



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abbas Laghrou Khenchel

Faculté Science de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et Environnement

MEMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme de Master Académique

En Ecologie et Environnement

OPTION

Protection des Écosystèmes

THEME

***Qualité des eaux destinées à la consommation
humaines et à l'utilisation agricole (cas de la commune
d'EL HAMMA)***

Présenté par :

BERKANI Malek

CHLETITE Dounia

Devant le jury composé de :

LAKHDARI Soumia **MCB** **Université de Khanchela** **Présidente**

MEZHOUD Amel **MAA** **Université de Khanchela** **Encadreur**

BERKANI Cherifa **MCB** **Université de Khanchela** **Examinatrice**

Années universitaire : 2022 - 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلِّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ"

سورة الانبياء- الآية 30-



Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Allah Tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements notre profonde gratitude tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à **Mame MEZHOU** Amel, d'avoir accepté de me diriger, et de m'avoir conseillée judicieusement, et de m'avoir orientée et encouragée tout au long de ce travail.*

*Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury **Mame LAKHDARI Soumia** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance de ce mémoire et **Mame BERKANI Cherifa**, pour avoir accepté de juger ce modeste travail et*

participer au jury de soutenance de ce mémoire.

*Nous remercions **Dr Khammar Hicham** responsable du laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement de la faculté des sciences exactes et science de la nature et de la vie de l'université Oum El-Bouaghi de qui est participé étroitement à l'avancée de nos recherches et à la réalisation des études expérimentales.*

*Un Grand merci à tous les enseignants de notre **Faculté de Science de la Nature et de la Vie** et surtout les enseignants de **Département de l'Ecologie et Environnement** de l'Université Abbas Laghrour Khanchela.*

Nous remercions tout particulièrement nos familles qui nous ont toujours soutenu dans nos choix, et qui été présente chaque fois que cela a été nécessaire et pour les moments inoubliables que nous avons partagés ensemble.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Merci à tous

Dédicace

Tout d'abord, grâce et Louange à Dieu «Allah», qui m'a donné la santé, la volonté et la patience afin que je puisse accomplir ce modeste travail. C'est le fruit de l'effort et du succès, par sa grâce.

Je dédie ce modeste travail à :

A Mes Chers Parents,

Pour tous leurs efforts et leurs sacrifices, leurs amours, leur tendresse, leur soutien et leur présence à mes côtés pendant tout au long de mes études,

A Mes Chères Sœurs,

«Zina», «Nassira», «Sakina», «Salima», «Souad»

Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral et matériels pour préserver jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

A mes Chers Frères,

« Fethi», « Lazhari»

Pour leurs appuis et leurs encouragements.

A Mon binôme

« Dounia» pour ta confiance

À Tous mes amies

Sans exception et surtout la promotion Master Protection des écosystèmes 2022-2023.

BERKANI Malek

Dédicace

Avant tout c'est grâce à Dieu que je suis arrivé là.

A ma mère

Qui m'a encouragé à aller en avant et qui m'a donné tout son amour pour reprendre mes études et pour son soutiens et son sacrifices durant mes études et durant ce projet.

A mon père

En signe d'amour de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.

A Mes sœurs et mes frères

Pour leurs soutiens infinis et leurs aides incessantes, à qui je leurs souhaite un meilleur avenir.

A mon binôme

Dans ce mémoire «Malek» que je la souhaite la réussite dans sa vie.

A tous mes amis

Sans exception.

CHELTITE Dounia

Table des matières

Tables des matières

Remercîments	
Dédicace	
Table des matières	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	
<i>CHAPITRE I : Description de la zone d'étude</i>	<i>N° Pages</i>
1. La situation géographique	4
1.1.La situation géographique de wilaya de Khanchela	4
1.2.La situation géographique d'El Hamma	5
2. Topographie et reliefs	6
3. Situation géologique et hydrogéologique	6
4. Le couvert végétal	7
4.1.Forêt domaniale des Amamras	8
4.2.Forêt domaniale des OuledYacoub	8
5. L'agriculteur	8
6. Le climat	9
3.1. Les facteurs climatiques	9
3.1.1. La température	9
3.1.2. Les précipitations	10
3.2. Synthèse climatique	11
3.2.1. Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen	12
3.2.2. Indice d'aridité	12
3.2.3. Le Digramme de quotient pluviométrique d'Emberger	14
<i>CHAPITRE II : Matériels et Méthodes</i>	
Introduction	17
1. Echantillonnage	17
1.1.Prélèvement et méthode d'analyse	17
1.2.Technique de prélèvement des analyses physico-chimiques	17
1.3.Les points de prélèvement	18
2. Les paramètres physico-chimiques	19
2.1.La température (T°)	19

Tables des matières

2.2.Le potentiel hydrogène (PH)	19
2.3. Conductivité électrique (CE)	21
2.4 Titre hydrométrique (TH) ou dureté totale	22
2.3. L'oxygène dissous (O₂)	23
2.4.Le sodium (Na⁺)	23
2.5. Potassium (K⁺)	24
2.6.Calcium (Ca²⁺)	24
2.7.Manganèse (Mg²⁺)	25
2.8.Les chlorures (Cl⁻)	26
2.9.Nitrites (NO₂⁻)	27
2.10. Sulfates (SO₄²⁻)	27
2.11. L'alcalinité (TA – TAC)	28
2.11.1. TA (titre alcalimétrique)	28
2.11.2. TAC (titre alcalimétrique complète)	29
<i>CHAPITRE III : Résultats et Discussion</i>	
Introduction	30
1. Discussion des résultats physico-chimiques	30
1.1. La température	30
1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	31
1.3. La conductivité électrique (CE)	32
1.4. Titre hydrométrique (TH)	34
1.5. L'oxygène dissous	34
1.6. La matière solide dissoute totale (TDS)	35
1.7. La Salinité	37
1.8. Le Sodium (Na⁺)	38
1.9. Le potassium (K⁺)	39
1.10. Le calcium (Ca²⁺)	40
1.11. Le magnésium (Mg²⁺)	41
1.12.Les chlorures (Cl⁻)	42
1.13.Les nitrites (NO₂⁻)	43
1.14.Le sulfate (SO₄²⁻)	44
1.15.Le titre alcalimétrique TA	45

Tables des matières

1.16.Le titre alcalimétrique complète TAC	45
2. Détermination des principaux faciès hydro-chimiques	47
3. Représentation graphique des faciès hydro-chimiques	47
3.1. Diagramme de piper	47
3.2.Diagramme de Schoeller-Berkaloff	48
4. Aptitude à l'irrigation des eaux de la commune d'EL Hamma	50
5. Diagramme de RICHARDS (Riverside)	50
Conclusion générale	
Référence bibliographique	
Annexes	

LISTE DES ABREVIATIONS

ANRH	L'agence nationale des ressources hydriques
Ca⁺²	Calcium
CaCO₃	carbonate de calcium
CE	Conductivité électrique
Cl⁻	Chlorurer
DHW	direction d'hdraulique de la wilaya
DSA	Direction des Services Agricoles.
EDTA	Ethyle diamine tétra acétique
H⁺	Le cation hydrogène
I_a	Indice d'aridité
JORA	Journal
Km	Kilomètre
Km²	Kilomètre carré
L	Liter
Max	maximum
Mg⁺	Magnésium
mg/l	Milligramme par liter
Mim	minimum
mm	Millimètre
Moy	moyenne
m/s	Mètre par second
Na⁺	Sodium
NaOH	D'hydroxyde de sodium
N°	numéro
NO₃⁻	Nitrate
NO₂⁻	Nitrite
OH	Hydroxyle
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONM	Office National de Météorologique
O₂	Oxygène dissous
P	Précipitation
PH	Potentiel hydrogène
T	Température
TDS	Total des Solide Dissous
TH	Titre hydrométrique
P.D.A.U	plan d'aménagement urbaine
PO₄³⁻	Orto-Phosphate
SAR	le sodium absorbé par le sol
°C	Degrés Celsius
°F	Degrés français
µs	Micro siemens
%	Pourcentage

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Description de la zone d'étude		
Tableau N°	Titre	N° Page
1	Le nombre et superficies des communes de wilaya Khanchela	5
2	Les coordonnées de la commune d'EL Hamma	5
3	Cultures Fruitières (Superficie complantée, Superficie en rapport et production) d'El Hamma	8
4	Les coordonnées géographiques de station d'El Hamma	9
5	Valeurs moyennes mensuelles de la température de la période (2013-2022).	10
6	Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (2013 – 2022)	11
7	Type de climat selon l'indice d'aridité	13
8	indice de l'aridité	16
CHAPITRE II : Matériels et Méthodes		
9	Les points de prélèvement	18
10	Les normes de potabilités de l'eau fixée par l'OMS, par rapport à la température	19
11	Classification des eaux d'après leur pH	20
12	Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée	21
13	Normes pour la dureté des eaux d'après l'O.M.S	23
14	Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium	26
15	la qualité des eaux suivant la concentration en nitrite	27

TABLE DES FIGURES

Figure N°	Titre	Page N°
CHAPITRE I : Description de la zone d'étude		
1	La Situation géographique de wilaya de Khanchela	4
2	La situation géographique d'El-Hamma	6
3	Carte hydrographique de la commune d'EL Hamma	7
4	Les variations des températures moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).	10
5	Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).	11
6	Diagramme Ombrothermique de Gausson et de Bagnouls période (2013- 2022)	12
7	Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude	14
8	Le Climagramme d'Embergie pour la zone d'étude.	16
CHAPITRE II : Matériels et Méthodes		
9	PH- mètre	20
10	conductimètre	22
CHAPITRE III : Résultats et Discussion		
11	Les variations de température des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	31
12	Les variations de pH des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	32
13	Les variations de conductivité électrique des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	33
14	Les variations de la dureté totale des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	34
15	Les variations de L'oxygène dissous des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	35
16	Les variations de La matière solide dissoute totale des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	36
17	Les variations de la salinité des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	37

TABLE DES FIGURES

18	Les variations de sodium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	38
19	Les variations de potassium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	39
20	Les variations de calcium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	40
21	Les variations de magnésium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	41
22	Les variations de chlorures des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	42
23	Les variations de nitrite des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	44
24	Les variations de sulfates des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	45
25	Les variations de titre alcalimétrique complet des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.	46
26	Diagramme de piper des analyses des points d'eaux de la commune d'EL HAMMA (mai, 2023).	48
27	Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d'eaux de la commune d'EL HAMMA (mai, 2023).	49
28	Diagramme de RICHARDS (Riverside) des analyses des points d'eaux de la commune d'EL HAMMA (mai, 2023).	51

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est un élément vital naturel et indisponible à la vie dans tous les écosystèmes surtout à l'existence humaine. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses utilisations domestiques, industriels et agricoles **(Belaloui, 2020)**.

Face aux besoins en eaux dans les domaines agricoles (l'irrigation), industriels et urbains, l'utilisation des nappes souterraines devient de plus en plus indispensable **(Bentadjine et al., 2021)**. Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures **(Henri, 2012)**.

La qualité de l'eau est influencée par un large éventail de phénomènes naturels et anthropiques. Différents processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques) peuvent nuire aux caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce. De plus, plusieurs impacts anthropiques peuvent dégrader la qualité de l'eau comme l'activité industrielle, l'usage agricole ou des chantiers d'ingénierie fluviale **(Chapman, 1996)**.

Les eaux souterraines sont des nappes phréatiques, contenues dans les espaces interstitiels des particules de roches sédimentaires et dans les fissures des roches compactes. L'eau des nappes souterraines se maintient généralement à une température à peu près constante, très proche de la température moyenne annuelle de la région **(Bouziani, 2000)**.

Les eaux souterraines représentent approximativement 97% des eaux douces continentales et l'Homme dépend, dans de très nombreuses régions du globe, de l'existence, de l'accessibilité et de la qualité de cette ressource vitale, pourtant limitée et fragile) puisque 75 à 90 % de la population mondiale, selon les régions, utilise une eau d'origine souterraine **(Khaldoun, 2015)**.

La plupart des eaux souterraines ont pour origine les eaux pluviales (pluie ou neige). Si elles ne sont pas perdues par évaporation, transpiration ou écoulement, l'eau de ces sources peut s'infiltrer dans les sols. Les quantités d'eau des précipitations sont retenues très difficilement sur le sol sec formant un film sur la surface et dans les micros pores des particules du sol **(Belaloui, 2020)**.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau potable est un élément indispensable à la vie et l'état de santé de la population d'où la nécessité d'élaboration des normes de potabilité basées sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'une certaine concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité, la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d'éviter le développement de pathologies, malgré le dépassement du seuil (**Guerzou, 2008**).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (**Ayad, 2017**).

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit-elle-même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique (**Guergazi et al., 2005**).

En Algérie, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas. Par contre, les ressources souterraines y sont abondantes mais sont très faiblement renouvelables et représentées par deux importants aquifères la nappe du Complexe Terminal et celle de la nappe du Continental Intercalaire, (nappes du Sahara septentrional) (**Ben abderrahmane, 2022**).

La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007 (**Messikh et al., 2020**).

Les eaux souterraines en Algérie sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Certaines régions algériennes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène et ainsi l'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité (**Remini, 2010**).

INTRODUCTION GENERALE

L'objectif de cette étude évaluer et caractériser la qualité physico-chimique de la qualité des eaux de la commune d'EL HAMMA (W. Khanchela), et étudier l'aptitude des eaux pour l'irrigation à travers le calcul et l'interprétation des différents paramètres utilisés.

Dans cette mémoire, nous allons approfondir nos études et essayer de répondre à certaines questions :

- Quel est l'état actuel de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région d'étude ?
- Quels est l'origine des polluants chimiques existant dans l'eau ?
- Asque la qualité des cette eaux destinée à l'utilisation agricole?

Pour répondre à ces questions, une analyse physico-chimique des eaux a été réalisé en collaboration de plusieurs outils (géologique, climatique) ont été utilisés afin d'interpréter des données et la présentation graphiques des résultats. Cette mémoire a été structurée de la manière suivante :

- ❖ Le premier chapitre est consacré à une description de la zone étude ;
- ❖ Le deuxième chapitre comporte les déférentes méthodes et matériels utilisée pour d'échantillonnages et l'analyses dans laboratoire ;
- ❖ Le troisième chapitre est réservé à la présentation graphiques des résultats obtenus et leur discussion.

En fin, notre travail s'achève par une conclusion générale.

Chapitre I

Description de la zone d'étude

1. La situation géographique**1.1. La situation géographique de wilaya de Khanchela**

La Wilaya de Khenchela est située au Nord de l'Algérie, au Sud-Est du constantinois ; et au contrefort du mont des Aurès entre 34° 06' 36'' et 35° 41' 21'' latitudes Nord ; et entre 06° 34' 12'' et 07° 35' 56 '' de longitudes Est. Sa superficie est de 9715,6 km². Elle est limitée géographiquement :

La wilaya d'Oum El Bouaghi au Nord ;

La wilaya El Oued au Sud ;

La wilaya Tébessa à l'Est ;

La wilaya Batna à l'Ouest;

La wilaya Biskra au Sud Ouest (**Khaldoun, 2015**).

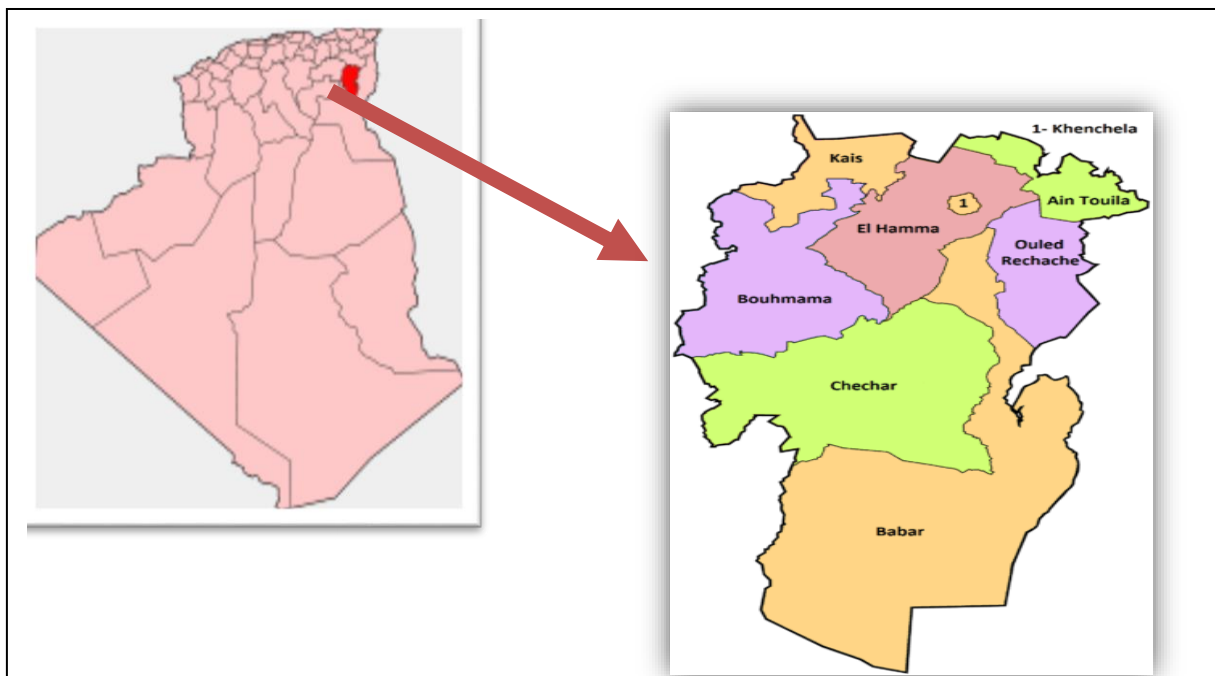


Figure N° 01 : Situation géographique de wilaya de Khanchela

La région de Khenchela se caractérise par la présence de trois (03) zones différentes qui peuvent être distinguées comme suit :

Nord : on a le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate,steppeique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref ;

Les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale ;

Nord-Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.

La wilaya composé 21 communes regroupées huit (08) daïra et chaque daïra compose des municipalités (**P.D.A.U, 2006**).

Tableau N°01 : Le nombre et superficies des communes de wilaya Khanchela

Daïra	Nombre de communes	Superficies
Khanchela	1	32 km ²
Babar	1	3935 km ²
El hamma	4	852 km ²
Ain touila	2	420 km ²
Kais	3	466 km ²
Bouhmama	4	1288 km ²
Chechar	4	2066 km ²
Ouled rachech	2	656 km ²

Source : (P.D.A.U, 2006).

1.2. La situation géographique d'El Hamma

La ville d'El Hamma est située au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Khenchela. La commune d'El Hamma s'étend entre le massif des Aurès au Sud-Est et la plaine de R'mila au Nord sur une superficie de 168.21 Km² sa population est 12050 habitats en 2008 .

La ville d'El Hamma est située à 50 Km du chef-lieu de la wilaya d'Oum el Bouaghi, à 5 Km de chef-lieu de la wilaya de Khenchela, à 14 Km de la commune de Kais et à 2 Km de Hammam Essalhine (Guerrabe et al., 2015).

