



Mémoire MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Écosystèmes

Présenté par :

Ghouari Ismahane

Kellil Aya

Thème

Contribution à l'étude des paramètres physiques et chimiques des eaux de la région de BEGAGA commune d'El-HAMMA (W.Khenchela)

Devant le jury :

Président : M^{me} BERKANI Cherifa -MCB-

Université de Khenchela

Encadrante : M^{me}. MEZHOUD Amel -MAA-

Université de Khenchela

Examinatrice : M^{me} OUANES Miyada -MCB-

Université de Khenchela

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciement

Nos remerciements avant tout au Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réaliser ce modeste travail.

*En premier lieu en premier lieu je m'adresse mes sincères remerciements à Notre encadrante, **Mme MAZHOUD AMEL**, pour son entière disposition, sa patience et sa gentillesse, de nous avoir orienté, aidé et conseillé. Nous sommes en sincèrement son très reconnaissants.*

Aux différents membres de jury qui nous ont fait honneur et on bien voulu examiner ce modeste travail.

*Nous remerciements aussi adressés à tous les personnels du laboratoire de L'ADE Khenchela et précisément **Mr SLIMANI MOUNIR** qui est participé étroitement à l'avancée de nos recherches et à la réalisation des études expérimentales.*

Grand merci a tous les enseignants (es) du département de Biologie de l'université Abbes Laghrour Khenchla qui ont contribué à Notre formation.

Sans oublier tous les agents et les travailleurs du département de biologie.

Enfin, nous désirons remercier nos familles et nos amis et camarades qui nous ont apporté leur soutien incessant pendant toute la durée de travail.

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail à :

*A la personne la plus chère Qui n'a pas été présent dans tous les grands moments de ma carrière d'étude, mais sa présence dans mon cœur est éternelle et joyau de ma vie la femme qui a fait de moi ce que je suis maintenant, ma tendre mère **BOUDJELLEL FATIMA**. La miséricorde de Dieu sur eux*

*À la personne la plus digne de mon estime et mon respect, mon père **NOURE EDDINE**. Que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.*

*À mes chers frères **Lazhar, Baha Eddine et Aissa** et mes belles sœurs **Halima, Bouthayna, Safa, Maroua**, Pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.*

*A Ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir mes adorables tantes **Leïla et Soria**.*

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, mon compagnon de vie, mon fiancé **Sami** pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.*

*A mes beaux-parents **Yassina et Djalloul** tout d'appréciation et de respect à vous, que Dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

*Tous ceux qui m'aiment et ceux qui j'aime surtout mes amies : **Kamer, Manar, Rania, Chahira, Fadhila, Bouchra, Houda***

*A mon binôme **Kellil Aya** qui a partagé avec moi, les bons et les durs moments.*

Toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin.

À toute la promotion master protection des écosystèmes.

ISMAHANE GHOUARI

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents

A mon marie "Haroune", mes frères

Bourhane eddine, Nazime, Israà, Fakhr eddine, adem , aser.

A la mère de mon marie "Hamida"

A mes collègues :

Ismahane Chahira, Nour El houda , Wissel, Chaima, Hibat

Arrahmane.

AYA KELLIL

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	
Chapitre 1 : Description de la zone d'étude	
Introduction	01
1.1.1 Situation géographique de la wilaya de Khenchela	01
1.1.2 Cadre administratif	01
1.1.3 Situation hydrogéologie et hydrographique de Khenchela	02
1.2.1 Situation géographique de la ville El Hamma	03
1.2.2 Situation sur le plan régional	04
1.2.3 Situation hydrogéologie et hydrographique d'EL-Hamma	04
Chapitre 2 : Etude hydro-climatique	
Introduction	05
2.1 Climatologie de la zone d'étude	06
2.1.1 Les facteurs climatiques	07
2.1.1.1 La température	07
2.1.1.2 La pluviométrie	08
2.1.1.3 L'humidité	09
2.1.1.4 Les vents	10
2.1.2 Synthèse climatique	11
2.1.2.1 La méthode d'Euverte	11
2.1.2.2 Indice d'aridité	12
2.1.2.3 Indice ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS	14
2.1.2.4 Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger	15
2.1.3 Le bilan hydrique	16
2.1.3.1 Estimation de l'évapotranspiration (ET)	17
2.1.3.1.1 Evapotranspiration réelle (ETR)	17
2.1.3.1.1.1 ETR selon la formule de Turc	17
2.1.3.1.1.2 ETR selon la formule de Thornthwaite	17
2.1.3.1.2 Evapotranspiration potentielle (ETP)	18
2.1.3.1.3 Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)	19
2.1.3.1.4 Interprétation du bilan hydrique	21
2.1.3.1.5 Estimation du ruissellement et de l'infiltration	21
2.1.3.1.5.1 Ruissellement	21
2.1.3.1.5.2 L'infiltration	22
Chapitre 3 : Matériel et méthodes	
Introduction	23
3.1 Echantillonnage	23
3.1.1 Fréquence et mode de d'échantillonnage	24
3.1.2 Matériels de prélèvements	24
3.1.3 Transport et conservation des échantillons	24
3.2.1 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau	25
3.2.2 Procédure des analyses	25
3.2.3 Prélèvement de l'eau	25

Table des matières

3.2.4 Lieu et durée du stage	26
3.2.5 Matériels utilisés	27
3.2.6 Appareils utilisés	27
3.3 Electrochimique	28
3.3.1 Température et pH	28
3.3.2 La conductivité	29
3.3.3 La turbidité	30
3.3.4 Sodium	31
3.4 Paramétrer physico-chimique	31
3.4.1 L'azote Ammoniacal	31
3.4.2 Les nitrites	32
3.4.3 Le nitrate	33
3.4.4 Ortho-phosphate	34
3.4.5 Les sulfates	35
3.4.6 Le fer	37
3.5 La volumétrie	38
3.5.1 Les chlorures	38
3.5.2.1 Calcium et Magnésium	39
3.5.2.2 Le magnésium	41
3.5.3 Dureté TH	41
3.5.4 TAC/TA	42
3.5.5 La Matière organique	43
3.5.6 Résidu sec	43
3.6 Les paramètres bactériologiques	44
3.6.1.1 Technique de prélèvement bactériologique	44
3.6.1.2 Matériel de prélèvement	45
3.6.2 Recherche et dénombrement des coliformes	45
3.6.2.1 Recherche de coliformes Totaux	46
3.6.2.2 Recherche des coliformes Fécaux	46
3.6.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques Fécaux	46
3.6.4 Recherche et dénombrement des Spores de Clostridium Sulfito-réducteurs	47
3.6.4.1 Dénombrement des germes sporulés sulfito-réducteur	48
3.6.5 Numération des germes totaux	48

