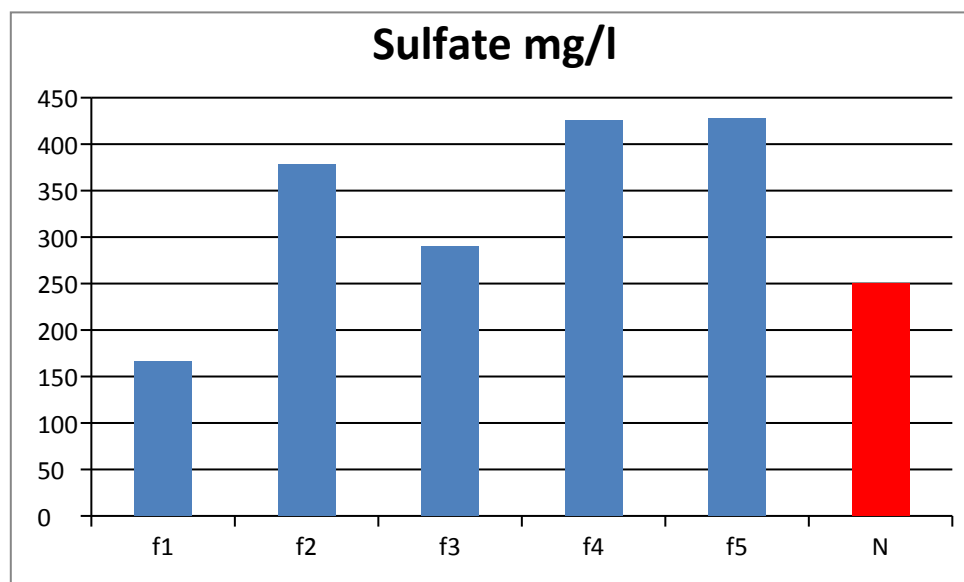


Figure.III.19 : Variation des teneurs en sulfates (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane(Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Dans les zones étudiées, il a été observé, comme indiqué dans la figure, que les niveaux de sulfates dans l'eau dépassaient la norme pour Ksar El Hirane et village social et Bennaceur Benchouhra 2, tandis que de Bennaceur Benchouhra 1 se situaient dans les limites spécifiées. Les sulfates proviennent des mêmes sources que les nitrates et sont consommés par les plantes.

Sur le plan sanitaire et en dehors du goût désagréable communiqué à l'eau, les eaux de ces zones provoquent des diarrhées chez les enfants, on peut également signaler certains effets laxatifs des sulfates en particulier s'ils sont au Magnésium et au sodium telle que insuffisance rénale.

19. Magnésium Mg⁺

Le magnésium (Mg⁺) est un élément indispensable à la vie, jouant un rôle crucial dans la respiration. Il a une double origine : naturelle, par la dissolution des roches telles que les magnésites, basaltes et argiles ; et industrielle, via des activités telles que l'industrie de la potasse, de la cellulose et des brasseries. La dureté due au magnésium dans l'eau est généralement utilisée pour évaluer la dureté totale. Un excès de magnésium confère à l'eau une saveur amère (Kemmer, 1984). Les résultats concernant la concentration de magnésium dans la région de Laghouat sont présentés dans le tableau.III.20 et la figure.III.20.

Tableau.III.20 : Résultats de mesures des teneurs en magnésium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3: Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	Norme (OMS)
Magnésium (mg/L)	48.64	9.6	90.1	177.65	347.77	150