EL HAMMA est défini par les coordonnées suivantes : Les coordonnées sont relevées à partir de la carte d'état-major à l'échelle 1/50000 (Guerrabe et al., 2015).

Tableau N° 02 : Les coordonnées de la commune d'EL Hamma

La commune	Les coordonnées
EL Hamma	X=898.00
	Y=249.50
	Z = 1180.00

Ces limites administratives :

- Au Nord : la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au Sud : la commune de Tamza ;
- A l'Est : la commune de Khenchela ;
- A Sud-Ouest : la commune de chelia ;
- A l'Ouest : les commune de touzient.

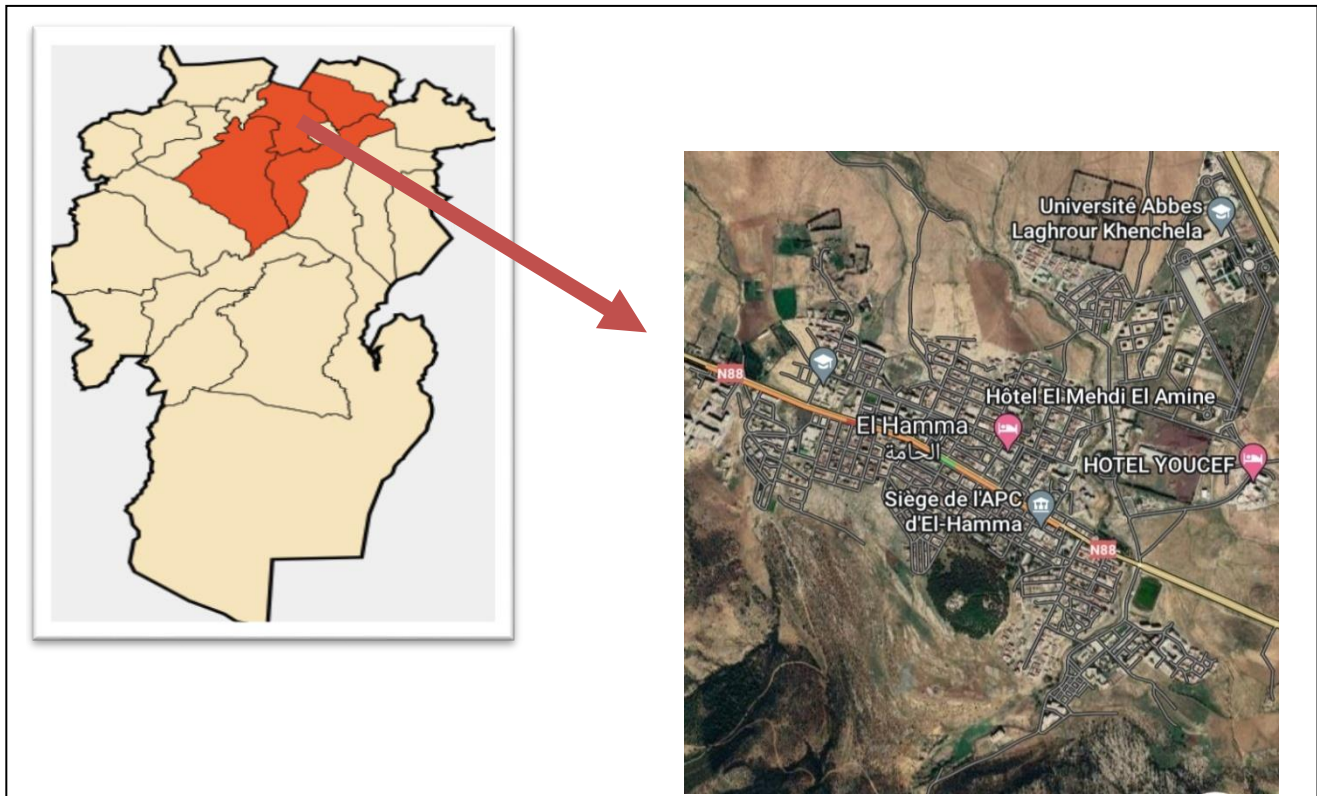


Figure N° 02 : La situation géographique d'El-Hamma

2. Topographie et reliefs

La topographie joue un rôle déterminant dans la conception du projet vu que l'évacuation doit s'effectuer généralement par la gravité sauf dans le cas où le relief n'assure pas les pentes limites.

L'agglomération d'El Hamma présente un relief de hautes terres entrecoupées de chaînons calcaires, les plaines et colline occupent 67.3%, les montagnes 21.1%, les plateaux et autre 17,8%, ses altitudes varient entre 900m et 1600m.

Le relief de la commune est caractérisé par deux grandes composantes : une zone de plaines au Nord et une chaîne de montagnes au Sud (**Guerrabe et al., 2015**).

3. Situation géologique et hydrogéologique

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydro-chimique. Ainsi, la lithologie et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable) (**Salhi et al., 2022**).

La région d'EL Hamma se caractérise par des reliefs élevés qui s'étendent au Nord et sont représentées par deux vastes glacis polygéniques. La chaîne de montagne des Aurès est formée principalement de calcaires cétagés.

La ville d'El Hamma est contournée par l'Oued El Kissane qui coule en permanence. Ce dernier prend naissance dans les sources Thermales de Hammam Essalhine.

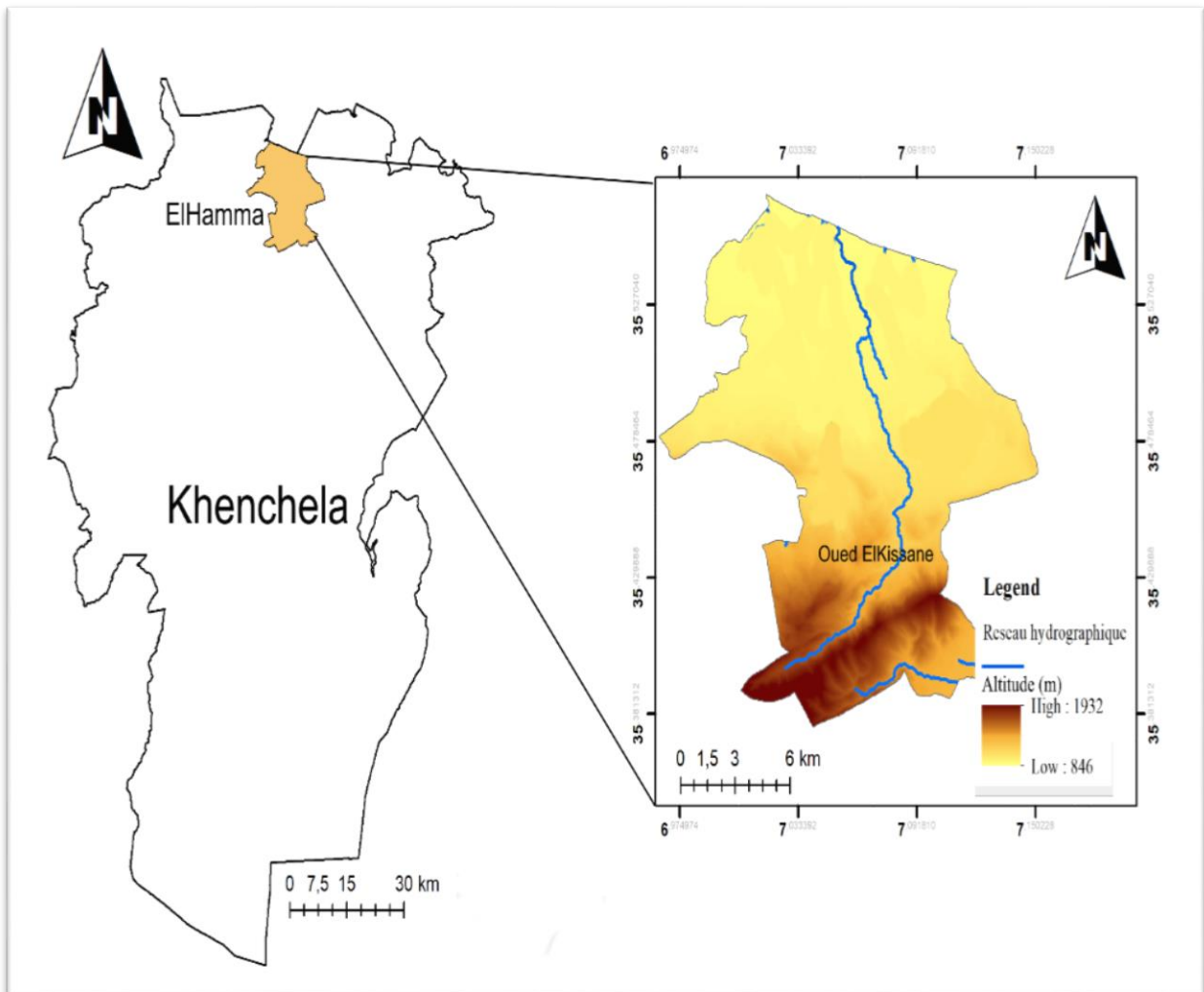


Figure N° 03 : Carte hydrographique de la commune d'EL Hamma

4. Le couvert végétal

La couverture végétale dépend de plusieurs paramètres tels que : le climat, les reliefs et l'activité humaine...etc.

La végétation du commun d'Elhamma caractérisé par la végétation forestière et steppique.

4.1. Forêt domaniale des Amamras

Elle située sur le territoire des communes d'El Hamma, Nsigha et Khenchela de la tribu des Amamras, représentées au niveau de la forêt de Ouled Bou Derhem et Djebel Aoures et Djebel Djahfa, elle renferme 55.000 ha, son altitude varie de 1100 à 2.000 m, elle est peuplée depin d'Alep sur 500 ha environ, de chênes verts, de genévriers et de bouquets de pin d'Alep (**Bouzekri, 2015**).

4.2. Forêt domaniale des Ouled Yacoub

Elle est située sur le territoire de commune de Tamza de la tribu des Amamars, elle renferme 21.000 ha d'un seul tenant, les altitudes varient de 1100 à 2200 m, sa longueur est de 30Km et sa largeur est de 15 Km, repart sur une superficie de 109.000 ha de forêts dextrement précieuses aux limites du Sahara, où le cèdre existe dans la région de Ain Mimoun sur le massif de Djebel Pharaoun (**Bouzekri, 2015**).

5. L'agriculteur

Le déclenchement démographique le développement de la culture mécanisée a favorisé l'augmentation de la surface agricole aux dépens de la surface forestière et steppique. Selon la direction des services agricoles de la wilaya de Khenchela la commun d'El Hamma à une surface agricole utile représente 377.00 ha.

Tableau N° 03 : Cultures Fruitières (Superficie complantée, Superficie en rapport et production) d'El Hamma

	Superficie complantée (ha)	Superficie en rapport (ha)	Production (qx)	rendement d'un Ha
	total des Exploitations			
Abricots	123.00	123.00	1845.00	15
Coings	-	1.00	70.00	70
Peches	3.00	3.00	45.00	15
Poires	-	53.00	2650.00	50
Pommes	-	194.00	15520.00	80
Prunes	3.00	3.00	45.00	15
Total		377.00		

Source :(DSA El Hamma, 2023).

6. Le climat

Le climat algérien est un climat de transition. Il varie de type méditerranéen dans le nord au type désertique dans le Sahara (**Bouzekri, 2015**).

L'étude climatologique est nécessaire pour toute étude hydrogéologique car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux superficielles et souterraines. L'évaluation du bilan hydrique exige la connaissance des paramètres suivants : Les températures, les précipitations, l'humidité relative et les vents.

La connaissance de ces caractéristiques climatiques conditionne le développement des végétaux, et assure la bonne production (**Nechem, 2009**).

Les paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique, car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères (**Ouanes, 2020**).

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station de l'office national de la météorologie (OMN) impliquant la connaissance des paramètres suivants : (Les précipitations, la température, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration), et l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) d'El Hamma wilaya de Khanchela.

Les coordonnées de ces stations météorologiques sont consignées au tableau suivant :

Tableau N° 04: Les coordonnées géographiques de station d'El Hamma

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)
EL Hamma	35°27'52"N	7° 5'5"E	982.5m

Source : (L'OMN, 2008).

3.1. Les facteurs climatiques**3.1.1. La température**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Khabtane, 2015**).

La température est un facteur écologique très important pour la détermination du climat de la zone d'étude à partir de deux paramètres principales : la température minimale du mois le plus froid et la température maximale du mois le plus chaud (**Ouanes, 2020**).

Tableau N°05 : Valeurs moyennes mensuelles de la température de la période (2013-2022)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Moyenne	8.1	9.7	11.4	16.6	21.2	26.3	29.3	28.5	24.5	19.5	13.2	9.8
T° max	10	12	14	18	23	30	32	30	27	23	15	14
T° min	6	7	10	15	18	25	28	26	23	17	11	7
T°max-T°min	4	5	4	3	5	6	4	4	4	6	4	7
T°max+°Tmin/2	8	9.5	12	16.5	20.5	27	30	28	25	15	26	10.5

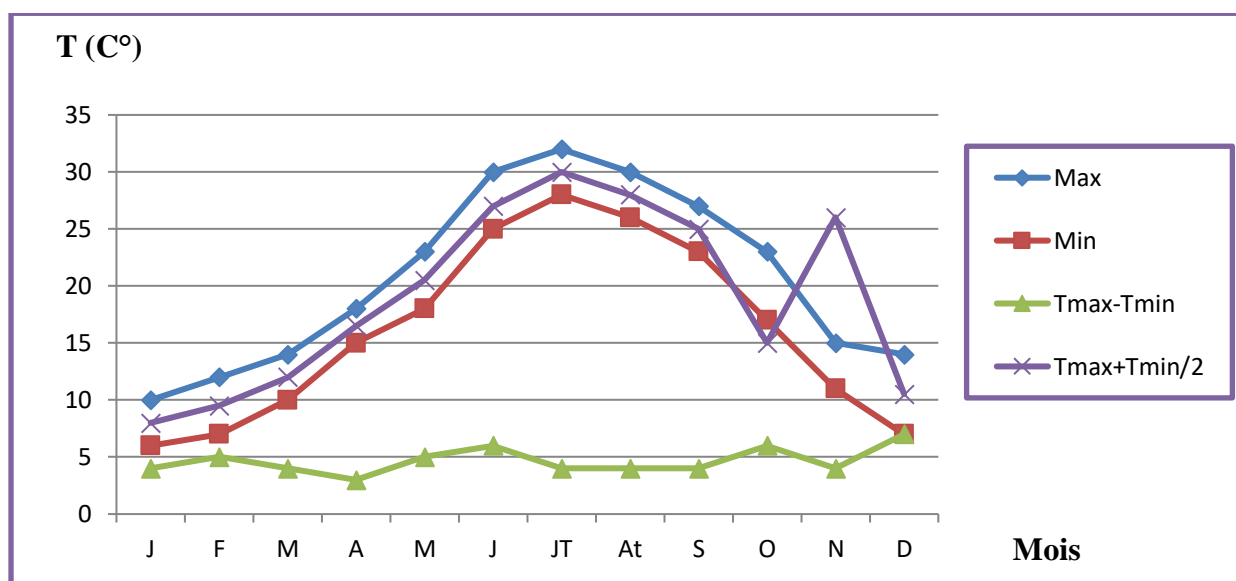


Figure N° 04: Les variations des températures moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).

En analysant les données des températures moyennes mensuelles pendant une période de 10 ans (figure n°04), nous montre que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale de 6°C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale de 32°C.

3.1.2. Les précipitations

La pluviosité est définie selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat (Khabtane, 2015).

On englobe sous le terme de précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie, bruine) que solide (neige, grêle). C'est également l'élément le plus important du cycle de l'eau. En plus de son influence sur les eaux de surface, les précipitations ont une influence sur le volume d'eau emmagasinée, par

conséquence, abaissant ou augmentant le niveau piézométrique de la nappe (**Bentadjine et al., 2021**).

La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (**Ayad, 2017**).

Tableau N°06 : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (2013 – 2022)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	At	S	O	N	D
P(mm)	28,1	36,5	53,5	70,5	59,2	19,1	8,4	32	40,1	36,3	34,6	27,7

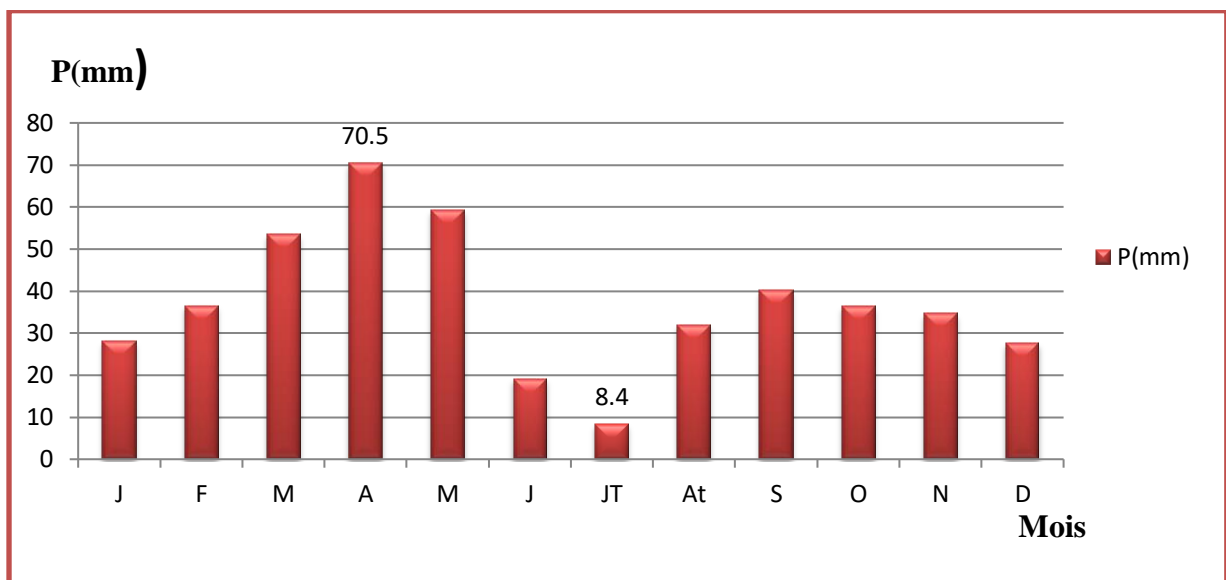


Figure N° 05: Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).

L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles pendant une période de 10 ans (figure n°5), révèle la précipitation moyenne mensuelle est 446 mm avec Le mois le plus pluvieux est Avril avec une moyenne mensuelle de 70.5mm, et le mois le plus sec est le mois de juillet avec une moyenne mensuelle de 8.4 mm.

3.2. Synthèse climatique

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques : la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du Diagramme ombro-thermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (Qp) (**Ladlani ,2007**).