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Introduction	51
4.1 Résultats des analyses de l'eau	51
4.2 Les principaux paramètres physico-chimiques	51
4.2.1 Les paramètres physiques	51
4.2.1.1 La température	51
4.2.1.2 Le potentiel hydrogène	52
4.2.1.3 La conductivité électrique	54
4.2.1.4 La turbidité	55
4.2.1.5 La dureté	56
4.2.2 Les paramètres chimiques	57
4.2.2.1 Chlorure	57
4.2.2.2 Calcium	58

Table des matières

4.2.2.3 Magnésium	59
4.2.2.4 Sulfate	60
4.2.2.5 Sodium	61
4.2.2.5 Bicarbonate	62
4.2.2.6 Titre Alcalimétrique Complet	63
4.2.2.7 Fer	64
4.2.3 Les éléments nutritifs	65
4.2.3.1 L'azote ammoniacal	65
4.2.3.2 Nitrites	66
4.2.3.3 Nitrate	67
4.2.3.4 Les phosphates	68
4.2.4 Les éléments organiques	69
4.2.4.1 Matière organique	69
4.2.4.2 Résidu Sec	70
4.3 Les paramètres bactériologiques	71
4.4 Détermination des principaux faciès hydro-chimiques	72
4.4.1 Représentation graphique des faciès hydro-chimiques	72
4.4.1.1 Diagramme de Piper	73
4.4.1.2 Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF	74
4.4.2 Aptitude à l'irrigation des eaux de la région de Begaga (commune d'EL Hamma)	75
4.4.2.1 Classification de Riverside	75
Conclusion générale	
Les références	
Résumé	

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE	Algérienne Des Eaux
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
°C	Degrés Celsius
µs	Micro siemens
CE	Conductivité électrique
Km²	Kilomètre carré
L	Litre
m/s	Mètre par second
Mg⁺	Magnésium
mm	Millimètre
pH	Potentiel hydrogène
EDTA	Ethyle diamine tétra acétique
NTU	Unité Néphélométrique Turbidité
ONM	Office National de Météorologique
NaOH	D'hydroxyde de sodium
P	Puit
F	Forage
ETP	Evatranspiration potentielle
ETR	Evatranspiration réelle
RFU	Reserve Facilement utilisable
H⁺	Le cation hydrogène
MO	Matière organique
Na⁺	Sodium
RS	Résidu sec
OH	Hydroxyle

LISTE DES TABLEAUX

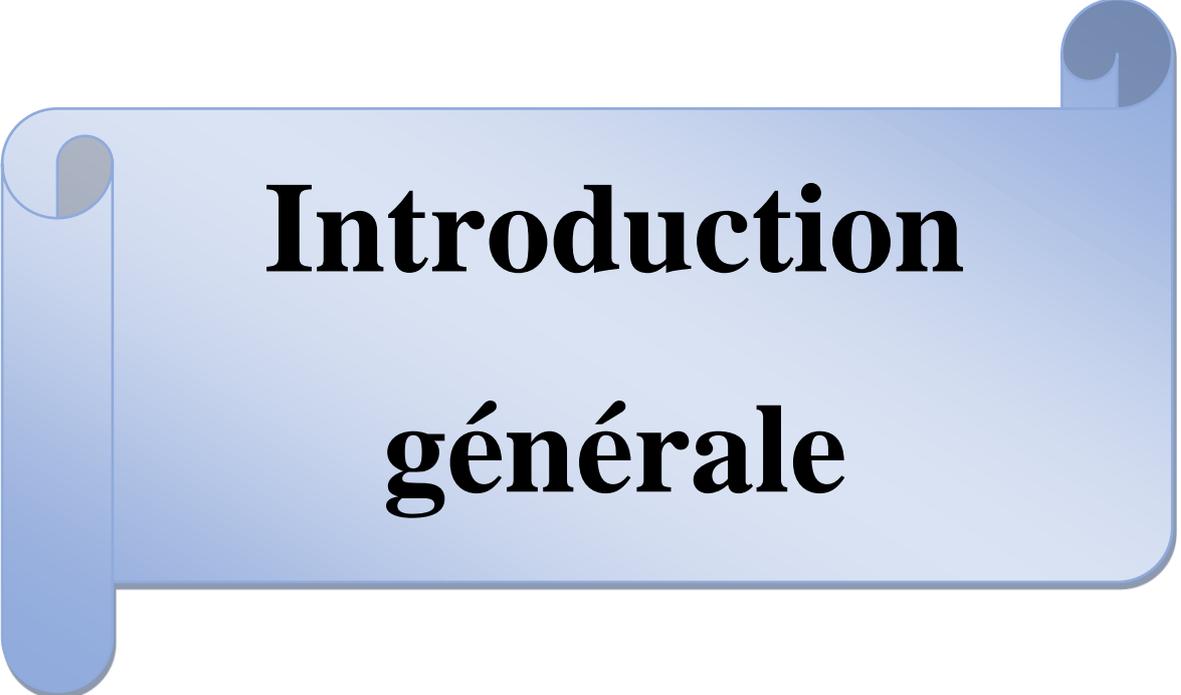
Tableau n°	Titre	Page n°
01	Division administrative de la Wilaya de Khenchela	01
02	Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma	07
03	Méthode d'Euverte période (2010-2021)	12
04	ETR selon la formule de turc	17
05	ETR selon la C.W Thornthwaite	18
06	Bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station de Khenchela	20
07	Les résultats de ruissellement	22
08	Les résultats de l'infiltration	22
09	Matériels et Appareils utilisés dans laboratoire physico-chimique	27
10	Normes physico-chimiques des eaux souterraines	27
11	Classification des eaux selon la conductivité.	30
12	Classes de turbidités usuelles (NTU)	31
13	La potabilité en fonction des résidus secs.	44
14	Les résultats des différents paramètres bactériologiques de site étudié de la région de Begaga (commune d'EL-HAMMA, Mai 2022).	72