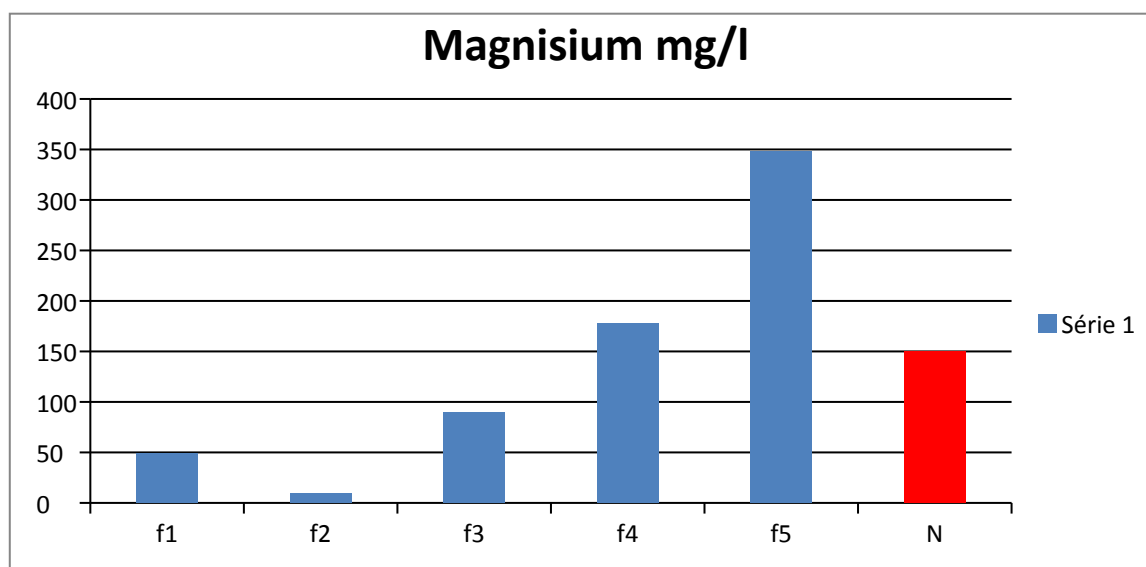


Figure. III.20: Variation des teneurs en magnésium (mg/l) des eaux dans les forages de Bennaceur Benchouhra et ksar el hirane (Mars, 2023). F1 : Bennaceur Benchohra 1. F2: Village social. F3 : Bennaceur Benchouhra 2. F4: Ksar el Hirane 1 .F5: Ksar el Hirane 2.

D'après la figure ; on remarque que pour la totalité des échantillons d'eau prélevée au niveau de la localité de Bennaceur Benchouhra et village sociale ont des teneurs en Mg⁺² inférieures à 100 mg/l. par contre on aperçoit un dépassement de la norme pour les eaux prélevées au niveau de ksar el hirane.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau même le carbonates peut être dissous (jusqu'à 300mg/L à 20°C) (Rodier et al, 2005)

Conclusion générale

Conclusion générale

En conclusion, les analyses effectuées dans la région de Laghouat confirment que l'eau est un élément essentiel à la vie et sa qualité joue un rôle crucial pour la santé et le bien-être des êtres vivants. Les résultats montrent que la composition minérale de l'eau, influencée par les couches géologiques, se rapproche généralement des normes internationales et algériennes.

Cependant, quelques paramètres tels que la conductivité, l'ammonium, le calcium, le chlorure, les nitrates, le titre hydrométrique (TH) et le magnésium présentent des valeurs légèrement en dehors des limites recommandées.

Bien que ces dépassements restent limités et n'indiquent pas une menace significative pour la santé humaine ou la qualité de l'eau, il est crucial de continuer à surveiller régulièrement ces paramètres.

La conclusion globale est que l'eau étudiée dans la région de Laghouat est généralement potable et de bonne qualité. Cependant, une vigilance constante et des analyses régulières sont nécessaires pour assurer la sécurité et la santé des consommateurs.

En cas de variations significatives des paramètres, des mesures appropriées doivent être prises pour garantir une gestion efficace des ressources hydriques.