3.2.1. Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations sont intéressantes dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d'établir un graphe dit Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN met en évidence la notion des saisons humides et sèches, comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T^{\circ}\text{C}$) (Aouidane, 2017).

Le cumul des mois secs constitue la saison sèche. Pour vérifier cette relation, on doit adapter une Échelle qui la concrétise ($P \leq 2T$); c'est la zone où la courbe de P passe en au dessous de celle de T (Kolli et al., 2020).

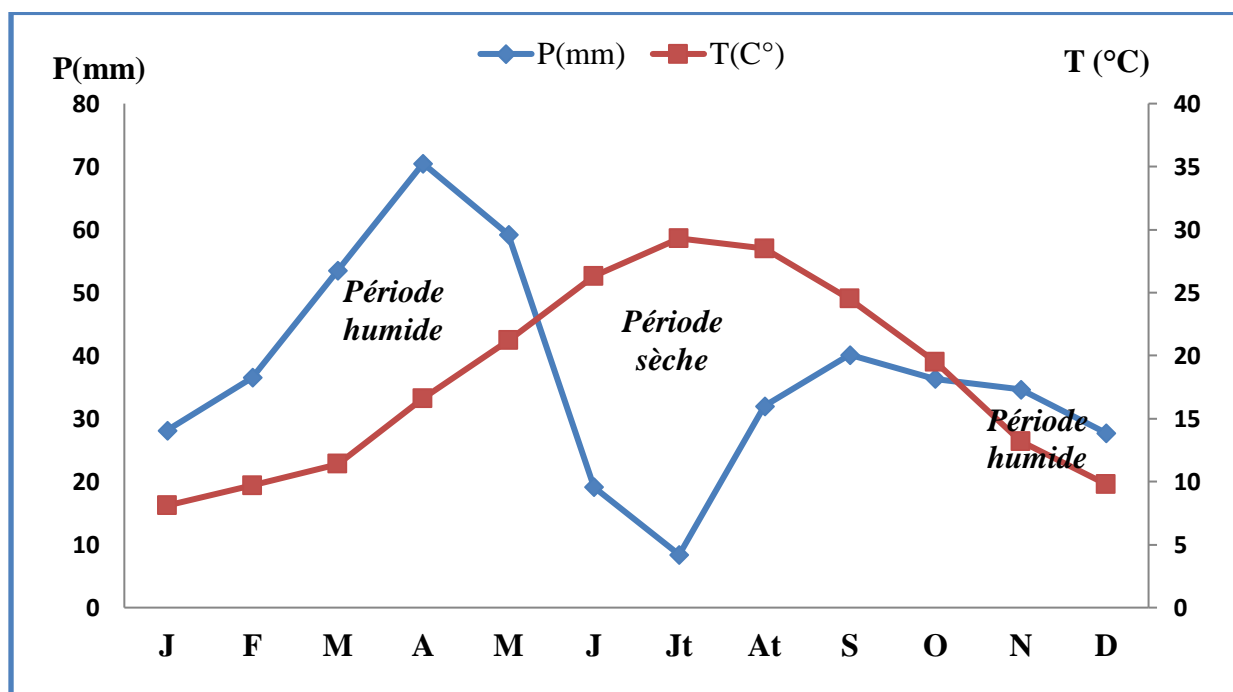


Figure N°06 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls période (2013- 2022)

Nous constatons que la période sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen permet de mettre en évidence une période humide débutant au mois de septembre qui se termine au mois de mai, et une période sèche qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'aout.

3.2.2. Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I a). Cet indice est fonction de la température (T° en

°C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude. Ce paramètre se calcule selon la formule suivante :

$$I_a = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

I_a : indice d'aridité ;

P : précipitations moyennes annuelles (mm) ;

T : températures moyennes annuelles (°C) (Gaagai, 2009).

Tableau N° 07 : Type de climat selon l'indice d'aridité

Indice d'aridité	Le climat
$I < 5$	Climat hyperaride
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$I > 30$	Climat humide

Source : (Gaagai, 2009).

Dans notre cas, la moyenne des précipitations interannuelles est : 446mm. Alors que la température moyenne annuelle est de : 18.18°C.

Ce qui donne : I_a = 15.83

Tableau N°08 : indice de l'aridité

Station	P (mm)	T (C°)	I _a
El Hamma	446	18.18	15.83

Nous avons trouvé que la valeur de (I) est comprise entre 10 et 20, ce qui permet de dire que la station d'El Hamm a bénéficié d'un climat semi-aride.

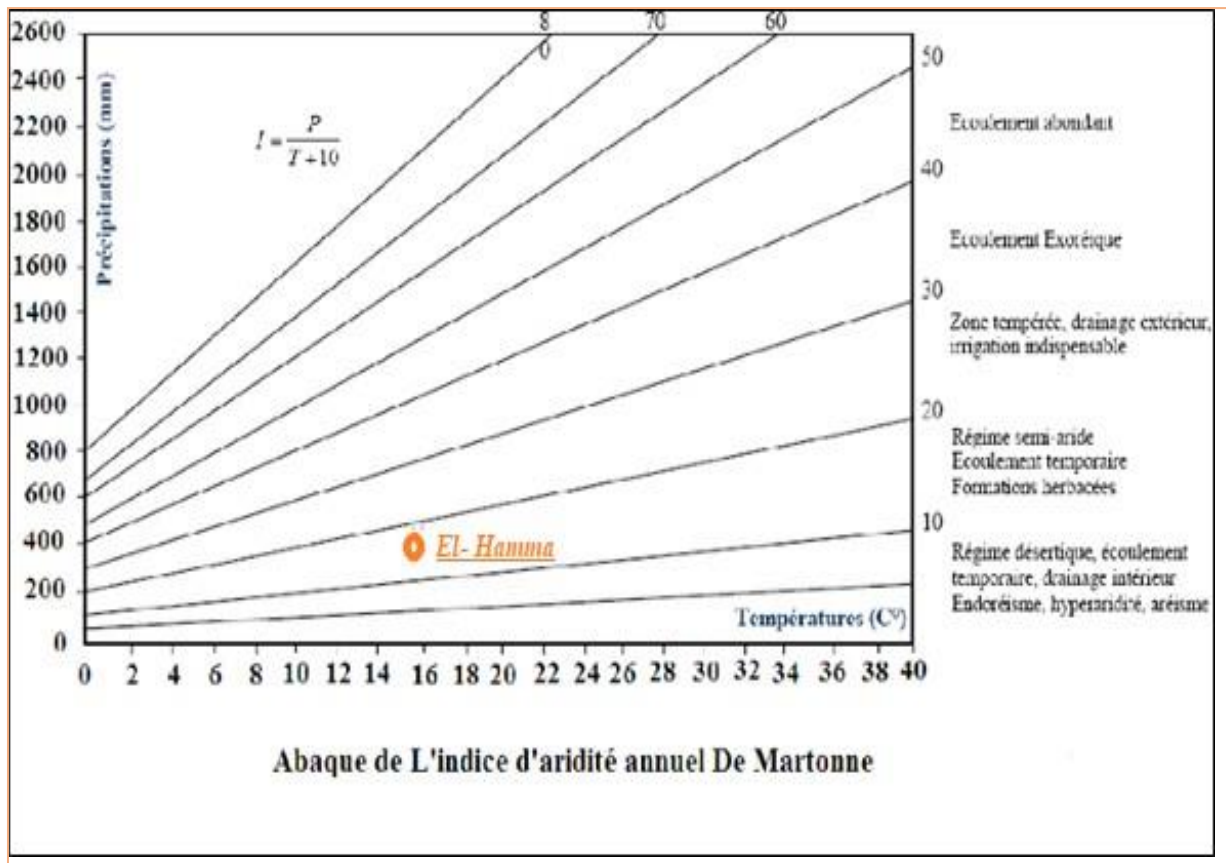


Figure N°07 : Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude

3.2.3. Le Digramme de quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique (Q2) : établi par Emberger (1952, 1955), il permet de classer et de caractériser le climat méditerranéen, et est fréquemment utilisé en Afrique du nord. En fait, le climagramme d'Emberger présente des limites de séparation entre les différents étages bioclimatiques, ces limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé (Benabderrahmane, 2022).

Outre la moyenne entre la « moyenne des minima du mois le plus froid (m) » et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) », Emberger fait intervenir leur différence (Kolli et al., 2020).

C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid en degrés Celsius et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm. Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide (Emberger, 1971).

$$Q = 3.43. P / (M-m)$$

Avec:

Q : Quotient pluvio métrique d'Emberger ;

M : La moyenne maximale de températures du mois le plus chaud ;

m : La moyenne minimale de températures du mois le plus froid ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

M-m: Amplitude thermique extrême moyenne (**Emberger,1971**).

En fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes

- Désertiques pour $Q2 < 10$.
- Arides pour $10 < Q2 < 25$
- Semi-arides pour $25 < Q2 < 50$.
- Tempérées pour $50 < Q2 < 100$.
- Humides pour $Q2 < 100$ (**Labed, 2014**).

L'application numérique donne les résultats suivants

P = 446 mm

M= 32°C

m = 6 °C

Ce qui donne :

Q2 = **58.84**

Le rapport de notre station sur la (figure n°08) permet de dire que le climat de la région d'El Hamma est semi-aride.

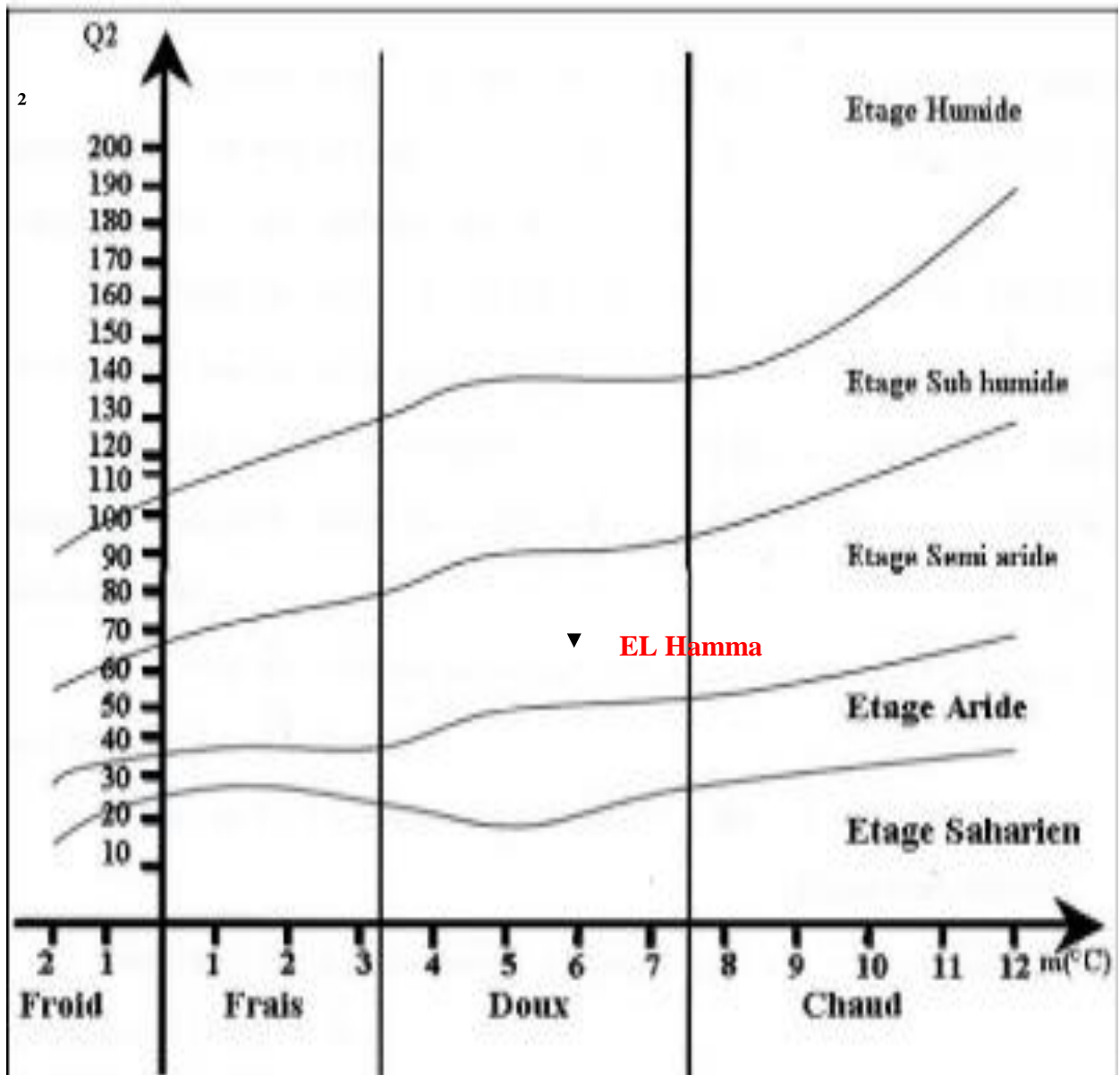


Figure N° 08: Le Climagramme d'Embergie pour la zone d'étude.

Chapitre II

Matériels et Méthodes

Introduction

Les différentes méthodes d'analyses pour caractériser la qualité des eaux de consommation à travers la détermination de quelques paramètres physico-chimiques. L'étude physico-chimiques de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie....).

Les analyses physico-chimiques ont concerné, les paramètres physiques (la température, Le potentiel hydrogène, la conductivité électrique, la dureté total, les cations le sodium, le calcium, le potassium, le magnésium) et les anions (les chlorures et les nitrites, sulfates, le titre alcalimétrique complet, le titre alcalimétrique.

1. Echantillonnage**1.1. Prélèvement et méthode d'analyse**

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique ;
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al., 2009**).

Les échantillons ont été transportés au laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement de la faculté des sciences exactes et science de la nature et de la vie de l'université Oum El-Bouaghi dans des glacières à 4 °C afin de conserver leurs caractéristiques physico-chimique des hautes températures et de la lumière.

L'analyse des échantillons prélevés a porté sur les paramètres physico-chimiques (pH , température (T°), la conductivité (CE), salinité (TDS), oxygène dissout (O₂), titre alcalimétrique complet (TAC) , titre alcalimétrique (TA), Nitrites (NO₂⁻), chlorures (Cl⁻), sulfates (SO₄²⁻), Magnésium (Mg²⁺), calcium (Ca²⁺), potassium (K⁺) et sodium (Na⁺).

1.2. Technique de prélèvement des analyses physico-chimiques

- Laver les mains avec l'eau et le savon

- Nettoyer l'extérieur de robinet pour éliminer tous déchets.
- Ouvrir le robinet à son débit maximum et laisser l'eau s'écouler pendant 1 à 2 minutes.
- Fermer le robinet.
- stériliser le robinet pendant 1 minute avec un coton imbibé d'alcool enflammé.
- Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler à un débit moyen pendant 1 à 2 minutes.
- Remplir le flacon en verre munis d'un bouchon à vis métallique stérile, de capacité 1L
- Un petit volume d'air doit rester à la surface de manière à faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse.
- Fermer le flacon avec un bouchon qui sera recouvert par son enveloppe de protection.
- marquer le flacon avec un numéro.
- Mettre le flacon contenant l'échantillon dans une glacière (**Rodier et al., 2005**).

1.3. Les points de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués manuellement pendant le mois d'Mai 2023 à partir de 05 forages de la commune d'EL Hamma.

La fiche de l'échantillon comporte : l'identité du préleveur, la date et l'heure du prélèvement, la ville ou l'établissement que l'eau alimente,

Tableau N°09 : Les points de prélèvement

Echantillon	Nom de point	Abréviation
1	El Menzel	MNZ
2	El Kheroub -Ouled simmousa-	OS
3	Bache de reprise Université Abbas Laghrour	BH4
4	BH1 bis coté d'oued lkissan	BH1
5	BH5+barrage Timgad (mélange)	BH5

2. Les paramètres physico-chimiques**2.1. La température (T°)****➤ Principe**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissolution des sels dissous (sur la conductivité), dans la détermination du PH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Rodier et al., 2009**).

➤ Mode opératoire

- Mettre un peu d'eau dans un bécher de de 250 ml;
- Plonger le thermomètre dans l'eau;
- Attendre jusqu'à ce que le mercure se stabilise;
- Effectuer une lecture avec le bulbe du thermomètre encore dans l'eau

Tableau N° 10: Les normes de potabilités de l'eau fixée par l'OMS, par rapport à la température

La température	La qualité de l'eau
20 – 22°C	Excellente
22 – 25 °C	Passable
25 – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	pollution excessive.

Source :(Ouanes, 2020).

2.2. Le potentiel hydrogène (PH)**➤ Principe**

Le pH est une mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Il est relié à la teneur en ions H⁺ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon. L'échelle de référence des pH 0 à 14.

➤ Mode opératoire

- Brancher le pH-mètre, le laisser se stabiliser pendant quelques minutes, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil, et :
- Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution tampon. Ensuite rincer l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser,

- Amener l'échantillon d'eau à analyser à la température désirée,
- Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur de pH directement,
- Après chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience, on la laisse tremper dans l'eau distillée (Rodier et al., 2009).

Tableau N° 11: Classification des eaux d'après leur pH

pH<5	Acidité forte	Présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelle
pH=7	pH neutre	Eau potable
7<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surface
5,5<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux souterraine
pH=8	alcalinité forte	Evaporation intense

Source :(Segouali et al., 2022).

**Figure N°09 : PH- mètre (2023).**

2.3. Conductivité électrique (CE)

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est mesurée par un conductimètre.

Le domaine d'application de cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et eaux usées, la zone de détermination de cette méthode s'étend de 50 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

➤ Mode opératoire

- D'une façon générale, la verrerie doit être rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant l'usage.
- On rince plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- La mesure est faite dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- On agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes (**Rodier et al., 2005**).

➤ Expression des résultats

Les résultats de la conductivité doivent être exprimés en milli siemens par mètre (ms/m) ou autre unité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 25 °C.

La salinité et le TDS sont déterminés aussi par le conductimètre (**Rodier et al., 2009**)

Tableau N° 12: Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation de l'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	importante
>1000	Elevée

Source :(**Rejsek, 2002**).



Figure N°10 : conductimètres (2023).

2.4. Titre hydrométrique (TH) ou dureté totale

➤ Principe

Les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} sont titrés par complexo-métrie avec une solution de L'E.D.T.A à un pH de 10, le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette, en présence ces ion. L'E.D.T.A réagit avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} libres puis au point d'équivalence, avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} combinés avec l'indicateur qui vire la couleur violette à bleu.

➤ Les réactifs

- Solution d'EDTA.
- Solution de noir d'ériochrome T à 0.5%.
- Solution tampon Ph=10.

➤ Le mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 4 ml de solution tampon PH 10.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur NET.
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec EDTA en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleu.
- La couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution EDTA.

Tableau N°13 : Normes pour la dureté des eaux d'après l'O.M.S

Dureté de l'eau	TH (°F)
0 - 7	Douce
7 - 22	Modérément douce
22 - 32	Assez douce
32 - 54	Dure
> 54	Très dure

Source (O.M.S, 1972).