LISTE DES FIGURES

Figure n°	Titre de figure	Page n°
01	Carte hydrologique de la Wilaya de Khenchela	03
02	Carte administrative de la Wilaya de la commune d'El-Hamma	04
03	Étages bioclimatiques de l'Algérie	06
04	Répartition moyenne de la température mensuelle de la commune d'EL-Hamma de la période (2010-2021)	08
05	Histogramme de variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2010-2021)	09
06	Histogramme de variation d'humidités moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2010-2021)	10
07	Histogramme de variation des vitesses des vents mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période de (2010-2021)	11
08	Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude	13
09	Diagramme Ombrothermique, (2010-2021)	14
10	Le Climagramme d'Embergie pour la zone d'étude	16
11	Représentation graphique du bilan hydrique	20
12	Les prélèvements et la conservation d'eaux	24
13	Carte d'inventaire des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL Hamma)	26
14	Appareil de PH Mètre	29
15	Appareil de Conductimètre	30
16	Appareil de Turbidimètre	30
17	Expression des résultats de Sodium	31
18	Expression des résultats d'azote Ammoniacal	32
19	Expression des résultats de nitrite	33
20	Expression des résultats de Nitrate	34
21	Expression des résultats de ortho-phosphate	35
22	Expression des résultats de sulfate	36
23	Expression des résultats de fer	38
24	Expression des résultats de chlorure	39
25	Expression des résultats de calcium	41
26	Expression des résultats de la dureté	41
27	Expression des résultats de TA et TAC	42
28	Expression des résultats de Matière organique	43
29	Expression des résultats de résidu sec	44
30	Les déférents analyses bactériologiques.	50
31	Les variations de température des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'El Hamma, Mai 2022)	52
32	Les variations de pH des différents points d'eaux de la région Begaga (commune d'EL HAMMAa, Mai 2022)	53
33	Les variations la conductivité électrique des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	54
34	Les variations la turbidité des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	55

LISTE DES FIGURES

35	Les variations de la dureté des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	56
36	Les variations de chlorure des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	57
37	Les variations de Calcium des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	59
38	Les variations de magnésium des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	60
39	Les variations de sulfate des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	61
40	Les variations de sodium des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	62
41	Les variations de bicarbonate des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	63
42	Les variations de TAC des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	64
43	Les variations de fer des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	65
44	Les variations des ammoniums des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	66
45	Les variations des nitrites des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	67
46	Les variations des nitrates des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	68
47	Les variations des phosphates des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).	69
48	Les variations des matières organiques (MO) des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).	70
49	Les variations de résidu sec des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022)	71
50	Représentation des échantillons des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA) sur le diagramme de Piper	73
51	Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL Hamma)	74
52	Représentation des échenillions des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA) sur le diagramme de Riverside	76



Introduction
générale

Introduction générale

Introduction générale

La terre est généralement appelée la planète Bleue car l'eau représente trois quarts de sa surface. L'eau est l'élément essentiel sur notre planète, car elle entretient la vie sur terre pour l'homme (**Kherifi et Achi, 2016**).

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98 % de ces eaux sont des eaux marines. Les 2 % restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs ... A cause de leurs utilisations multiples, ces eaux continentales sont d'une très grande importance pour les activités humaines, pour les activités domestiques comme la consommation et les loisirs, pour les activités agricoles et halieutiques et pour les activités industrielles. Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme, ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable (**Groga, 2012**).

Parmi les sources en eaux exploitées, celles souterraines constituent la principale source d'approvisionnement. Elles sont la plus abondamment consommées (plus de 70%) et constituent une ressource naturelle très précieuse pour diverses activités humaines (**Buhungu et al., 2018**).

Les activités humaines influent donc sur la quantité et la qualité des ressources en eau et de l'eau souterraine en particulier. Les statistiques nous font croire tout d'abord que, sur l'ensemble des eaux de la surface terrestre, seulement 3 % sont constitués d'eaux douces et 97 % d'eaux salées. D'autre part, l'eau souterraine représente 30 % de ses réserves en eau douce, la plus grande partie étant représentée par les glaciers (**Lutete 2012**).

Les eaux souterraines (puits, forages, sources) se retrouvent au sein d'une multitude de pores, fractures et autres interstices des formations géologiques. Les nappes d'eau souterraine sont formées par la percolation de l'eau de pluie, l'eau de surface et de ruissellement à travers les sols et les roches (**Edmunds, 2008**).

Cette réaction naturelle entre l'eau et la roche provoque une large diversité dans le caractère minéral des eaux souterraines, communiquant des propriétés intrinsèques comme la dureté et la salinité (**Banton, 1999**).

La pollution des eaux est l'un des problèmes qui préoccupe toute l'humanité. Cela résulte des activités humaines, la multiplication et de la croissance des industries le long des fleuves ou rivières, ainsi que de l'extension rapide des zones urbaines qui déversent leurs eaux usées épurées ou non dans le réseau fluvial.

Introduction générale

En Algérie les nappes phréatiques jouent comme ailleurs un rôle fondamental qui conditionne toute forme de vie et tout développement socioéconomique, agricole et industriel. Cette division en 5 grands bassins hydrographiques, a pour but d'adapter, dans chaque région, la gestion et la disponibilité en fonction de l'importance du peuplement et de l'activité économique (**Khaldoun, 2015**).

Plus de 75 à 90% de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Dans notre pays, elles constituent une part importante du patrimoine hydraulique et sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable du fait de son exploitation relativement facile et qu'elles sont à l'abri des polluants que les eaux de surface (**Merzoug et al., 2010**).

Il existe de nombreux paramètres qui permettent de quantifier les éléments physiques ou chimiques (température, pH, CE, turbidité, la dureté, MO ...) et plusieurs indicateurs de la charge polluante (**Bennamoun, 2018**).

L'objectif principal de notre étude est la connaître de la qualité physique et chimique et bactériologique de la région de Begaga qui située dans la commune d'El-Hamma (W-Khenchela).