Il est donc essentiel de sensibiliser la population à l'importance de la qualité de l'eau et de promouvoir des pratiques de surveillance et d'analyse rigoureuses pour éviter tout problème potentiel lié à une contamination de l'eau.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **Abdeselem, A. (1999).** Suivre de La qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen. Institut de biologie, Université De Tlemcen.
- **Aminot, A.etKérouel, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Editions Ifremer, France.
- **Ayad W, 2016.**thèse doctorat Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-Harrouche (wilaya de Skikda) université Badji Mokhtar- Annaba P/19_20
- **BERNE, F. (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Editions Technip.
- **BEN AAKAME Rachid. BENAMMI Fatima. NOUARI Naima. Walid Meriem. BARAKATE Nezha. AZIZI Rokya. ELHAMRI Hicham.2019.** Guide des analyses physico-chimiques des eaux destinées à la consommation humain. INH (Institut nationale d'hygiène MAROC).
- **BOUCENNA F. (2009) :** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale d'oued Djendjen, mémoire de magister, université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie
- **CHAPMAN D, KIMSTACH V, 1993:** 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 & FN Spon, London, p: 59-126
- **CHTTHI,MOHAMED,(2007):** présentation pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences de terre
- **Deliste C.E et Schmidt J.W, (1977):** The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada, conseil National de Recherché, Ottawa. Canada.
- **Ducauffour. Ph ; 1977 :** pédologie pédogénèse et classification ; Tome I, Edition ; Masson, Paris ,477p
- **Gaujour D, 1985 :** la population des milieux aquatiques : Aide mémoire. Edition: revue et augmenté: 49
- **Gormly, J, R, Spalding, R, F (1979)**sources and concentrations of Nitrate – Nitrogen in Ground water of the Central Platte Region,Nebraska.In Ground water, vol. 17 N° 3-May –June 1979.
- **Gomella, Cyrille (2015) :** Dureté de l'eau. Encyclopédia Universalisé.
- **Houillier. P, Blanchard. AetPailard .M, (2004) :** Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.
- **ISO N° 6878 :** Organisation internationale de normalisation. 2004. Qualité de l'eau : Dosage du phosphore : Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium. Date de mise à jour 15-7- 2015. Edition 2. Pages 22
- **ISO N°7150 :** Organisation internationale de normalisation. 1986. Qualité de l'eau : Dosage de l'ammonium : Partie 2 : Méthode spectrométrique automatique. Edition 1, pages 7.
- **ISO 9964/3 :** Organisation internationale de normalisation. 1993 : Qualité de l'eau : Dosage du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme. Edition1, pages 5

Références bibliographiques

- **ISO 6332** : Organisation internationale de normalisation. 1988. Qualité de l'eau : Dosage du fer : Méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10., Edition 2. p 4
- **JORA. (2011)** : Décret exécutif n° 11-125, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir -Mourad Raïs, Alger, Algérie, p25
- **Kodamatani, H, Yamazaki, S, Saito, K, Tmiyasu, T, et Komatsu, Y, (2009)** Selective determination method for measurement of nitrite and nitrate in water samples using high performance liquid chromatography with post-column photochemical reaction and chemiluminescence detection. Journal of Chromatography A, 1216 (2009) 3163-3167.
- **Kemmer, F. (1984)** : Manuelle de l'eau. Éditions Lavoisier technique et documentation
- **Le FLOC'H ; 2008** : Guide méthodologie pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation. Ed. Roselt/OSS ; Montpellier ; 174p
- **LAFRADI ASMA. (2017)** ; Modélisation Géostatistique par Krigeage de la variabilité spatiale de la piézomètre (cas de la nappe alluviale de la région de Bennaceur Benchouhra ; mémoire de master, université Amar Telidji Laghouat.
- **OMS** : L'Organisation mondiale de la santé. **(2003)**: Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland.
- **OMS, (2004)**. Rapport sur la santé dans le monde, disponible en anglais, français et espagnol.
- **RODIER J., 2005**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- **RODIER J., 2009**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
- **Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J.P, Chambon. P, Champsaur. H, Rodier. L, (1996)** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, édition. Dunod, paris, France.
- **Rejeseq, (2002)**. << Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques >> ; centre régional de documentaires techniques pédagogiques.
- **Maige, A. (2005)**. Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L EDM. SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière .Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- **Usine** high performance liquid chromatography with post-column photochemical reaction and chemiluminescence detection. Journal of Chromatography A, 1216 (2009) 3163-3167.
- **Rodier, (1976)**. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.
- **Plages, V (2000)** – Structure et fonctionnement des aquifères karstiques : caractérisation par la géochimie des eaux. Thèse de Doctorat de l'université de Montpellier il soutenue en 1997.