2.5. L'oxygène dissous (O₂)

➤ Principe

La méthode utilisée pour le dosage de l'oxygène dissous est électrochimique. La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. L'appareil de mesure utilisée est l'oxymétrie

➤ Mode opératoire

On effectue le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser. Comme toute méthode instrumentale, le résultat est étroitement lié au mode opératoire et il est nécessaire de se reporter à la notice d'utilisation de l'appareil utilisé.

La mesure étant basée sur une réduction de l'oxygène qui traverse la membrane, il conviendra en particulier de procéder à une agitation douce et régulière pendant la mesure, pour éviter l'épuisement de l'oxygène au voisinage de la membrane qui conduirait à une mesure erronée. La concentration en oxygène dissous, à la température de mesure, est exprimée en mg.L⁻¹ (Rodier et al., 2009)

2.6. Le sodium (Na⁺)

Principe

Photométrie de flamme, le sodium est dosé directement dans le vin dilué au moins 1/10 par photométrie de flamme.

➤ Mode opératoire

- Régler l'appareil sur Na.
- Régler les boutons de l'appareil au milieu (compter cinq tours).

- Régler la flamme bleue.
- Préparer la gamme du sodium avec le Na Cl dans des fioles de 100 ml.
- Régler le signal de l'appareil.
- Régler la zéro.
- Passer la gamme.
- Passer les échantillons.

2.7. Potassium (K^+)

➤ **Principe**

Le potassium est dosé directement dans le vin dilué par photomètre de flamme.

➤ **Les réactifs**

- Solution de référence à 100 mg de potassium par litre.
- Solution de dilution.

➤ **Le mode opératoire**

- Régler l'appareil sur K.
- Régler les boutons de l'appareil au milieu (compter cinq tours).
- Régler la flamme bleue.
- Préparer la gamme du potassium avec le KCL dans des fioles de
- Régler le signal de l'appareil.
- Régler le zéro.
- Passer la gamme.
- Passer l'échantillon.

2.8. Calcium (Ca^{2+})

➤ **Principe**

Les méthodes par spectrométrie d'absorption atomique et par spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma sont d'une bonne précision, celle à l'EDTA donne des résultats satisfaisants pour des contrôles de routine (**Rodier et al., 2009**).

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage en milieu très basique, pour les valeurs de pH > 10, le magnésium précipite sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, rouge de Murexide, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

➤ **Les réactifs**

- Solution d'EDTA.
- Solution d'hydroxyde de sodium.
- Indicateur : acide calcéone carboxylique.

➤ **Le mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N (2 mol/l).
- Ajouter une pincée d'indicateur de HsH (murexide).
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec EDTA virage violet.
- La couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution EDTA.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en calcium C_{Ca} exprimé en mg/l, est donnée par l'équation :

$$C_{Ca} = \frac{C_1 \times V_3}{V_0} \times 100$$

Où

C_1 : La concentration exprimée en m mole.L-1 de la solution de l'EDTA.

V_3 : Le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisée pour le dosage.

V_0 : Le volume en millilitre de la prise d'essai (**Ladjel, 2009**).

2.9. Manganèse (Mg^{2+})

➤ **Principe**

Lorsqu'on détermine la dureté totale et la concentration de calcium, on peut facilement déduire la concentration de magnésium.

➤ **Expression des résultats**

$$[Mg^{2+}] \text{ mg/l} = TH - [Ca^{2+}]$$

Tableau N°14 : Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium

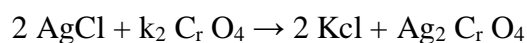
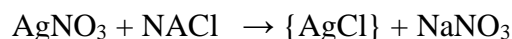
Magnésium (Mg ²⁺) par mg/l	Qualité
<30	Bonne
50	Acceptable
400	Médiocre
>400	Excessivement polluée

Source : (Dhwene, 2005).

2.10. Les chlorures (Cl⁻)

➤ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. (Ayad.,2017).



➤ Les réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution d'acide nitrique environ N/3.
- Solution étalon de chlorure de sodium (NaCl) N/10.
- Solution de nitrate d'argent N/10.

➤ Le mode opératoire

L'échantillon :

- Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K₂CrO₃.
- Titrer avec AgNO₃-..... Virage rouge.

Blanc :

- Prendre 100 ml d'ED + 1 ml de K₂CrO₃.
- Titrer avec AgNO₃⁻..... Virage rouge.

Titre :

- Prendre 10 ml NaCl + 90 ml d'ED + 1 ml de K₂CrO₃.
- Titrer avec AgNO₃⁻..... Virage rouge.

2.11. Nitrites (NO₂⁻)

➤ principe

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec le N(Naphtyle) éthylène diamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage colorimétrique.

➤ Les réactifs utilisés

- Réactif mixte.
- Sulfanilamide.....40 g
- Acide phosphorique.....100 ml
- N-1 Naphtyle éthylène diamine.....2 g
- Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

➤ Le mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml d réactif mixte ;
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻ ;
- Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre.

Tableau N° 15: la qualité des eaux suivant la concentration en nitrite

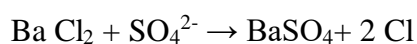
Teneurs en nitrites NO ₂ ⁻ par mg /1	Qualité des eaux
< 0.1	Excellente
0.1 < NO ₂ ⁻ < 0.3	Bonne
0.3 < NO ₂ ⁻ < 1	Passable
1 < NO ₂ ⁻ < 2	Médiocre
> 2	Pollution Excessive

Source :(Zidi, 2021).

2.12. Sulfates (SO₄²⁻)

➤ Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.



➤ Les réactifs utilisés

Solution Stabilisante

- Acide Chlorhydrique pur.....15 ml
- Ethanol.....50 ml
- Chlorure de Sodium.....37.5
- Glycérol.....25 ml
- Eau distillée.....q.s.p 250 ml

Solution de Chlorure de Baryum

- Chlorure de Baryum.....30 g
- Acide Chlorhydrique.....1 ml
- Eau distillée.....q.s.p 100 ml

Solution mère de Sulfates à 1 g/l à partir de Na_2SO_4

- Na_2SO_41.479g
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml

➤ Le mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la Solution Stabilisante.
- Ajouter 2 ml de Chlorure de Baryum.
- Agiter énergiquement pd 1 mn.
- Lire au spectrophotomètre.

2.13. L'alcalinité (TA – TAC)

2.13.1. TA (titre alcalimétrique)

➤ Principe

Le Titre Alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en Alcalis libres et en Carbonates Alcalins Caustiques. L'eau de consommation à un $pH < 8$, donc c'est une eau qui n'est pas basique, absence des ions CO_3^{2-} . Donc $TA=0$

➤ Les réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.
- Solution phénophtaléine dans l'alcool à 0,5%.

➤ Le mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 3 gouttes de solution de phénophtaléine à 0.5 %, on obtient une coloration rose.
- Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50) jusqu'à décoloration

2.13.2. TAC (titre alcalimétrique complète)

➤ Principe

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en Alcalis libres, Carbonates et Bicarbonates

➤ Les réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.
- Solution de vert de bromocrésol et d'orange de méthyle

➤ le mode opératoire

Le blanc

- Prendre 100 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle d'orange. Puis titrer avec le H₂SO₄.

Le titre

- Prendre 10 ml de NaOH (N/50) +90 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle d'orange.
- Puis titrer avec le H₂SO₄.

L'échantillon

- Prendre 100 ml de l'échantillon + 3 gouttes de Méthyle d'orange. Puis titrer avec le H₂SO₄.
- Le tirage se fait jusqu'au virage jaune

$$\text{TAC} = (V_e - V_b) * 10 / V_t * f$$

Chapitre III

Résultats et Discussions

Introduction

On sait que les caractéristiques chimiques des eaux souterraines sont presque toujours influencées par la nature physico-chimique du terrain constituant leurs aquifères. De plus la vitesse de circulation dans l'aquifère est un facteur important, suivant lequel les contacts eaux et sol peuvent être court ou long, diminuant ou augmentant l'importance des échanges ioniques entre l'eau et le terrain qui les contient, par ailleurs on sait que la perméabilité d'un aquifère est un facteur important agissant sur la vitesse de circulation de la nappe contenue suivant sa pente (**Esser et al., 2016**).

Dans cette chapitre déterminé l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux de forages et des eaux des réservoirs au niveau de la région de EL HAMMA (W. Khanchela). Elle permet aussi nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus, et de comparer les eaux entre elles et avec les normes algériennes, d'interpréter les données d'analyses par des diagrammes.

1. Discussion des résultats physico-chimiques**1.1. La température**

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine (**Gregorio et al., 2007**).

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit presque la totalité des réactions physico-chimiques et biologiques. Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre. On lit directement la température qui est exprimée en degré Celsius (**Bencheikh, 2012**).

Il est nécessaire de mesurer la température en raison de son rôle important dans la solubilité gaz, dissociation des sels dissous, détermination du pH et de la vitesse des réactions produits chimiques en général (**Segouali et al., 2023**).

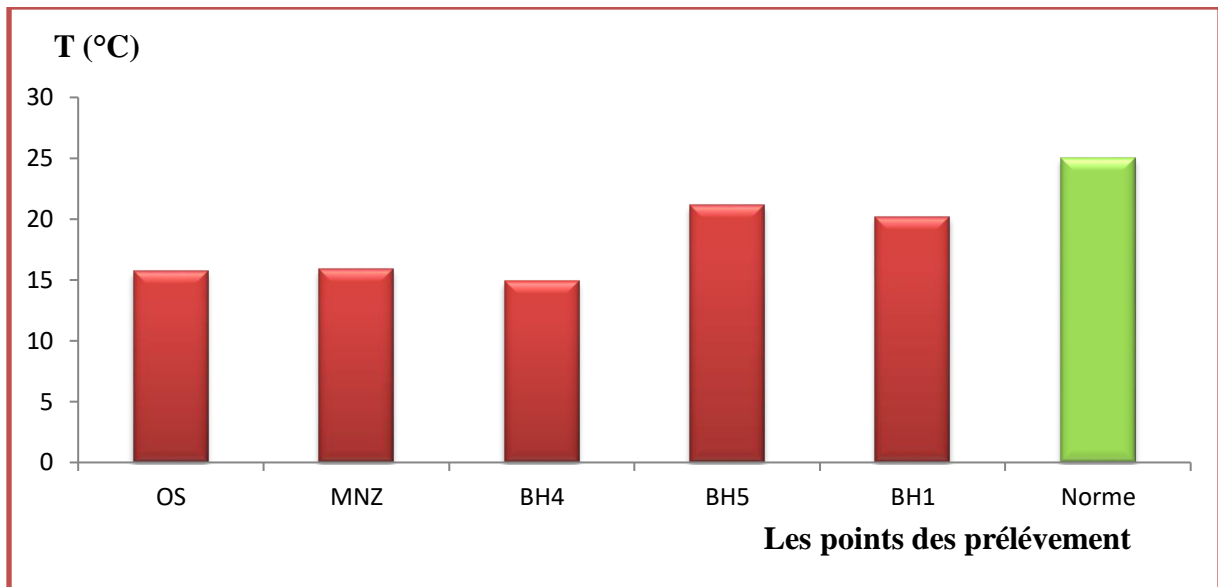


Figure N°11 : Les variations de température des différents points d’eaux de la commune d’EL Hamma, Mai 2023.

D’après les résultats obtenus, nous avons remarqués que la température pour les cinq échantillons sont différentes. La température mesurée varie entre une température minimale 14.9 °C au point BH4 et une température maximale 21.1 °C au point BH5 avec une moyenne 17.56 °C.

Les températures enregistrées durant la période de prélèvement ne dépassent pas les normes algériennes estimées de 25°C (JORA, 2014) requise pour les eaux potables.

1.2. Le potentiel d’hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l’acidité de l’eau c’est -à-dire de la concentration en ions d’hydrogène (H^+). L’échelle des pH s’étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C (Zidi, 2021). C’est l’un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l’eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d’équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples dont l’origine de l’eau. Le pH détermine l’acidité, l’alcalinité et la neutralité des solutions. Il est lié à la nature du terrain. (Ouanes, 2020).

Il intervient dans ces phénomènes complexes avec d’autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l’alcalinité et la température. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par

exemple. Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution (Ouanassi, 2021).

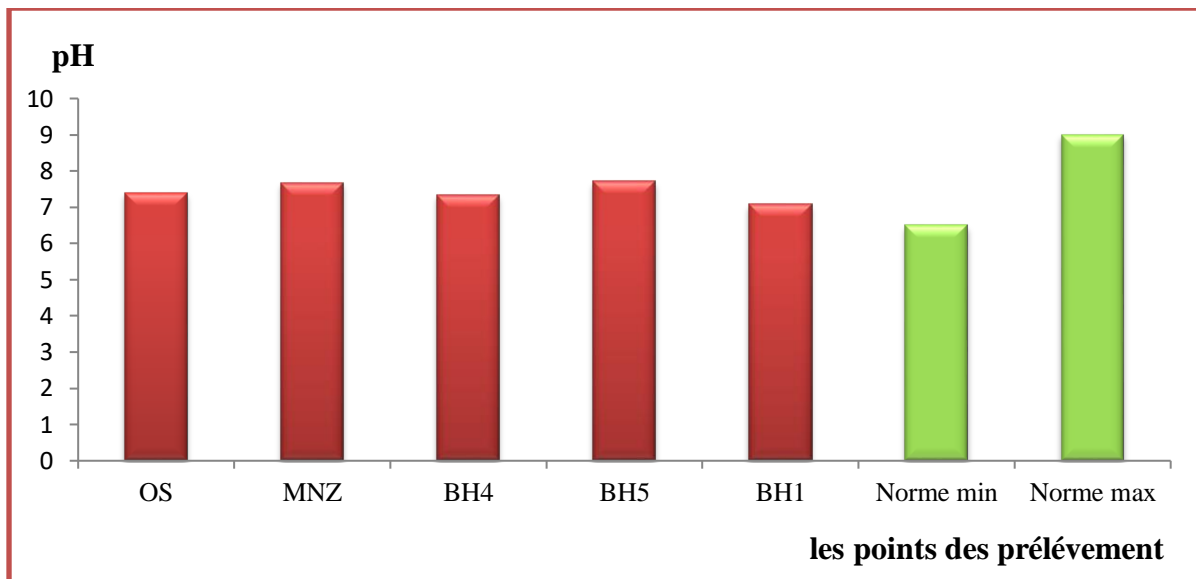


Figure N°12 : Les variations de pH des différents points d’eaux de la commune d’EL Hamma, Mai 2023.

Les résultats obtenus relèvent que le pH est largement neutre, donc tous les échantillons d’eau ont un pH conforme aux normes algériennes et OMS qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 9 (JORA, 2014).

Les valeurs de pH variant entre une valeur minimale 7.07 au point BH1 et une valeur maximale 7.72 au point BH5 avec une moyenne 7.44.

1.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité permet d'apprécier la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. La conductivité est mesurée à l'aide d'un multi paramètre (Bencheikh, 2012). Elle est peut-être utilisée comme indicateur de pollution dans les études environnementales, pour montrer les apports importants en sels d’origine naturelle (basin versant) et/ou anthropique (i.e. rejets des usines de dessalement et rejets industriels). (Benkaddour, 2018). Elle s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$) et mesuré par la conductimètre.

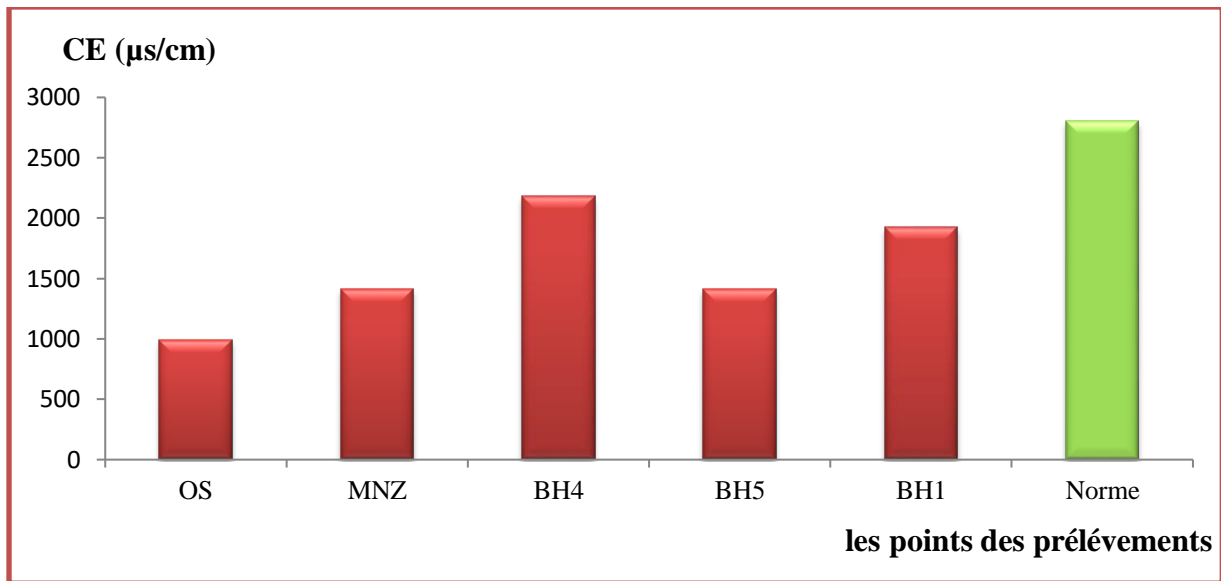


Figure N° 13: Les variations de conductivité électrique des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

D'après les résultats et la présentation graphique dans (figure n°13), les valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans notre travail varient entre 2180 µs/cm et 989 µs/cm avec une moyenne 1583 µs/cm.

Ces résultats les mesures de ce paramètre ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas la norme à 2800 µs/cm .

Malgré sa situation dans les normes mais d'après (**Cheikh, 2007**), une minéralisation trop importante ($CE > 1\ 000\ \mu S/cm$) peut être à l'origine de dépôts (entartrage lorsque les sels de calcium sont en excès), mais sans conséquences importantes sur la santé. Cependant des valeurs excessives de la conductivité électrique (minéralisation) peuvent avoir chez l'homme des effets laxatifs. Une telle eau peut également présenter un goût salé. Ceci dit que l'eau des stations étudiées est distinguée par sa minéralisation élevée qui génère des problèmes d'entartrage et de mauvais goût.

C'est pour cette raison que les usagers d'eau de la région étudiée préfèrent s'approvisionner en eau à partir d'autres sources pour la boisson et se plaignent de la qualité de l'eau pour les usages de lessive.

1.4. Titre hydrométrique (TH)

La dureté d'une eau qui est le résultat de sa concentration en ions métalliques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.), provient essentiellement du lessivage des terrains traversés. Selon les besoins, la dureté totale d'une eau, exprimée en TH (titre hydrotimétrique) est fixée à des valeurs bien précises. Pour les besoins domestiques (**Lakhdar et al., 2016**).