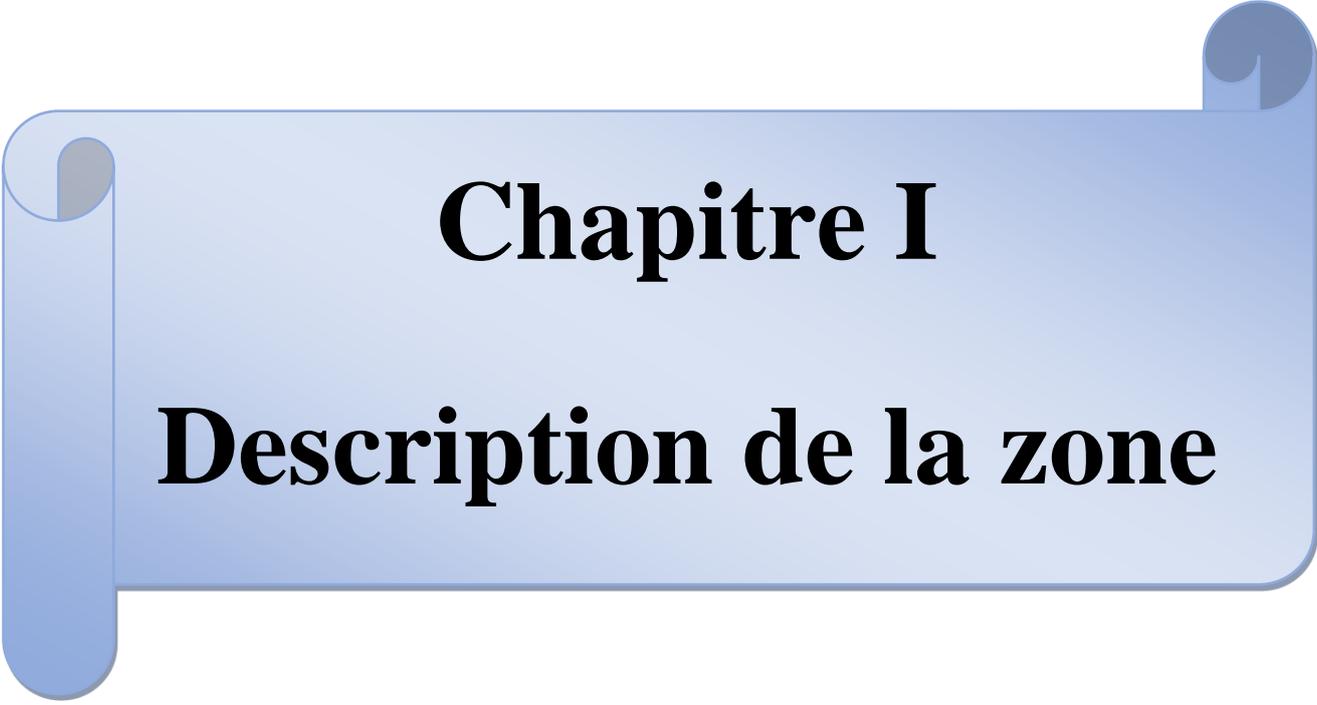
Pour cette raison il faut répondre à questions suivantes :

- Quelle est l'état actuel de la qualité physico-chimique de la région d'étude ?
- Quelle sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évaluation des éléments chimiques dans la région d'étude ?

Pour réaliser ce travail nous nous sommes basés sur la méthodologie suivante :

- Après l'introduction, dans le premier chapitre est consacré à la description générale de la zone d'étude et principales caractéristiques géographique et géologique;
- Le deuxième chapitre est l'étude climatique qui contient toutes les analyses de donnée météorologique;
- Dans le troisième chapitre présent une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologique de la qualité des eaux du la région de Begaga commune d'El-Hamma;
- Le quatrième chapitre porte sur résultats et discussions ainsi que leur interprétation et leur discussion des résultats expérimentaux obtenus.

Enfin, une conclusion générale résumera l'ensemble du travail réalisé.



Chapitre I

Description de la zone

Introduction

Avant toute étude de qualité de l'eau la reconnaissance du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques du lieu et les facteurs influençant sur la qualité des eaux.

1.1.1 Situation géographique de la Wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située à l'Est de l'Algérie, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est, et entre 35° 7' et 35° 38' de longitude Nord. La wilaya de Khenchela est limitée :

- Au Nord : par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au Nord-ouest : par la wilaya de Batna ;
- Au Sud-ouest : par la wilaya de Biskra ;
- Au Sud : par la wilaya d'El Oued ;
- A l'Est : par la wilaya de Tébessa (**Khabtane, 2010**).

1.1.2 Cadre administratif

Actuellement le territoire de la Wilaya est composé de 21 communes regroupées en huit Daïra (dont 05 Daïra créées en 1990)

Tableau 01 : Division administrative de la Wilaya de Khenchela.

Daïra	Communes
Khenchela (C.L.W)	Khenchela
El-Hamma	El-Hamma, Nsigha, Tamza, Baghai
Ain Touila	Ain Touila, Mtoussa
Kais	Kais, Taouzient, Rmila
Bouhamama	Bouhamama, Chelia Msara, Yabous
Baber	Baber
Chechar	Chechar, djellal, Kheirane, Ouldja
Ouled Rechache	Ouled Rechache, Mahmel

(**Bouafia, 2015**).

Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km². Sur le plan géographique, la région de Khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé

géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud.

La surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du Nord, et de ce fait la région se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie Ouest de la wilaya.
- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya.
- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés, d'oasis et de basses plaines. Elle est caractérisée par sa vocation agro-sylvo-pastorale ou la superficie agricole représente 22% les forêts 12%, et la steppe représente 49%, de la superficie totale (**Anonyme, 2001**).

1.1.3 Situation hydrogéologie et hydrographique de Khenchela

Le réseau hydrographique de la zone est de type endoréique, il est assez dense sur la quasi-totalité du territoire. (**Figure01**)

L'aire urbaine de Khenchela est traversée du Nord-est au Sud-est par l'Oued Baghai.

- La commune d'El Hamma est drainée du Nord au Sud par l'Oued El Hammam;
- La commune de Baghai est traversée par plusieurs Oueds parmi lesquels nous citons Oued Aimer au Nord-est et Oued Baghai au Nord-ouest;
- La commune d'Ensigna est drainée par plusieurs Oueds, dont les plus importants sont Oued Aimer au Nord-est, Oued Mahdi et Oued Djemri au centre, et Oued Bou Madjeur au Sud;
- Enfin, Oued Zoni au Nord-est, Oued Oullalet Oued Fournis au Sud traversent la commune d'El Mahmel.

Les ressources en eau de l'aire d'étude proviennent, essentiellement, des eaux souterraines, à l'exception de la commune de Baghai qui dispose aussi d'un potentiel en eaux superficielles destiné à l'irrigation, Les eaux de hammam El Salhine sont drainées par Oued El Kissen, d'une longueur de 6 km, et qui prend naissance sur les hauteurs des Aurès et longe les hautes plaines de Rémila pour se terminer dans Chott Ezzahar (**CENEAP, 2009**).

1.2.2 Situation sur le plan régional

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

La commune d'El-Hamma est défini par les coordonnées suivantes :

$$X=898.00 \quad Y=249.50 \quad Z = 1180.00$$

Les cordonnées sont relevées à partir de la carte d'état-major à L'échelle 1/50000.

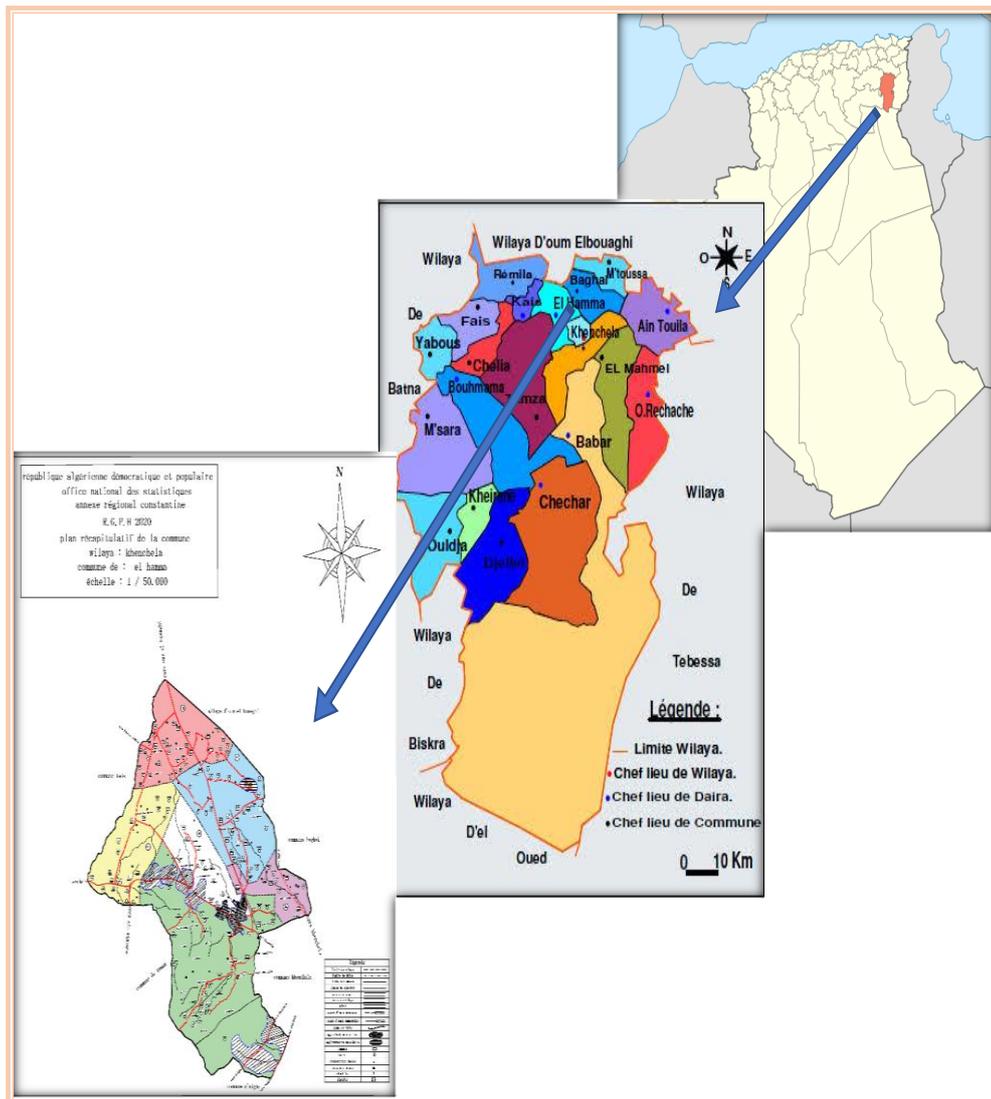
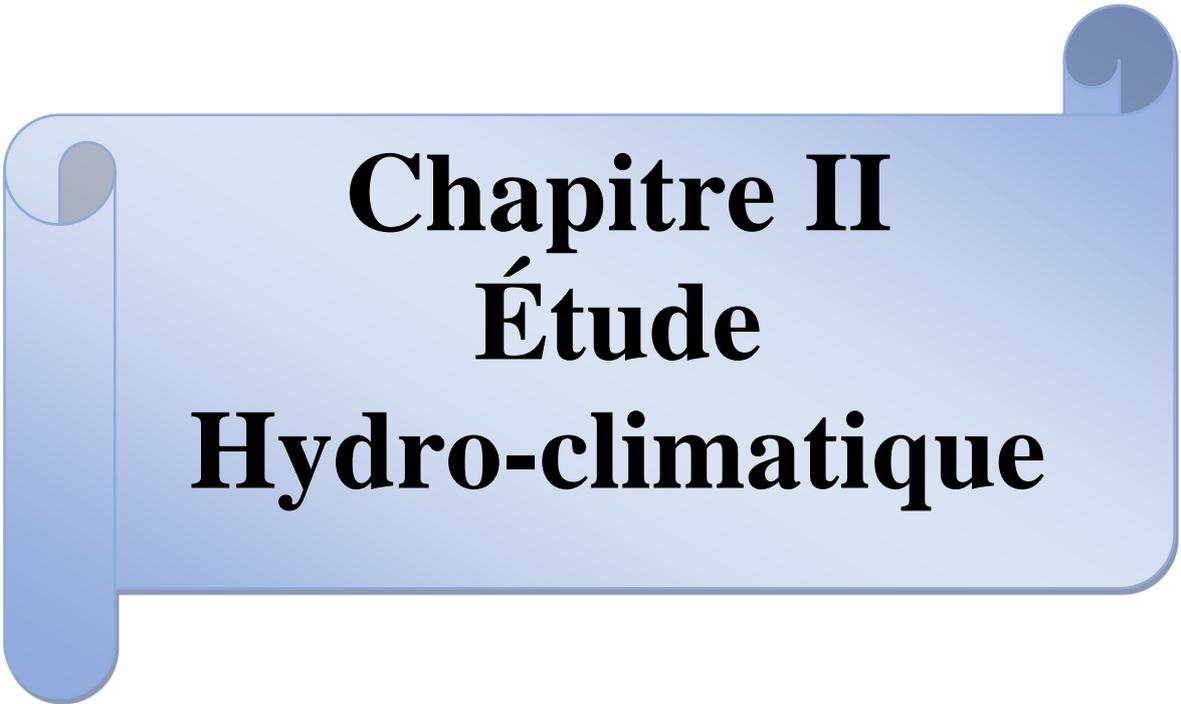


Figure 02 : Carte administrative de la commune D'El-Hamma.

1.2.3 Situation hydrogéologie et hydrographique d'EL-Hamma

La nappe se trouve dans la région à un niveau statique de 50 m au minimum. 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 (Guerrabe, 2015).



Chapitre II
Étude
Hydro-climatique

Introduction

La climatologie est la science qui étudie le climat, son histoire, mais aussi son futur probable. Elle est une science récente qui s'est fortement développée au cours des vingt dernières années. Elle nécessite une approche interdisciplinaire, qui rassemble des physiciens, mathématiciens, chimistes, informaticiens, géologues...etc. (**Benlatreche, 2006**).