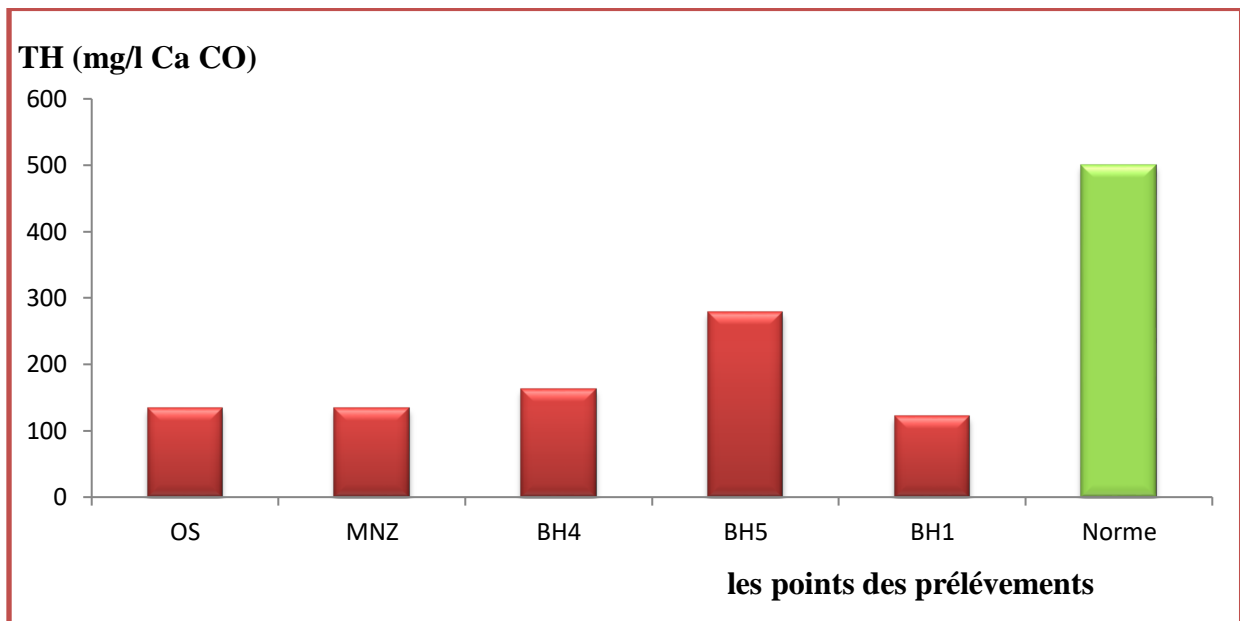


Figure N° 14 : Les variations de la dureté totale des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Les valeurs des résultats obtenus de la dureté varient entre 122 mg/l enregistrée dans point BH1 et 279 mg/l enregistrée dans le point BH5 avec une moyenne de 166.4 mg/l.

Donc ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne 500 mg/l.

1.5. L'oxygène dissous

L'oxygène est un facteur essentiel à la vie aquatique, en particulier aux organismes assurant l'autoépuration des rivières, ce qui fait de cet élément un bon indicateur de pollution d'un cours d'eau et du suivi de son autoépuration (**Derwich et al., 2008**).

Dans les eaux souterraines, les teneurs en oxygène dissous sont relativement faibles par rapport à celles des eaux de surface, à cause de l'absence des végétaux photosynthétiques, du faible contact eau-atmosphère, et de l'absence de la turbulence de l'eau. Néanmoins, une circulation rapide, entraînant un renouvellement perpétuel de l'eau, assure parfois une bonne

oxygénation de l'eau, dans des réservoirs aquifères très poreux ainsi que dans les biotopes hypothétiques (Khaloun, 2015).

Les autres puits sont faiblement oxygénés et ceci serait en relation avec les eaux polluées qui s'infiltrent vers la nappe phréatique ou s'expliqueraient aussi par l'absence de contact eau-atmosphère et du renouvellement perpétuel de l'eau (Tampo *et al.*, 2014).

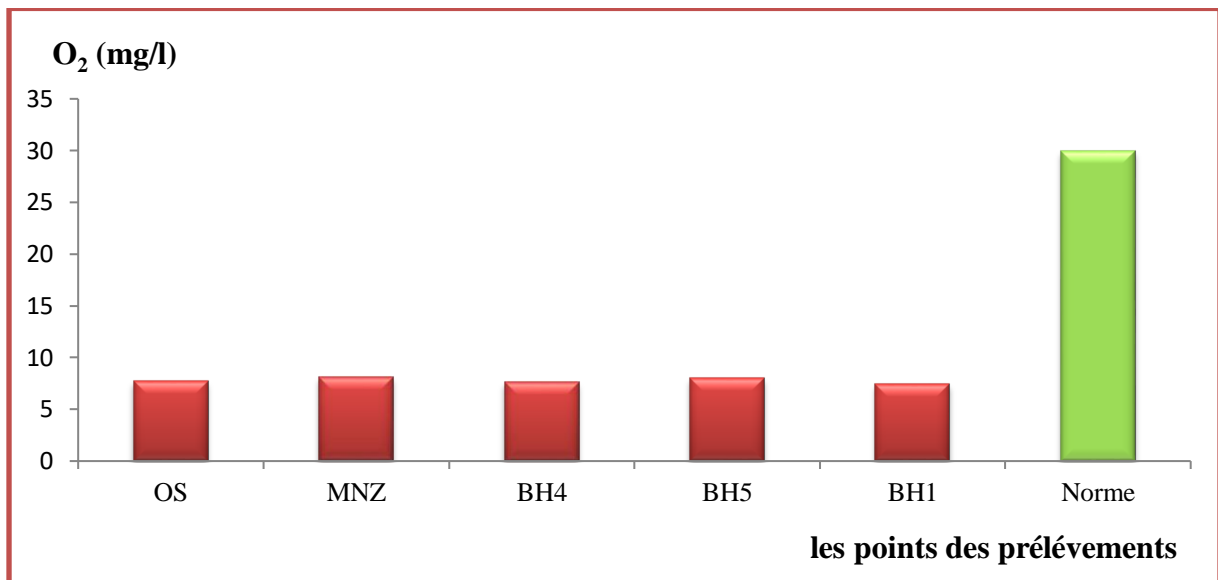


Figure N° 15 : Les variations de L'oxygène dissous des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Pendant la période d'étude, Les concentrations d'oxygène dissous obtenues sont comprises entre une valeur minimale 7.43 mg/l au point BH1 et une valeur maximale au point MNZ avec un moyenne 7.78 mg/l (Figure n°15).

Les teneurs en O₂ obtenus dans cette étude sont inférieur à les normes algériennes 30 mg /l pour les eaux potables.

1.6. La matière solide dissoute totale (TDS)

Le TDS est une mesure de concentration globale utilisée pour évaluer la teneur en minéraux aqueux (Aouidane, 2017).

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent par le passage de l'échantillon de l'eau à travers un filtre de fibres de verre. Par définition, les matières en suspension sont retenues sur le dessus du filtre, et les solides dissous passent à

travers le filtre avec de l'eau. Lorsque la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans une coupelle, puis évaporé, les solides dissous dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Cette matière est appelée matières totales dissoutes ou TDS (Azlaoui et al., 2019).

La saveur de l'eau dont le niveau de matières solides totales dissoutes (TDS) est inférieur à environ 600 mg/l est généralement considérée comme bonne ; l'eau de boisson devient significativement et progressivement imbuvable quand les niveaux de TDS dépassent environ 1000 mg/l. La présence de niveaux élevés de TDS peut susciter des plaintes parmi les consommateurs, suite à un encroûtement excessif dans les conduites, les radiateurs, les chaudières et les appareils domestiques. Aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'a été proposée pour les TDS (OMS, 2017).

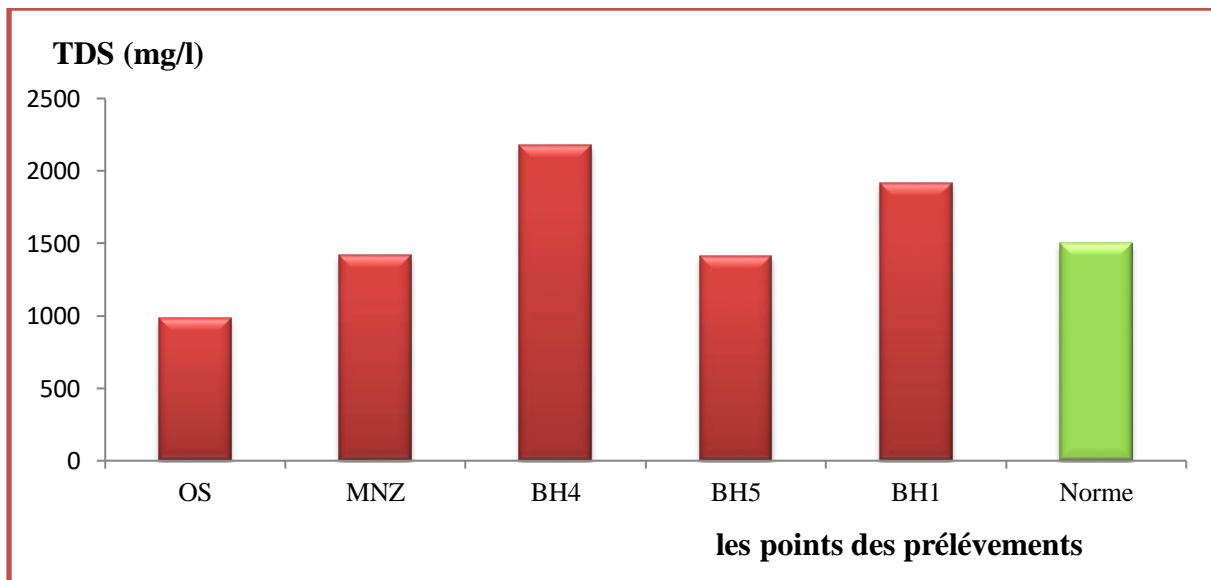


Figure N°16 : Les variations de La matière solide dissoute totale des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

On appelle TDS ou minéralisation totale, la masse totale des minéraux dissous (anions et cation) et non dissous (la silice) exprimés en mg/l.

Les taux des TDS mesurés affichent des valeurs variant entre 982 mg/l au niveau de point OS qui a enregistré également une valeur minimale de la conductivité électrique et de salinité et une concentration de 2180 mg/l de TDS au niveau de point BH4 qui a enregistré aussi une valeur la plus élevée de la conductivité électrique et de salinité, cette relation qui s'expliquer

par le fait que les sels solubles définissent la salinité, et augmentation de la conductivité électrique.

Le TDS et la salinité évoluent dans le même sens que la conductivité électrique.

Les valeurs des deux points de TDS (BH4, BH1) sont dépassées les normes algériennes 1500mg/l, ceci pourrait être expliqué par la nature des eaux souterrains qui sont fortement minéralisée influencée par la géologie des terrains traversés ou la solubilité des minéraux (la dissolution des roches carbonatées).

1.7. La Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (**Ramade, 2011**).

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde. La majorité des eaux d'irrigation dans la région saharienne en Algérie est d'origine souterraine. Les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus sec et bien souvent trois fois plus (**Segouali et al., 2022**).

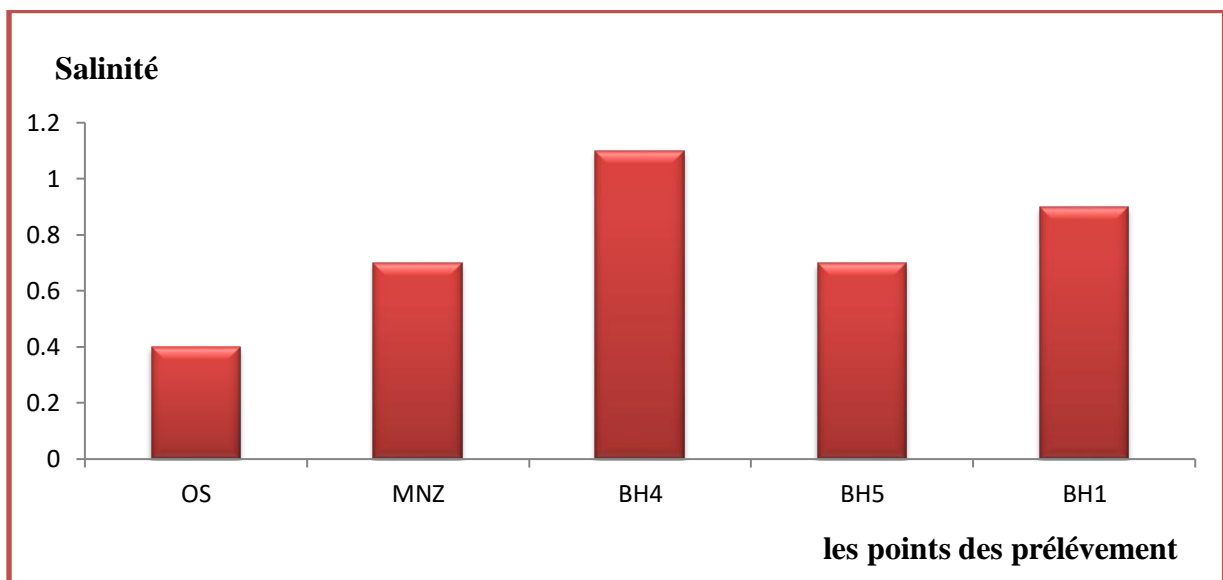


Figure N° 17 : Les variations de la salinité des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Le degré de la salinité des sols est déterminé par la conductivité électrique, d’après Guessoum (2001). La conductivité électrique définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol.

Les résultats obtenus (figure n°17), Les valeurs de la salinité des 5 sites oscillent entre une valeur maximale 1.1 % au point BH4 et une valeur minimale 0.4 % au point OS avec un moyenne 0.76 %. Ces derniers présentent ainsi une minéralisation souvent conforme par les normes OMS pour les eaux douces qui est de 1g/l.

1.8. Le Sodium (Na⁺)

C’est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol. Pour les eaux de bonne qualité chimique, la teneur en sodium doit être inférieure à 100 mg/l. La valeur proposée par l’OMS est fixée dans la limite de 200 mg/l, la même valeur préconisée par les normes algériennes (Gaagai, 2017).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un gout désagréable et ne peuvent pas être consommées (Ayad., 2017).

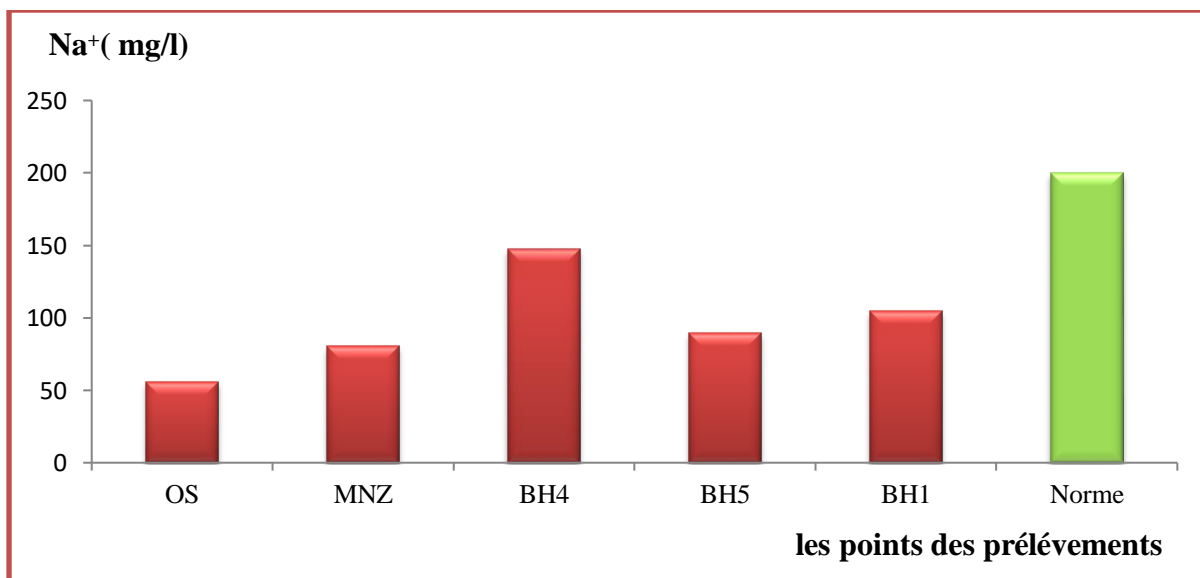


Figure N° 18 : Les variations de sodium des différents points d’eaux de la commune d’EL Hamma, Mai 2023.

Les teneurs varient entre une valeur minimale de 55.91 mg/l enregistrée dans le point OS et une valeur maximale de 147.49 mg/l enregistrée dans le point BH4 avec une moyenne 95.51 mg/l.

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, et d'après la représentation graphique obtenue (figure n°18) aucun valeur dépassant la norme Algérienne de 200 mg/l .

1.9. Le potassium (K⁺)

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se retrouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) (Gaagai, 2017).

Il joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme et règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules. Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 5 à 10 mg/l (Ayad, 2017).

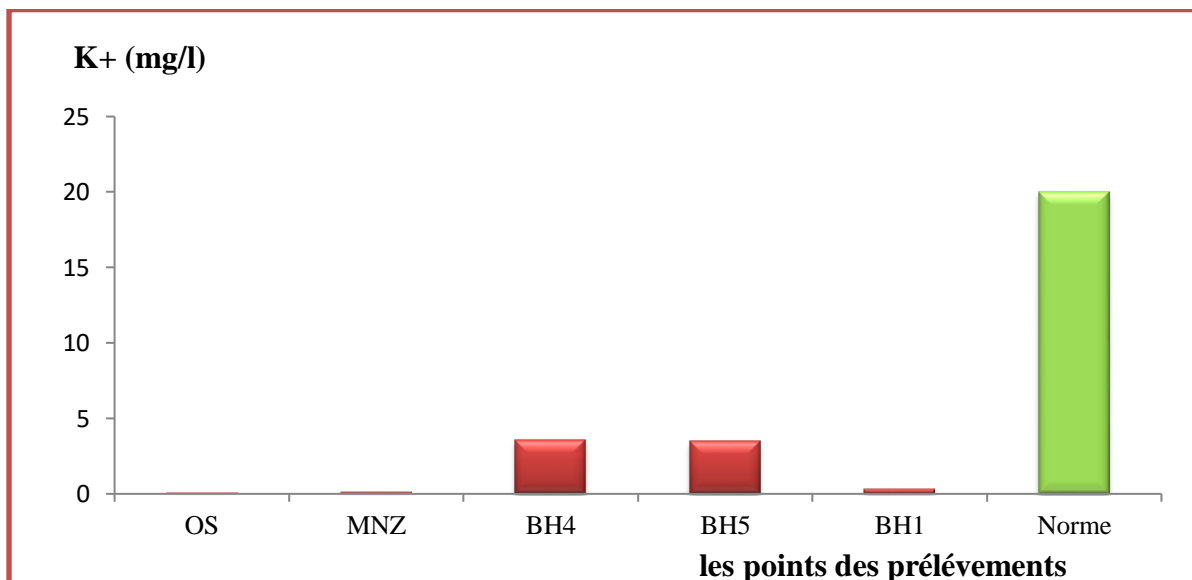


Figure N° 19: Les variations de potassium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, et d'après la représentation graphique obtenue (figure n°19). Les teneurs varient entre une valeur

minimale de 0.058 mg/l dans le point OS et une valeur maximale 3.576 mg/l enregistrée dans le point BH4 avec une moyenne de 1.513 mg/l.