Le climat est un terme que nous avons tendance à utiliser vaguement. En fait, les gens confondent parfois le climat avec la météo. La météo est la combinaison de la température, de l'humidité, des précipitations, du vent, nébulosité et autres conditions atmosphériques se produisant à un lieu et heure spécifiques. Le climat est la moyenne à long terme météorologique et produisant à un lieu et heure spécifiques. Le climat est la moyenne à long terme météorologique et peut être locale (**Smith, 2015**).

Est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui se produisent au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle. Cette définition s'apparente à celle du climatologue Max Sorre qui le définit comme étant l'ambiance atmosphérique constituée par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle. Le climat se distingue également selon les régions (équatoriale, tropicale, tempérée, etc.) (**Sankara, 2010**).

La variabilité climatique désigne une transformation à court terme du climat d'un lieu donné. Une mesure de cette transformation et les modifications que subissent des paramètres climatiques comme la température, le vent et la précipitation. (**Hermès, 2008**).

L'Algérie s'étend du Nord (Mer Méditerranée) au Sud (Sahara) sur plus de 2 000 km en profondeur. Mais, les montagnes de l'Atlas Tellien et de l'Atlas Saharien divisent ce territoire en bandes orientées Est-Ouest : celle de la côte et de l'Atlas Tellien – celle des Hautes Plaines et de l'Atlas Saharien - celle du Sahara (**Projet GEF/PNUD, 2009**).

Les trois étages bioclimatiques qui constituent le climat méditerranéen de l'Algérie se distinguent par :

- Un étage bioclimatique subhumide sur la côte et dans l'Atlas
- Un étage bioclimatique aride sur les Hautes Plaines et dans l'Atlas Saharien
- Un étage bioclimatique désertique (hyper-aride) dans la région saharienne (**Ben Hamidouche, 2017**).

Selon la carte des étages bioclimatiques de l'Algérie (figure03) les cinq bassins versants de la partie Nord-Ouest sont caractérisés par les différents climats : semi-aride, subhumide et aride.

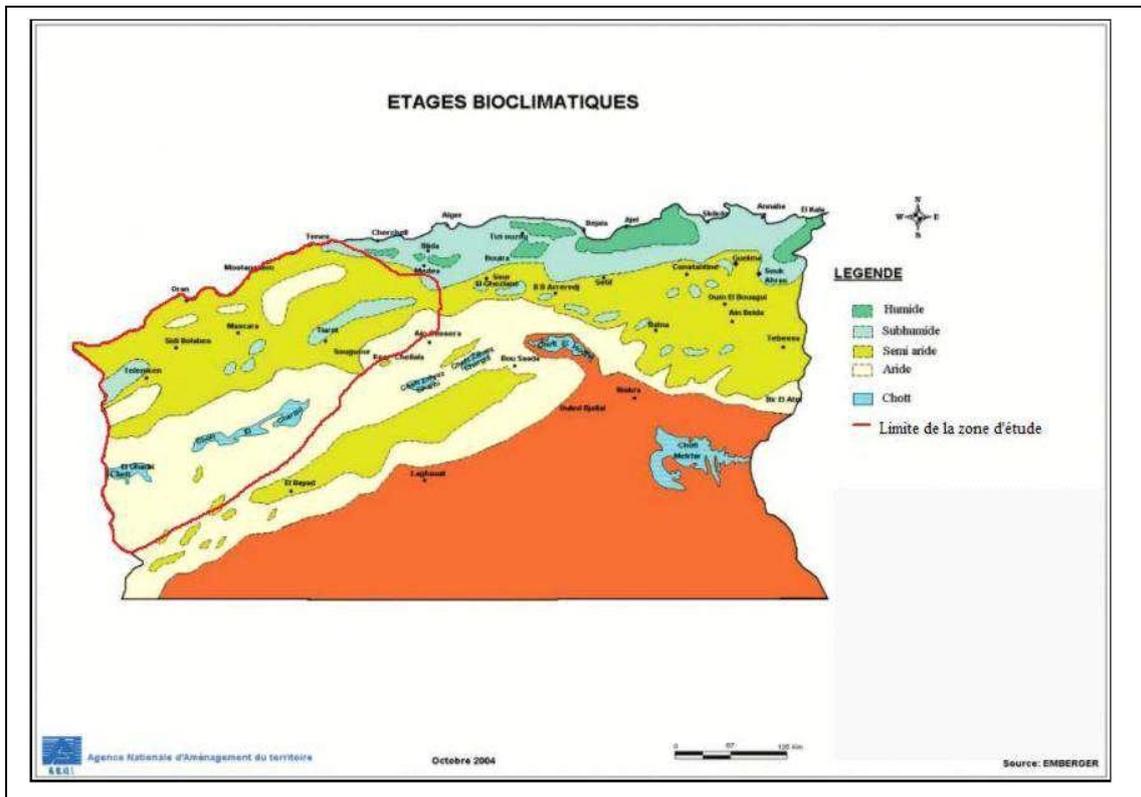


Figure 03 : Étages bioclimatiques de l’Algérie (Emberger).

De point de vue climatique, la wilaya de Khenchela se caractérise par un climat continental, semi-aride à hiver froid et été chaud et sec.

Dans ce chapitre, on va analyser les facteurs climatiques et ressortir les régimes pluviothermiques à savoir la période humide et la période sèche et le type de climat caractérisant la région d’étude.

2.1 Climatologie de la zone d’étude

Pour cette étude, les séries des données d’une période de (2010 à 2021) qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été recueillies à la station de l’office national de météorologie (OMN) d’El Hamma W. de Khenchela situées à 890 m d’altitude suivant une période de mesures de 2010 à 2021.

La station d’El Hamma distant de 3 kilomètres de la ville de Khenchela, elle fonctionne depuis 1994, sous la gestion de l’ONM.

Les coordonnées géographiques de la station d’El Hamma sont représentées dans le Tableau suivant :

Tableau 02 : Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma.

Station	Période d'observation	Altitude	Latitude	Longitude
El Hamma	01/01/2010-12/31/2021	982.5m	35°27'42.90"N	7° 5'56.79"E

(L'OMN, 2021)

2.1.1 Les facteurs climatiques

2.1.1.1 La température

La température est l'un des éléments climatiques, qui a un rôle très important, influençant le climat. L'étude de l'évolution de la température dans le temps a une grande importance à l'hydrologie et l'hydrochimie du fait qu'elle constitue le paramètre principal qui conditionne le phénomène d'évaporation. Par conséquent, la concentration (ou la dilution) a une grande influence sur le bilan hydrique et la chimie de l'eau (**Belhadj, 2017**).

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 (**Ramade, 2002**).

La température est l'un des éléments importants pour la caractérisation du climat (**Ramade, 1984**).

Les effets de la température peuvent différer selon la nature, la durée du changement et le lieu d'occurrence. La hausse et la baisse de température n'impacteront pas forcément les organismes de la même manière (**Ayala, 2019**).

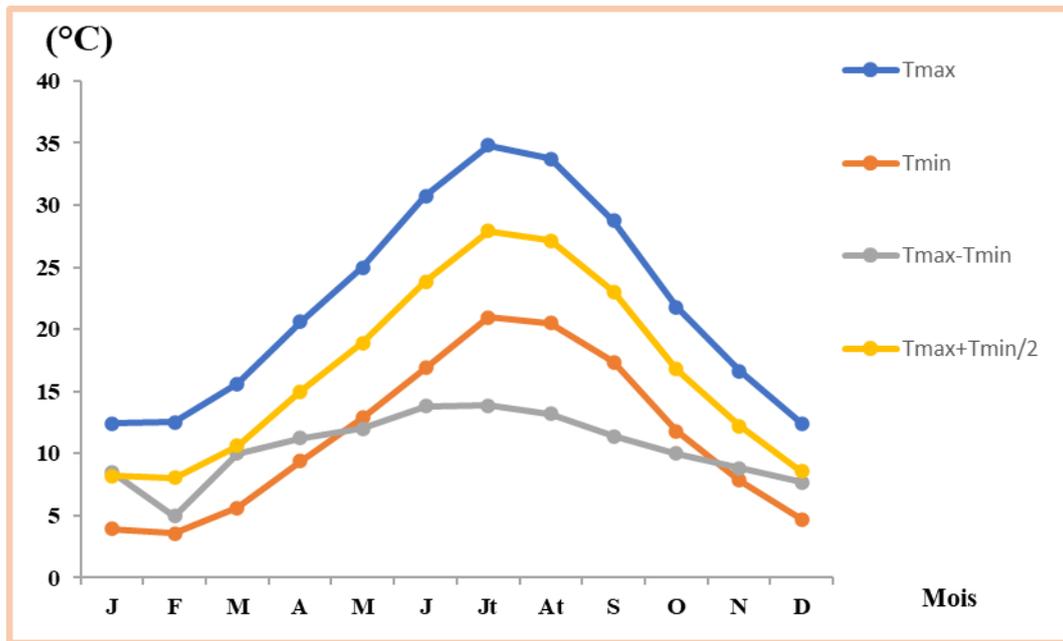


Figure 04 : Répartition moyenne de la température mensuelle de la commune D'El-Hamma de la période (2010-2021).

L'histogramme des variations des températures moyennes mensuelles montre que le mois de février est le mois le plus froid avec 3,57 °C et le mois de Juillet est le plus chaud avec 34,80 °C. La température moyenne annuelle est de 16,68 °C.

2.1.1.2 La pluviométrie

Les précipitations constituent un facteur écologique fondamentale dans l'alternance de la saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques (**Ramade, 1984**).

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuage qui engendre des précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (**Ouanes, 2012**).

La pluie est un facteur climatique très important pour la caractérisation du climat, elle conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères (**Belhadj, 2007**).

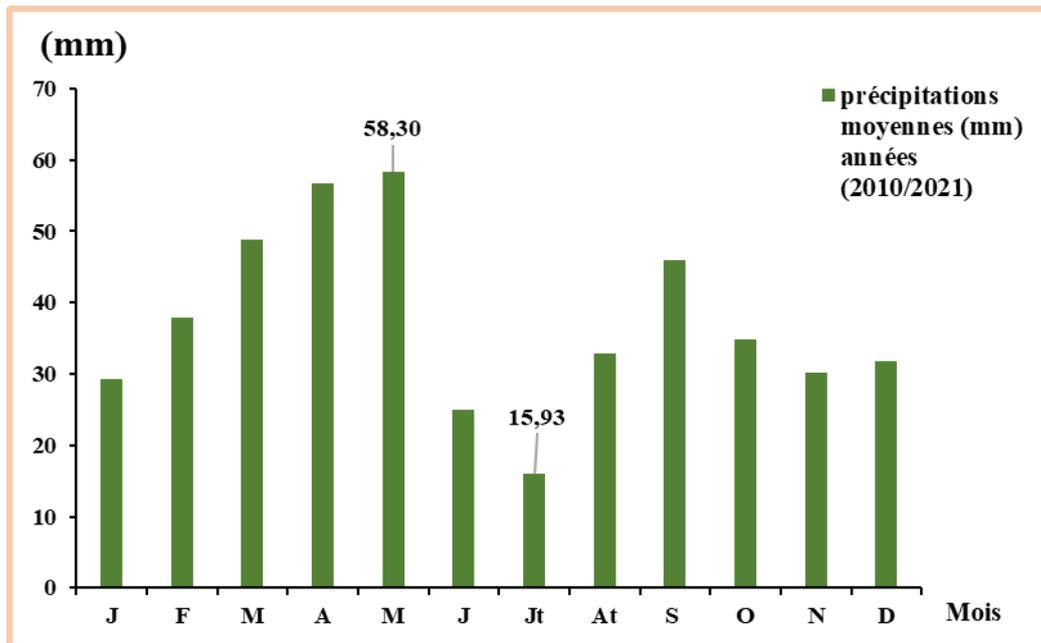


Figure 05 : Histogramme de variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2010-2021).

Le diagramme montre que la précipitations moyenne mensuelle de la période (2010-2021) est environ de 447,48 mm. Le mois le plus pluvieux est mai avec une moyenne de 58,30 mm. Par contre le mois le plus sec est juillet avec une moyenne mensuelle de 15,93 mm.

2.1.1.3 L'humidité

L'humidité relative ou l'hygrométrie est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère **(Ramade, 2003)**.

L'humidité est la vapeur d'eau contenue dans l'air. Dans notre atmosphère, l'eau est omniprésente (même dans les déserts arides, il y a de l'humidité). L'air qui nous entoure renferme toujours une proportion d'eau sous forme de vapeur ; on qualifie cet air "d'air humide" **(Sadрати, 2018)**.