Les valeurs obtenues sont acceptable et faibles par rapport à 20 mg/l qui sont la norme fixée par l'Algérie (JORA, 2014).

1.10. Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un autre élément qui constitue la dureté de l'eau ; sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. (Toumi et al., 2016).

Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles. L'organisation mondiale de la santé « OMS » recommande pour l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 500 mg/l (Mekaoussi, 2014).

L'ion calcium joue aussi un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques, composant majeur de la dureté de l'eau et élément dominant des eaux naturelles, il entre dans la constitution des squelettes et coquilles, et dans les phénomènes de perméabilité cellulaire (Louadj et al., 2019).

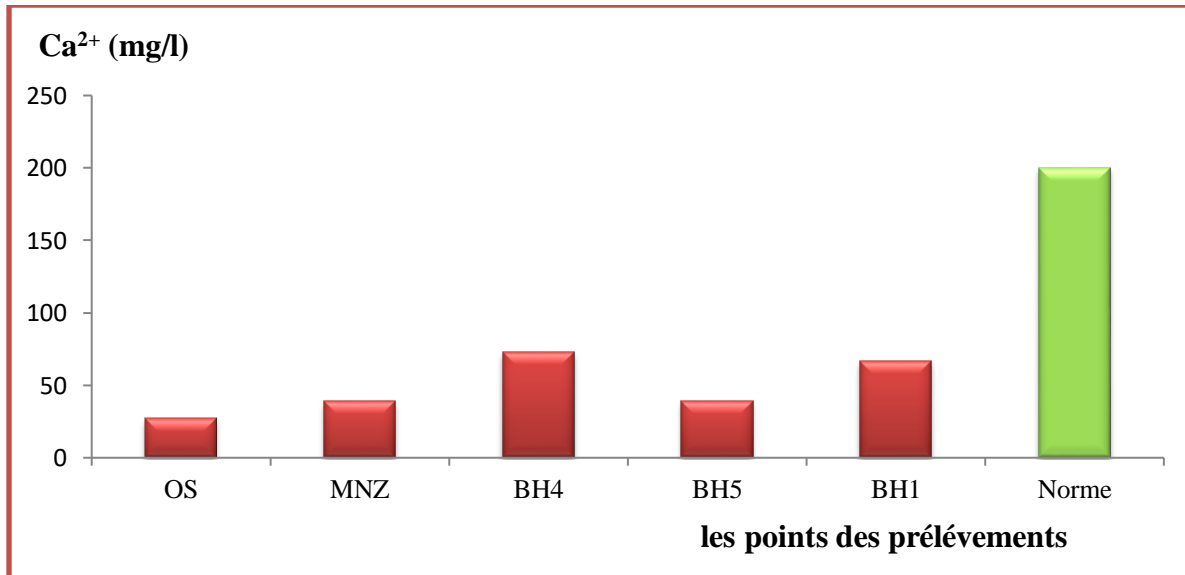


Figure N°20 : Les variations de calcium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

La valeur maximale 72.60 mg/l est enregistrée dans le point BH4, et une valeur minimale 26.95 mg/l enregistrée dans le point OS.

Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne 200 mg/l.

1.11. Le magnésium (Mg^{2+})

C'est des éléments les plus répons dans la nature, il donne un gout désagréable à l'eau (Rodier et al., 2009). La mise en solution de cet ion dans l'eau prend beaucoup de temps, il provient de la dissolution des roches magnésiennes, dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens, il provient aussi des formations métamorphiques tels que les micaschistes. Le processus de dissolution se fait selon les formules suivantes : (Gaagai, 2017).

Magnésite: $MgCO_3 \rightarrow Mg^{2+} + CO_3^-$

Dolomite: $Ca Mg (CO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + Mg^{2+} + 2CO_3^{2-}$

Selon les normes algériennes de l'eau potable pour le magnésium, fixes à 150 mg/l (JORA., 2011).

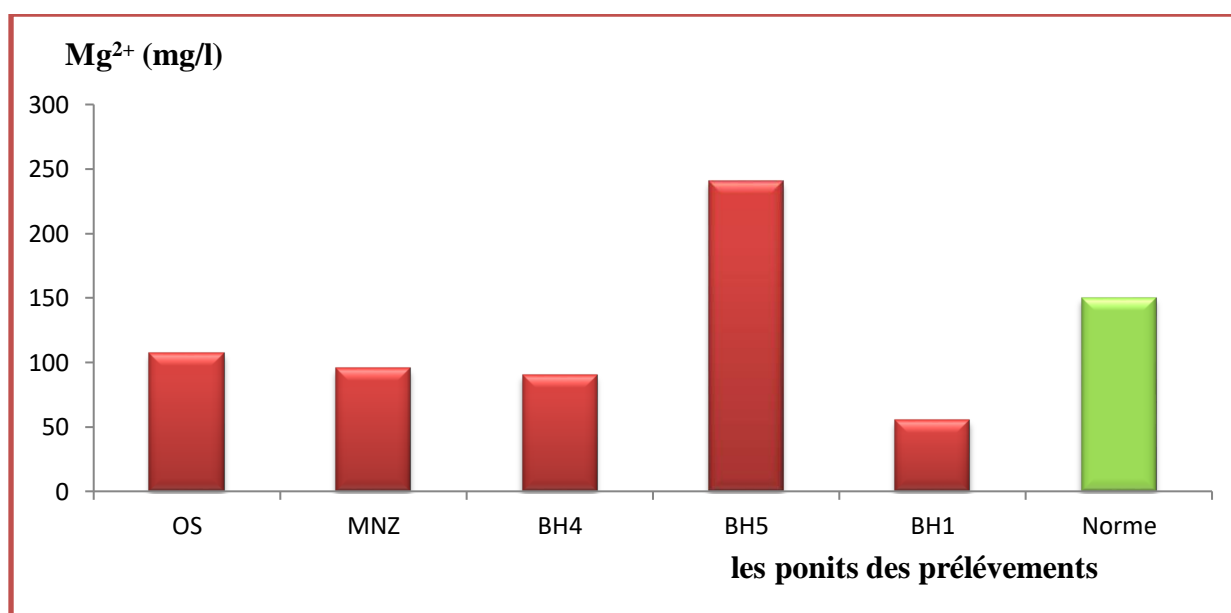


Figure N° 21 : Les variations de magnésium des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Les résultats obtenus à partir des analyses de magnésium montrent que les valeurs dosées oscillent entre 55 mg/l dans le point BH1 et 240 mg/l dans le point BH5 avec une moyenne 117.4 mg/l. Donc elles les points (OS, MNZ, BH4, BH1) ne dépassent pas la norme Algérienne de 150 mg/l.

Le point BH5 est dépassé la norme algérienne, ceci pourrait être expliqué par La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations

carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{+} .

1.12. Les chlorures (Cl)

L'ion chlorure est un paramètre chimique lié à la structure naturelle des eaux. Les chlorures existent dans toutes les eaux naturelles à des concentrations très variables (Zidi, 2021). Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (Tfeila et al., 2016).

Généralement, les chlorures servent à désinfecter l'eau, la valeur directive est limitée à 350mg/l pour les normes de l'OMS (OMS, 2008) et de 200 à 500 mg/l pour les normes algériennes (JORA, 2011).

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg.L-1 surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Ayad, 2017).

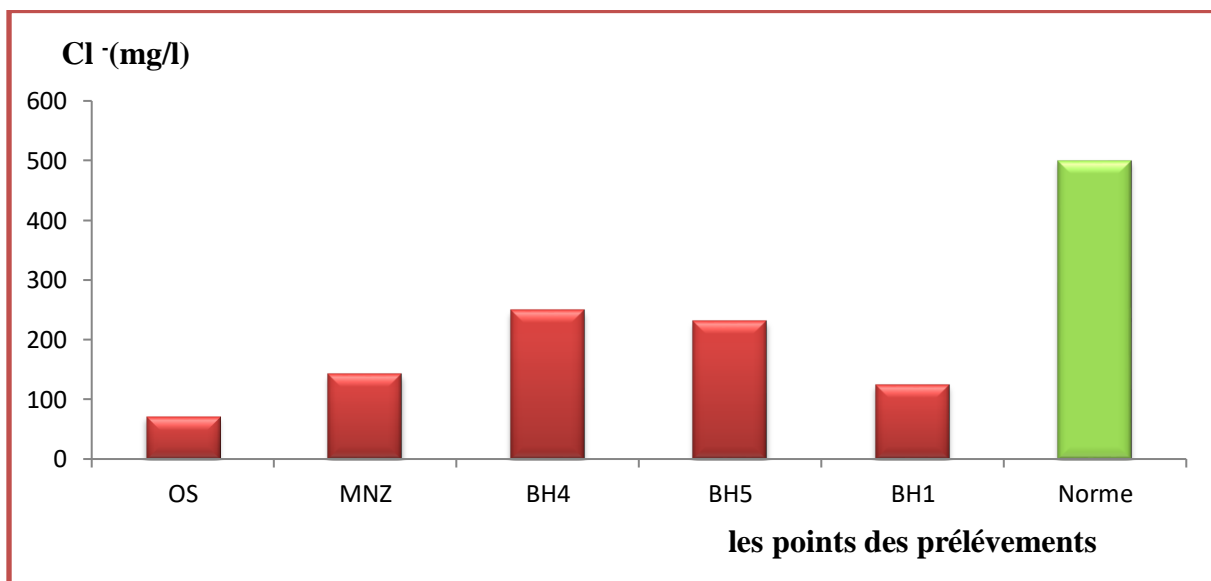


Figure N° 22: Les variations de chlorures des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

La réglementation Algérienne selon le Journal Officiel de la République Algérienne 2014 indique que la valeur limite de Cl est de 500 mg/l.

Les résultats des analyses effectuées des eaux présentent des teneurs en chlorures un peu variables entre elles avec une teneur maximale de 248,5mg/l enregistré dans le point BH4, et une teneur minimale de 71mg/l enregistré dans le point OS.

Ces valeurs de ce paramètre est inférieur à les normes algériennes 500 mg/l.

D'après (**Cheikh, 2008**), L'OMS recommande pour la teneur en chlorures dans une eau destinée à la consommation humaine une valeur guide de 250 mg/l et ceci pour des considérations gustatives et des risques de corrosion des canalisations et des réservoirs.

1.13. Les nitrites (NO_2^-)

Selon Rodier et al.(2009) les nitrites sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates.

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**Belghiti et al., 2013**).

L'existence d'une grande quantité des ions nitrites dans l'eau potable cause un état d'abaissement de pression chez les adultes et un état de suffocation à cause du manque d'oxygène dans le sang chez les nouveaux nés (**Benabderrahmane, 2022**).

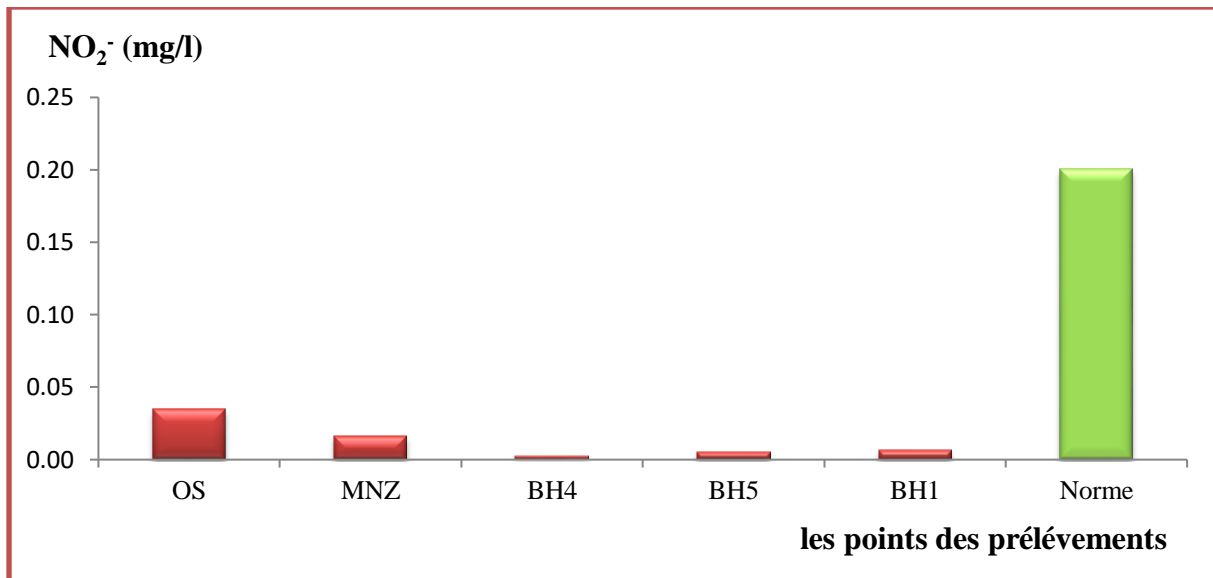


Figure N°23 : Les variations de nitrite des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Il n'y a pas une grande différence entre les différentes valeurs obtenues de nitrite, les eaux analysées. Elles sont toutes comprises dans l'intervalle 0 mg/l et 0.03 mg/l avec une moyenne 0.01 mg/l.

D'après le résultat (Figure n°23), nous remarquons que les teneurs en nitrite et très faible, car sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible et recommandé par les normes Algérienne qui fixé à 0.2mg/l (JORA, 2014).

1.14. Le sulfate (SO_4^{2-})

Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, composé naturel des eaux, il est lié aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium (Zidi, 2021).

Les ions sulfates proviennent de la dissolution du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de l'anhydrite (CaSO_4) et par l'oxydation des sulfures en sulfates dans les déchets miniers. Les ions sulfates sont très solubles et leur concentration est très variable dans les eaux naturelles. La valeur admissible pour les sulfates est de 250 mg/l pour les normes de l'OMS (OMS, 2008) et 200 à 400 mg/l pour les normes algériennes.

Des teneurs limites en sulfates sont nécessaires pour certaines industries, ainsi des concentrations élevées en cet élément, peut poser des problèmes en agriculture, pour l'irrigation et l'abreuvement. Une teneur supérieure à 480 mg/l rend l'eau impropre à l'agriculture (Gaagai, 2017).

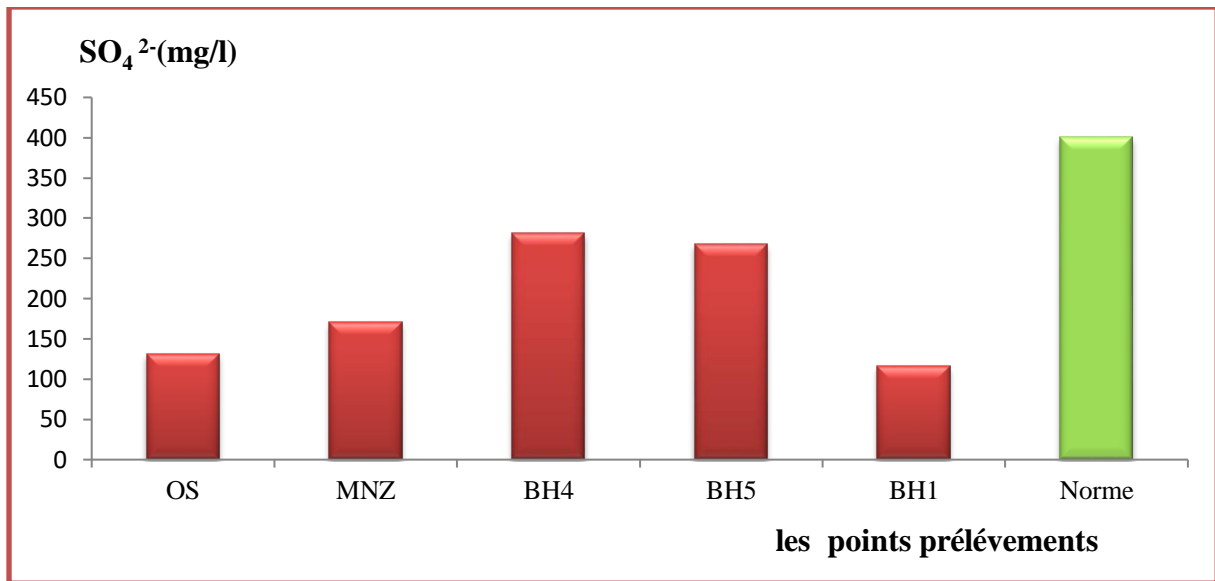


Figure N° 24: Les variations de sulfates des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

D'après des résultats de sulfates des différents points étudiés, les valeurs obtenues des eaux analysées elles sont toutes comprises dans l'intervalle 281.87 mg/l et 116.11 mg/l avec une moyenne 193.62 mg/l.

Les valeurs ne dépassent pas les normes algériennes qui fixent le taux de sulfatas à des valeurs inférieures à 400 mg/l. Ce qui est sans conséquences pour la santé des consommateurs.

1.15. Le titre alcalimétrique TA

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} .

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcaline caustique. Donc c'est la teneur en hydroxyde (OH^-) et la moitié de la teneur en carbonate (CO_3^{2-}) (Segouali, 2022).

Le titre alcalimétrique est nul pour toutes les échantillons durant la période d'étude. Cela s'explique par l'absence de carbonates, de bicarbonates et d'alcalins libres.

1.16. Le titre alcalimétrique complète TAC

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (Tfeila *et al.*, 2016).

Le titre alcalimétrique complet ou TAC c'est le volume d'acide (exprimé en ml à 0.02 mol/l en ions (H_3O^+) nécessaire pour doser 100ml d'eau en présence de méthylorange (Segouali, 2022).

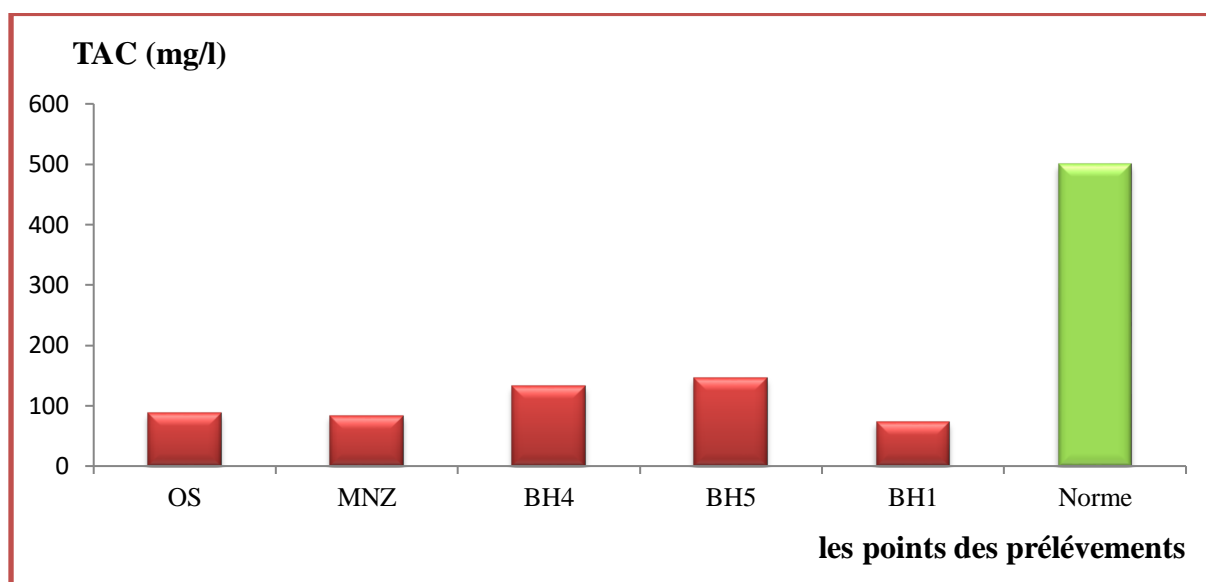


Figure N°25 : Les variations de titre alcalimétrique complet des différents points d'eaux de la commune d'EL Hamma, Mai 2023.

Les valeurs relatives de TA et TAC permettent de connaître la qualité d'hydroxyde de carbonates ou d'hydrogénocarbonates alcalins ou alcalinoterreux présenté dans l'eau.

D'après les résultats et la présentation graphique obtenu (Figure n°25), observer la tenue de TAC varié entre une valeur minimale 73.22 mg/l dans le point BH1 et une valeur maximale de 146.44 mg/l dans le point BH5 avec une moyenne 104.46 mg/l .

Généralement les valeurs acceptable et ne dépassant pas les normes algérienne 500 mg/l.

D'une manière générale, ce paramètre n'a aucun effet sur la santé humaine, mais il est d'une grande importance dans la filière de traitement de l'eau.

2. Détermination des principaux faciès hydro-chimiques

Les faciès hydro chimiques, d'après **Jaekli (1970)**, sont fréquemment utilisés en chimie des eaux pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles, comparer les eaux entre elle, revient à établir la classification ionique par le calcul des quantités en réaction, exprimées en pourcentage, d'abord des anions ensuite des cations.

De nos jours, différents logiciels interviennent dans la représentation graphique des résultats des analyses chimiques. Le logiciel diagramme, établi par son concepteur Roland Simler du laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon (LHA) en est un. Il est utilisé pour définir les faciès chimiques par représentation des données sur les diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff.

3. Représentation graphique des faciès hydro-chimiques

Pour caractériser le faciès chimique des eaux, une représentation graphique des points d'eau sur des diagrammes de Piper (1944) et celle de SCHOELLER et BERKALOFF (1935-1938) permet de donner des informations sur la qualité chimique des eaux. Et permet avoir une approche globale de la composition spatio-temporelle de déterminer les faciès chimiques des eaux.

3.1. Diagramme de piper

Le diagramme de piper a été construit avec le programme Piper issu du logiciel DIAGAMME, ceci afin de détermination les faciès chimiques d'un ensemble d'échantillons d'eaux (**Sekkiou, 2020**). Il est composé de deux triangles équilatéraux à la base surmontés d'un losange au milieu permettant de représenter les faciès hydro-chimiques des eaux par rapport à la concentration relatives des cations et des anions. Ce type de diagramme est particulièrement adapté our étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmenté ou bien pour distinguer des groupes des échantillons (**Bougandoura, 2013**).

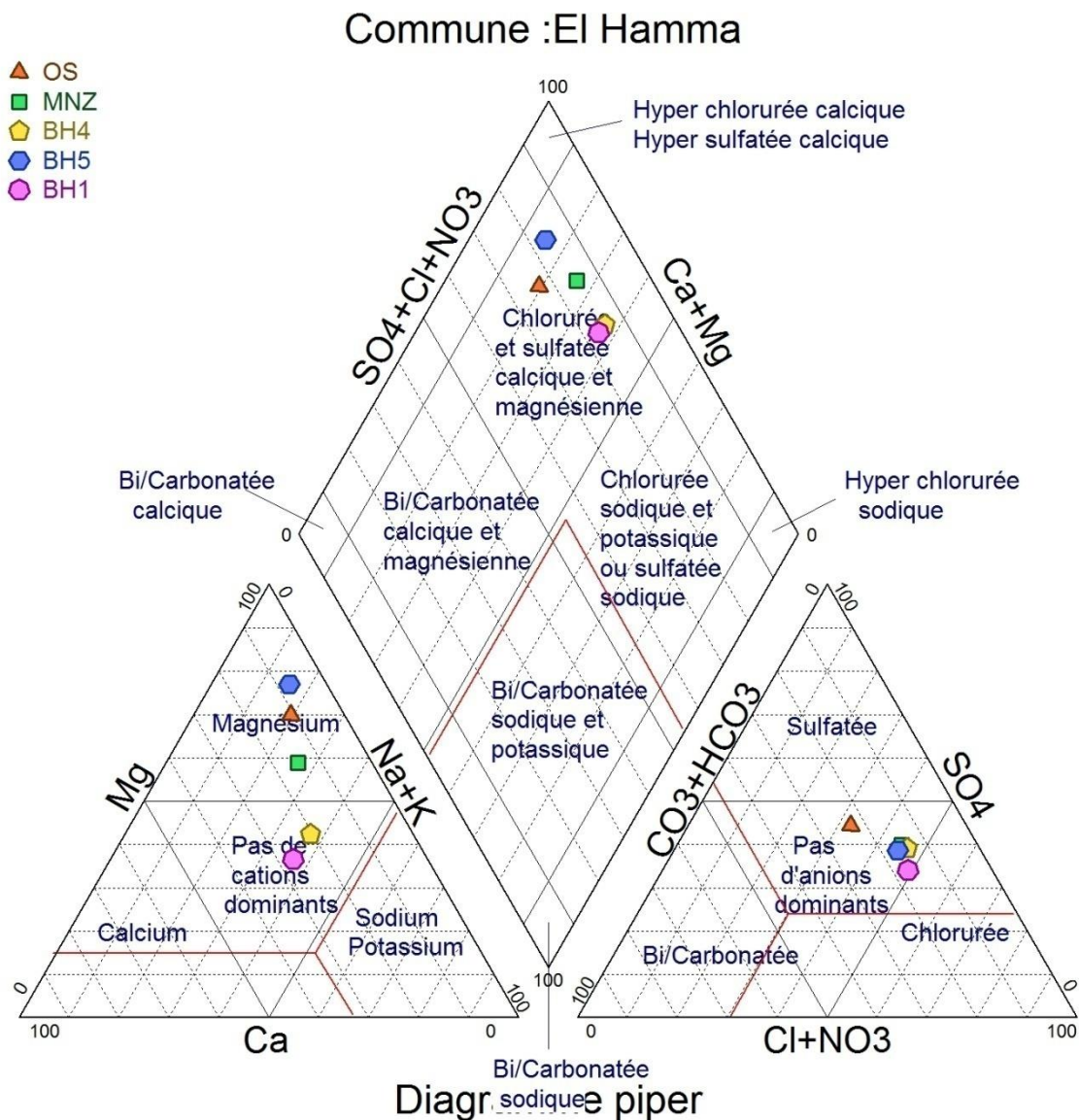


Figure N°26 : Diagramme de piper des analyses des points d’eaux de la commune d’EL HAMMA (Mai, 2023).

L’analyse de la représentation des points d’eaux de la commune d’El Hamma sur le diagramme de Piper montre que les eaux analysées sont principalement de faciès de chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

3.2. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Ce diagramme comporte une échelle logarithmique sur laquelle on porte les tenures des principaux ions en mg/l sur l'axe des abscisses. On porte de gauche à droite, à intervalle régulier (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui facilite la comparaison des résultats d'analyses de l'eau d'un ensemble d'échantillons (Sekkiou, 2020).

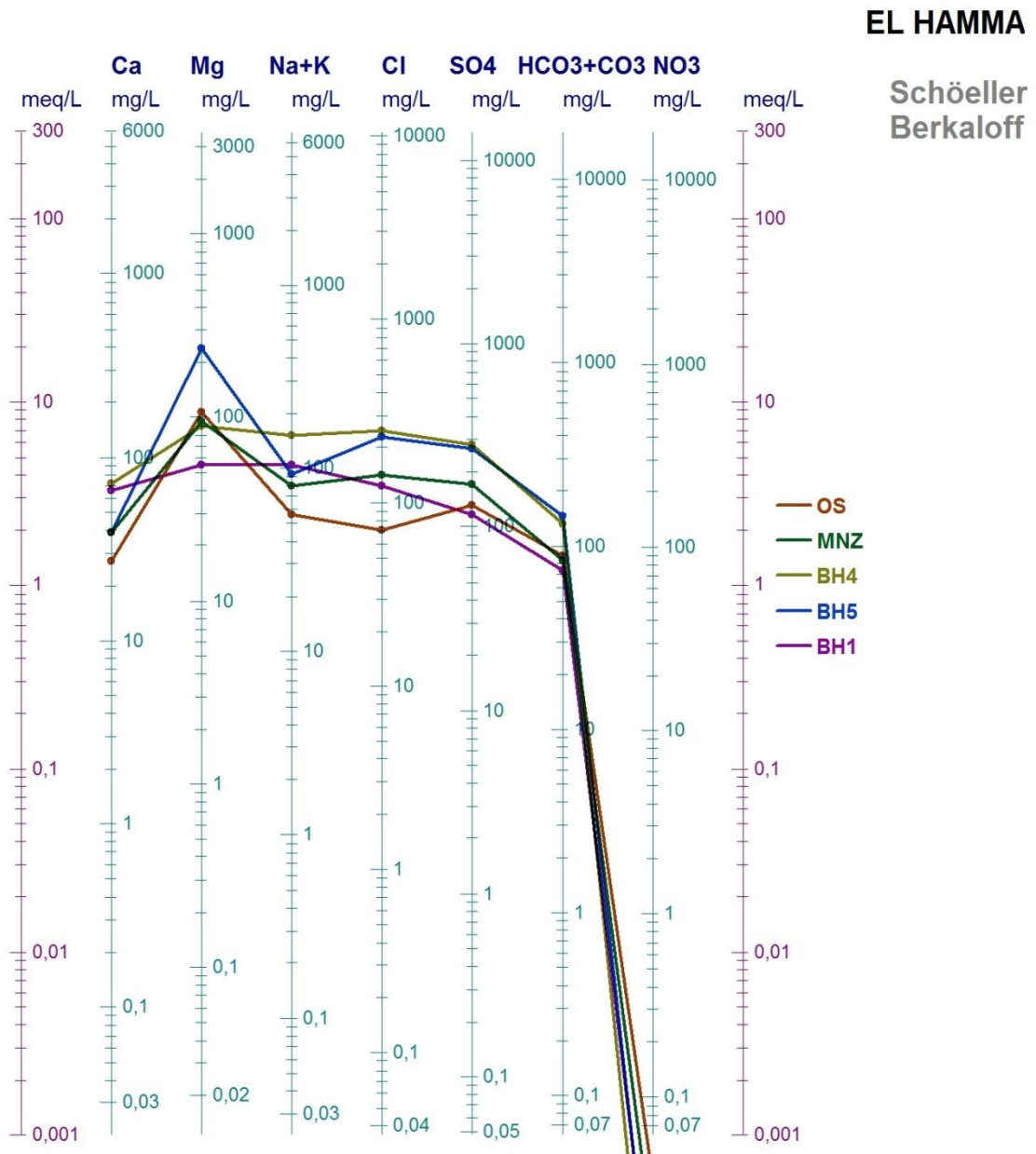


Figure N°27 : Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d'eaux de la commune d'EL HAMMA (Mai, 2023).

L'analyse du diagramme de Schoeller-Berkaloff illustre que la quasi-totalité des points d'eau de la région d'étude ayant la même allure, chloruré sodique et manganésienne. Due à la dissolution de formation plio-Quaternaire de la région d'étude.

4. Aptitude à l'irrigation des eaux de la commune d'EL Hamma

Le développement de l'agriculture dans les zones semi aride et aride rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols qui peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière est due aux échanges ioniques (du sodium, du calcium et du magnésium) entre l'eau et le sol irrigué (**Ben Aicha, 2019**).

La qualité des eaux d'irrigation est déterminante sur les risques de contamination des sols par la salinité et la sodicité et constitue un paramètre rigide non maniable qu'il importe de prendre en compte en termes de restriction à une gestion optimisée de l'irrigation (**Gorine, 2021**).

Nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation, par la méthode de Classification de Riverside

5. Diagramme de RICHARDS (Riverside)

Le diagramme de Richards est l'un des diagrammes les plus utilisés pour qualifier la souhaitabilité d'une eau à être utilisée pour irriguer les cultures. Ce diagramme (figure n°28) est essentiellement utilisé pour évaluer le risque de salinisation des sols par les eaux d'irrigation. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) et l'indice d'adsorption du sodium (SAR en anglais) aussi appelé "pouvoir alcalisant" qui est une mesure du risque de la sodisation du sol causé par l'irrigation. Le diagramme est découpé en quatre classes de salinité (axe des abscisses) et quatre classes de risques de sodisation (axe des ordonnées) (**Zereg, 2019**).

Le diagramme permet de définir par une plusieurs classes d'eau, présentant chacune un danger de salinisation et d'alcalinisation variable, les plus caractéristiques sont quatre qui sont:

- **Classe S1C1** : Eau à salinité faible (C1) convenable pour l'irrigation de toutes les cultures avec faible risque (S1) d'accumulation des sels sauf pour les sols à faible perméabilité.

- **Classe S2C2** : Eau de salinité moyenne (C2), convenable pour l'irrigation avec précaution (S2) d'une dose de lessivage des cultures semi résistantes.
- **Classe S3C3** : Eau à salinité élevée (C3) ne convient pas aux sols à faible capacité de drainage (S3), les cultures doivent être résistantes.
- **Classe S4C4** : Eau à salinité très élevée (C4), ne convient pas à l'irrigation sous conditions ordinaires, pour quelles soit utilisée un drainage adéquat doit être mis en place pour des cultures résistantes.

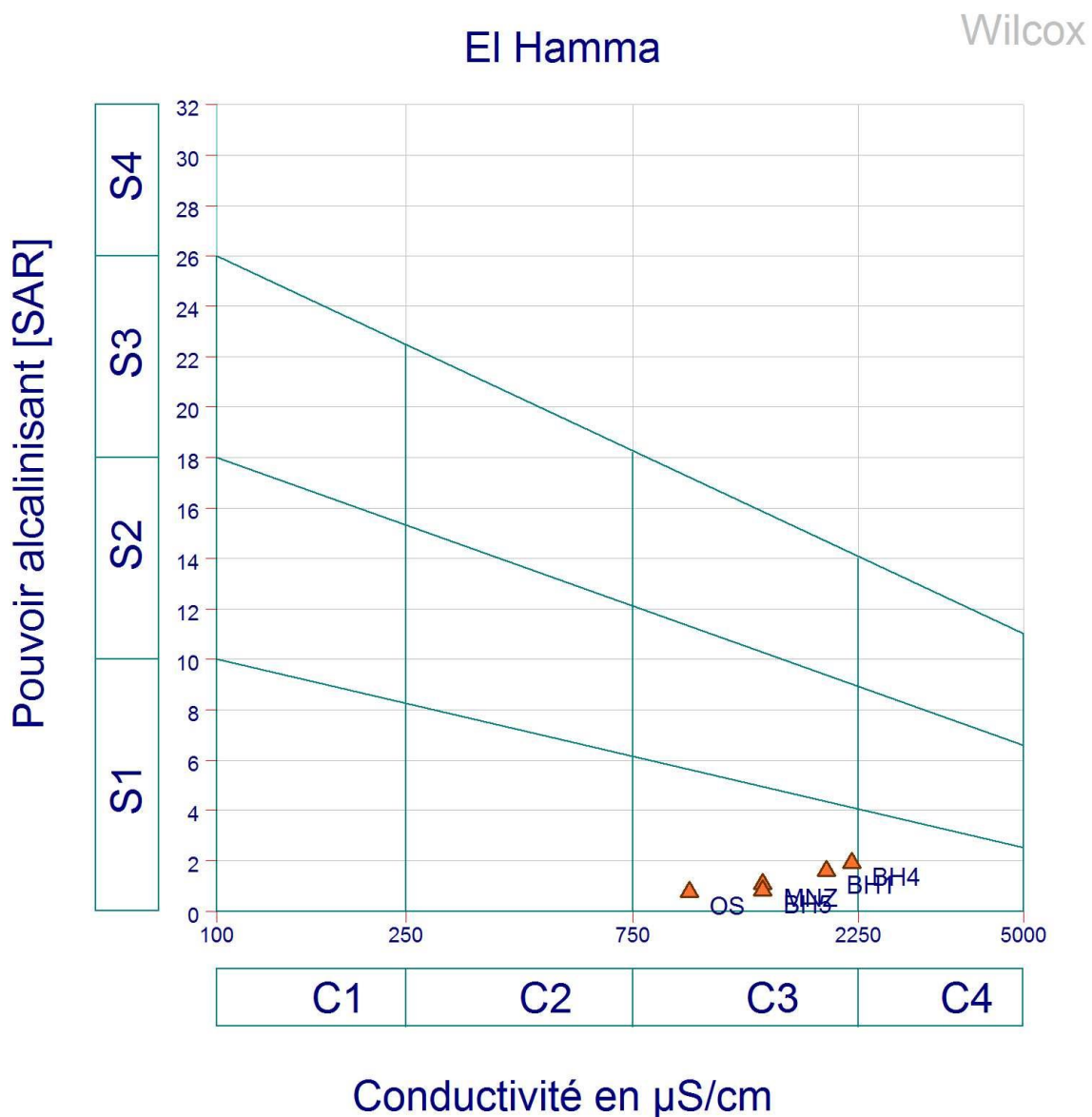


Figure N°28 : Diagramme de RICHARDS (Riverside) des analyses des points d'eaux de la commune d'EL HAMMA (Mai, 2023).

La représentation des échantillons analysés sur le diagramme de Riverside montre que les eaux de la zone d'étude appartiennent à la classe C3S1. Elles se manifestent par une eau à salinité élevée (C3) convenable pour l'irrigation de toutes les cultures avec faible risque (S1) d'accumulation des sels sauf pour les sols à faible perméabilité.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et l'aptitude à l'irrigation, des eaux de la commune d'El Hamma.

Au cours de cette étude nous avons mis en évidence les points suivants :

La commune d'El-Hamma couverte une superficie de 168, 21 Km², elle se trouve entourée par la wilaya d'Oum El Bouaghiau Nord, Au sud la commune de Tamza, la commune de Khenchela à l'Est, et la commune de Touzienta l'Ouest.

L'étude climatologique a montré que la région d'étude appartient au climat semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations annuelles pour la période de l'ordre 446 mm, et une température moyenne annuelle de 18.18 °C, avec une température moyenne maximale 32 °C au mois de Juillet et température moyenne minimale au mois de Janvier 6 °C.

La géologie de la zone d'étude apparait des terrains du plio-Quaternaire et du Crétacé.

Au cours de cette étude nous avons mis en évidence les cinq points suivants suivant la distribution totale de la population de la commune.

En effet, pour la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés (pH, Température, Conductivité, TH, Salinité, L'oxygène dissous, TDS, TAC, TA, Sodium, Potassium, Calcium, Magnésium, Nitrite, Sulfate, , Chlorure), présentent des résultats conforme aux normes algériennes de potabilités pour les stations de prélèvement, sauf le cas de la TDS dans les points BH4 et BH1.BH5, sont dépassées les normes algériennes 1500mg/l, ceci pourrait être expliqué par la nature des eaux souterraines qui sont fortement minéralisées influencées par la géologie des terrains traversés ou la solubilité des minéraux (la dissolution des roches carbonatées).et la salinité dans le forage BH45(université Abbs Laghrour).

La représentation des échantillons analysés sur le diagramme de Riverside montre que ces eaux sont convenables et acceptables à l'irrigation des cultures dans des conditions normales.

La qualité d'une eau potable est fonction de plusieurs variables : les caractéristiques de la région (sol, température,...), le traitement, le stockage, la distribution...

Conclusion générale

En fin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de l'eau au niveau de la commune d'El Hamma, et pour une meilleure maîtrise de la qualité physicochimique, il est judicieux voire même nécessaire de programmer des analyses de contrôle périodique, afin de bien suivre l'évolution de cette qualité.

Les références bibliographiques

Les références bibliographiques

A

A.D.E, Algérienne des eaux laboratoire d'analyses unité de kenchleia.

Aouidane, (2017). Origines de la salinisation des eaux et des sols d'une zone à climat semi-aride : Cas de Remila (W. Khenchela) thèse de Doctorat. Université Mohamed Khider Biskra. P 36- 53.

Ayad, 2017. Evaluation De La Qualite Physico-Chimique Et Bacteriologique Des Eaux Souterraines : Cas Des Puits De La Region D'el-Harrouch (Wilaya De Skikda). Thèse De Doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba. P 1- 19- 21- 65 - 85

Azlaoui, Zenati., 2019. Evaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau consommée au site de l'université Ziane Achour de Djelfa. Mémoire de master Université Ziane Achour –Djelfa. P 13-36.

B

Bouzekri, 2015. Evaluation Multicritere Des Situations Critiques Au Risque De La Desertification Dans Les Aures (Algerie). Thèse De Doctorat. Université EL HADJ LAKHDAR- BATNA. P 17- 26- 27-36.

Belaloui, 2020. Etude De La Qualité Physico Chimiques Des Eaux De Consommation De La Ville De Djamaa. Mémoire De Master. Université Mohamed Khider –Biskra Faculté Des Sciences Et De La Technologie. P1.

Belghiti, Chahlaoui, Bengoumi, El Moustaine., 2013. Etude de la qualité physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de mekné (MAROC). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 21-36.

Benabderrahmane., 2022. Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres de qualité des eaux de la nappe phréatique de la région d'oued M'Zab. Elimination des phosphates par les graines d'olive activé. Thèse Pour l'obtention du diplôme de Doctorat. Université de Ghardaïa. P 1- 19 – 55.

Ben Aicha, 2019. Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation de la région de Tolga. Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra. P 5- 25

Les références bibliographiques

Bencheikh, 2012. Etude de la qualité physico- chimique et microbiologique des thermales de hammam El- Charef, hammam zelfana et l'eau minérale de zamzam ainsi que leur activité antibactériennes et anti oxoclacique. Mémoire Magister en Biologie. Université ZIANE ACHOUR de DJELFA. P 33.

Bentadjine, Boutaleb., 2021. Caractérisation physico-chimique et évaluation de l'aptitude à l'irrigation des eaux souterraines de la partie aval de l'oued Kébir (Jijel, NE Algerien). Mémoire de master. Université Mohammed Seddik Ben Yahia-Jijel. P 1.

Bougdoura, 2013. Tracage chimique de quelques sources d'eau du Nord-Est des Aurés (w. Khenchela). Mémoire de magister. Université Abbas Laghrour Khenchela. P 77- 79.

Bouziani ,2000. L'eau De La Penurie Aux Maladies. Edition Ibn-Khaldoun. P 135, 136.

C

Chapman, (1996). Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London.

D

Derwich E, Beziane Z, Benaabidate L, Belghyti D., 2008. Evaluation De La Qualite Des Eaux De Surface Des Oueds Fes Et Sebou Utilisees En Agriculture Maraichere Au Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 59-7

Dhwene, 2005. Qualité des eaux superficielles dans le bassin hydrographique constantinois-Seybouse-Mallegue. Ministère Algérien des Ressources en Eau.

E

Esser, Benine., 2016. Etude comparative de la qualité des eaux des différentes nappes de la région d'El Oued (Souf). Mémoire de master. Universite elchahid hamma lakhdar el ouadi. P 52.

G

Les références bibliographiques

Gaagai., 2017. Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement. thèse de doctorat. Université Mostefa Benboulaïd –BATNA 2. P 17- 18.

Gaagai., 2009. Etude Hydrologique Et Hydrochimique Du Bassin Versant Du Barrage De Babar Sur Oued El Arab Region Est De L'algerie. Mémoire De Magister. Université De Batna. P

Gorine., 2021. Etude et modélisation des processus hydrogéochimiques de salinisation et de sodisation des sols. Cas des sols du périmètre irrigué de la MINA (Relizane). Thèse de doctorat. Université Abdel Hamid Ibn Badis Mostaganem. P 42- 48.

Gregorio C., Pierre-Marie B., (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 356 p.

Guergazi, Achour., 2005. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, Larhyss Journal, 4,119-127.

Guerrabe H, Yousfi M., 2015. Protection Contre Les Inondation L'oued El Hamma (Wilaya De Khenchela). Mémoire De Master. Université Larbi Ben M'hidi – Oum El Bouaghi –. P 2.

Guerzou F., 2008. Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude en Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Biologie. P56.

H

Henri L., (2012). L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p

I

Ilal, Cherfaoui., 2018. Contribution a l'évaluation de la qualité physico- chimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA. P 6 - 24.

Les références bibliographiques

J

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),, 2014. Dècret Exècutif N° 14-96 Du 2 Joumada El Oula 1435 Correspondant Au 4 Mars 2014 Modifiant Et Complétant Le Relatif ‡ La Qualité De L'ie au De Consommation Humaine. P14.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),, 2011. Décret exécutif n° 11-125du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, les Vergers : Bir-Mourad Rais, Alger, Algérie.

K

Khabtane., 2015. contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN). Thèse de doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine. P 35-42.

Khaldoun L.,(2015). Recherches Phréatobiologiques Dans La Région De Khenchela (Sud Est Algérien) : Qualité De L'eau Des Puits, Biodiversité, Ecologie Et Biogéographie Des Espèces Stygobies. These De De Doctorat. Universite Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi. P 1- 18-41- 43.

Khelif ., 2018. Impact de l'irrigation avec les eaux usées sur la qualité des sols agricoles et des eaux souterraines de la région de Fesdis. Région Nord de Batna. Thèse de doctorat. Universite batna1-batna- . p 54 - 57 .

Kolli F + Lemouchi O .,(2020). Contribution à l'Etude climatique et bioclimatique de barrage chaffia dans la wilaya El Tarf. Mémoire de Master. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA. page21

Kouidri Nee Belala., 2006. Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-eltorba de la wilaya de bechar par filtration sur sables. Memoire de magister. Université Hassiba Benbouali de chlef. P 14 19.

L

Les références bibliographiques

Labed Amina., (2014). Biodiversité et dynamique spatio - temporelle de la communauté phytoplanctonique de la zone humide artificielle du Barrage Koudiet M'douar (Timgad. Batna).

Ladjel S., (2009). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p

Lakhdari , Bouaicha ., 2016. Diagnostic de la qualité des eaux de source et thermales De la Wilaya de Saida-Algérie- Effets thérapeutiques. Mémoire de mastre. Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem. P 24-37-38-39.

Louadj, A., Naceur, M., Elfil, H. (2019). Pollution par précipitation des carbonates de calcium des eaux saumâtres selon les zones de métastabilité. Academic Journal of Civil Engineering, 36(1), 615-619.

M

Margat., (2006). Exploitation et utilisations des eaux souterraines dans le monde.Coédition : UNESCO et BRGM.

Mekaoussi., 2014. Comportement Des Elements Chimiques Dans Les Eaux De Surface De Hammam Debagh (Est Algerien).Mémoire De Magister. Université Hadj Lakhdar –Batna. P 6- 60.

Messikh, Guerraichi., 2020. Etude de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux destinée à la consommation humaine du forage Ras El Ain (boumerzoug) constantine. Mémoire de Master. Université des frères Mentouri Constantine 1. P 1

N

Nechem , (2009). Qualité des eaux des sources thermales : Cas des source de Djebel Safia (Hadjar Soud), Nord Est Algérien, Mémoire de Magister., Hydrogéologie environnementale et modélisation, Faculté des sciences de la Terre , Département de Géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 64p.

O

Les références bibliographiques

OMS, 2017. Organisation Mondiale de la santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition p 227.

OMS, 2008. Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed. Vol 1. Incorporating the first and Second Addenda, WHO, Geneva (2008): ISBN 978 92 4 154761 1.

OMS, 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ième édition, Vol. 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

Ouanassi, Salhi.,2021. Etude de la possibilité d'une éventuelle réhabilitation et mise en eau dans le barrage de Foum El Geuiss, Kais, wilaya de Khenchela (N, E Algérien). Mémoire de master. Université Larbi Tebessi –Tébessa. P 26-48.

Ouanes, 2020. Effet de changements climatiques sur la qualitedes eaux souterraines de la plaine de f'kirina de law. D'oum el bouaghi. Thèse De Doctorat. Université 8 Mai 1945 Guelma. P 28 - 29 - 66.

R

Ramade, 2011 - Introduction à l'écochimie, les substances chimiques et l'écosphère à l'Homme Ed. Lavoisire. Paris

Ramade, (1984). Éléments d'écologie, écologie fondamentale, édit, Mc-Graw &Hill, Paris, 397 p

Ramade françois. éléments d'écologie : écologie appliquée. 6 ème édition. dunod.belgique : (2005).864 p

Ramdane, Tiguercha., 2015. Etude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source «Alma, Tamazrit Ourabah» de la commune de Mizrana, Wilaya de Tizi-ouzou. Mémoire de Master en biologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. P 42, . (ce 38)

Rejsek F. (2002). ANALYSE DES EAUX ; Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617-420-8 ; (M.96) p360

Remini., (2010). La problématique de l'eau en Algérie, Larhyss Journal, N° 08, PP : 27-46.

Richard, LA., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. handbook 60, Wash.,USDA, DC, p. 160

Les références bibliographiques

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. Et Rodi L. (2005). L'Analyse de l'Eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, Eaux de Mer. 8ème Edition, DUNOD, Paris. P 1384.

Rodier J., Legube B., Merlet N. Et Brunet R. (2009). L'analyse d'eau. 9ème Ed, Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-054179-9.

S

Salhi, Ounassi., 2022. La Géologie Général De La Wilaya De Khenchela (Ville De Kais). Journal Of Cognitive Issues ISSN 2602-7542. P 374 - 380.

Salima Djoudi., (2018). Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la plaine de f'kirina nord est algerie.

Segouali , Zerdoudi., 2022. La Qualité Physico-chimique de l'eau Potable de la région de Guelma. Mémoire de master. Université 8 mai 1945 Guelma. P 10 - 12.

Sekkiou., 2020. Caractérisation physico-chimiques des eaux du massif de Chelia-Aurés-Khenchela. thèse de doctorat. Université Abbas Laghrour Khenchela. P 47- 48.

T

Tampo L., Ayah M., Kodom T., Tchakala I., Boguido P., Bawa L., Djaneye B., (2014). Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé : cas des quartiers de Démakpoé et d'Agbalépédogan (Togo), Journal of Applied Biosciences, N° 75, PP: 6272– 6281.

Tfeila, Ouled Kankou, Souabi, bouhassan,Taleb, ouezmarni., 2016. Suivi de la qualité physicochimique de l'eau du fleuve Sénégal: Cas du captage du Beni Nadji alimentant en eau potable les wilayas de Nouakchott (Monitoring of water physico-chemical quality of the Senegal River: he case of capture of Beni Nadji supplying drinking water of the Wilaya of Nouakchott). J. Mater. Environ. Sci. 7 (1) (2016) 148-160 Tfeila et al. ISSN : 2028-2508.

Toumi, Reggam, Alayat, Houhamdi., 2016. Caractérisation physico chimique des eaux de l'écosystème lacustre : cas du Lac des Oiseaux (Extrême NE- Algérien). J. Mater. Environ. Sci. 7 (1) (2016) 139-147 Toumi et al. ISSN : 2028-2508.

Z

Les références bibliographiques

Zidi., 2021. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux d'Oued Méskiana (Oum El Bouaghi) sur les sols de la région de Méskiana. Thèse de doctorat. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. P 45-54-55.

Les sites de Web :

[fr.db-city.com](#) › [Afrique](#) › [Afrique du Nord](#) › [Algérie](#) › [Khenchela](#)

Résumé

Résumé

Qualité des eaux destinées à la consommation humaines et à l'utilisation agricole (cas de la commune d'EL HAMMA)

L'eau est la base de la vie et l'homme l'utilise dans toutes les activités de sa vie. L'effet de la qualité de l'eau d'irrigation sur les cultures est une source de préoccupation pour les agronomes et les économistes.

Etant donné l'importance de l'eau pour la vie des êtres vivants en terre, ce travail s'intéresse tout particulièrement à étudier la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la région d' El Hamma situé au ouest de la ville de Khenchela durant la période de Mai 2023 , pour garantir la santé des citoyens et leur aptitude à l'irrigation.

Pour conséquent, nous avons analysé plusieurs paramètres (PH, Température, Conductivité, TH, Salinité, L'oxygène dissous, TDS, TAC, TA, Sodium, Potassium, Calcium, Magnésium, Nitrite, Sulfate, , Chlorure) de l'eau ont été comparés aux normes algériennes de potabilité .

Les résultats obtenus de toute l'expérimentation sont généralement avérés conformes aux exigences de potabilité nationales.

Les valeurs des quatre points de TDS (BH4, BH5, BH1, MNZ) sont dépassées les normes algériennes 1500mg/l, ceci pourrait être expliqué par la nature des eaux souterrains qui sont fortement minéralisée influencée par la géologie des terrains traversés ou la solubilité des minéraux (la dissolution des roches carbonatées).

La représentation des résultats d'analyse sur les diagrammes d'aptitude à l'irrigation des eaux de la région d'étude montre que ces eaux convient et acceptable à l'irrigation des cultures dans des conditions normales.

Mots clés : L'eau, Paramètres physico-chimique, Khenchela, potabilité, EL Hamma, aptitude à l'irrigation

Résumé

ملخص

نوعية المياه المخصصة للاستهلاك البشري والزراعي (حالة بلدية الحامة)

الماء أساس الحياة ويستخدمه الإنسان في جميع أنشطة حياته. يعد تأثير جودة مياه الري على المحاصيل مصدر قلق للمهندسين الزراعيين والاقتصاديين. نظرًا لأهمية المياه في حياة الكائنات الحية على الأرض، فإن هذا العمل يهتم بشكل خاص بالجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب في منطقة الحامة الواقعة غرب مدينة خنشلة خلال فترة مايو 2023 لضمان صحة المواطنين وقدرتهم على الري. لذلك، قمنا بتحليل العديد من المعلمات

الملوحة، الأكسجين المذاب، درجة الحرارة، الموصلية، الصلابة كمية الاملاح الذائبة، درجة الحموضة، الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، النتريت، الكبريتات، الكلوريد) للمياه تم مقارنتها بمياه الشرب الجزائرية المعايير. أثبتت النتائج التي تم الحصول عليها من جميع التجارب عمومًا أنها تتوافق مع متطلبات القابلية صلاحية مياه منطقة الدراسة للري أن هذه المياه مناسبة للشرب الوطنية باستثناء حالة المواد الصلبة الذائبة في النقطة ومقبولة لري المحاصيل في ظل الظروف العادية.

الكلمات المفتاحية المياه، المعايير الفيزيائية والكيميائية، خنشلة، صلاحيتها للشرب، الحامة، الري.

Abstract

Quality of water intended for human consumption and agricultural use (case of the municipality of EL HAMMA)

Water is the basis of life and man uses it in all the activities of his life. The effect of irrigation water quality on crops is a source of concern for agronomists and economists. Given the importance of water for the life of living beings on the ground, this work is particularly interested in the physico-chemical quality of drinking water in the region of El Hamma located west of the city of Khenchela (boreholes) during the period of May 2023, to guarantee the health of citizens and their ability to irrigate.

Therefore, we analyzed several parameters (PH, Temperature, Conductivity, TH, Salinity, Dissolved Oxygen, TDS, TAC, TA, Sodium, Potassium, Calcium, Magnesium, Nitrite, Sulfate, Chloride) of the water have been compared to Algerian drinking water standards. The results obtained from all the experimentation are generally proven to comply with national potability requirements except for the case of TDS in point BH4 and BH1.

The suitability for irrigation of the waters of the study area shows that these waters are suitable and acceptable for the irrigation of crops under normal conditions.

Résumé

Keywords: Water, physico-chemical parameters, Khenchela, potability, EL Hamma, irrigation

Les Annexes

Les Annexes

- Les Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques

Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques de l'eau potable. (OMS., 2006. JORA., 2014).

Les Paramètres physicochimiques	Unité	Normes O.M.S	Normes Algériennes
Couleur	mg/l platine	Pas de valeur guide	15
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Acceptable	4
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Acceptable	4
Température	°C	/	25
pH	/	7-8.5	≥6,5 - 9≤
Conductivité électrique à 20°C (CE)	μS/cm	/	2800
Turbidité	NTU	5	5
Oxygène dissous	mg. O ₂	5	5
Chlorures	Mg/l	/	500
Dureté Totale	Mg/l	500	200
Calcium	Mg/l	/	200
Magnésium	Mg/l	/	150
Nitrates	Mg/l	50-100	50
Nitrites	Mg/l	/	0 ,2
Fer	Mg/l	Pas de valeur guide	0.3
Sulfate	Mg/l	500	400
Sodium	Mg/l	pas de valeur guide	200
Phosphore	Mg/l	pas de norme	5

Les Annexes

Potassium	Mg/l	250	20
Ammonium	Mg/l	Pas de contraintes	0.5
Résidu sec	Mg/l	/	1500
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	/	500
TDS	Mg/l	1200 (OMS, 2017)	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1500 mg/l