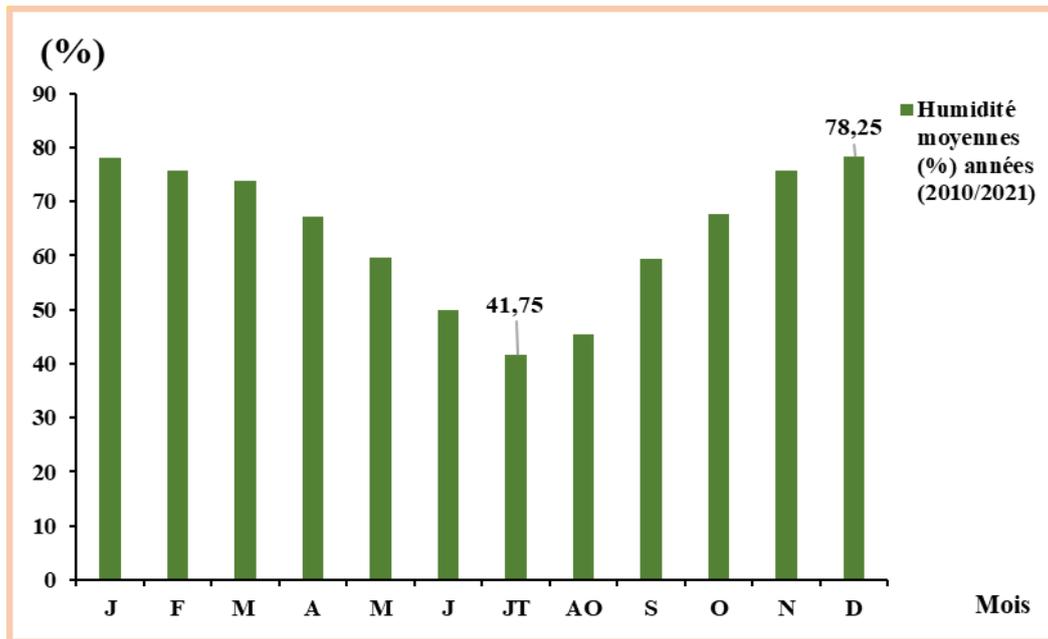


Figure 06 : Histogramme de variation d'humidités moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2010-2021).

Les valeurs de l'humidité relative sont relativement homogènes elles varient entre 41,75 % et 78,25 %.

Au cours d'une journée de la période estivale (Juin, Juillet, et Août), la température étant élevée, nous aurons une humidité journalière faible à moyenne 41,75 à 49,83 % et inversement, durant la nuit par dissipation de la température ambiante et l'humidité tend à augmenter. Par contre, durant la période hivernale (Novembre, Décembre et Janvier), la température étant faible et nous remarquons une humidité élevée et atteindre entre 75,75 à 78,25 %.

2.1.1.4 Les vents

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant (**Ramade, 1983**).

Le vent assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par des nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. Il favorise donc l'évaporation, d'autant plus que sa vitesse et sa turbulence sont grandes (**Ramade, 1984**).

Le vent est un déplacement d'air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat (**Gaagia, 2016**). Est l'un des éléments les plus déterminant des

régimes pluviaux de l'évapotranspiration et par conséquent le climat de la région (Sadрати, 2018).

Le vent est un facteur important du climat, il influe principalement sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse des vents sont variables au cours de l'année. En générale, la connaissance de la vitesse et de la direction des vents est primordiale dans une telle étude (Vnoukov et Kovalev, 2000).

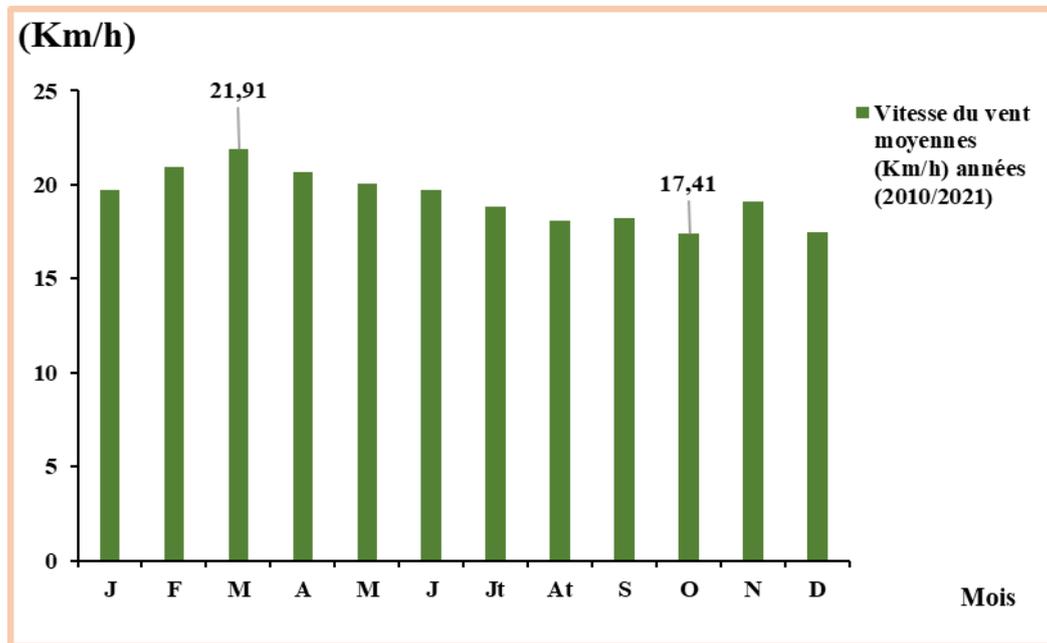


Figure 07 : Histogramme de variation des vitesses des vents mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période de (2010-2021).

L'analyse de l'histogramme montrent que la vitesse du vent maximale est enregistrée durant le mois de mars avec 21,91 km/h, alors que la vitesse minimale est enregistrée durant le mois de 17,41 km/h. la vitesse moyenne annuelle est de 19,35 km/h.

2.1.2 Synthèse climatique

2.1.2.1 La méthode d'Euverte

Cette méthode est basée sur le rapport des précipitations sur les températures mensuelles et qui permet de définir quatre types de régimes.

- Un régime très sec avec : $P / T < 1$;
- Un régime sec avec : $1 < P / T < 2$;
- Un régime subhumide avec : $2 < P / T < 3$;

-Un régime humide avec : $P / T > 3$ (Sadrati, 2018).

Tableau 03 : Méthode d’Euverte période (2010-2021).

Mois	J	F	Mr	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D
P (mm)	29,27	37,82	48,78	56,74	58,31	24,91	15,93	32,89	45,99	34,9	30,13	31,85
T (°C)	8,19	8,05	10,62	14,97	18,93	23,82	27,89	27,12	23,04	16,78	12,22	8,55
P / T	3,57	4,70	4,59	3,79	3,08	1,05	0,57	1,213	2,00	2,08	2,47	3,73

Le rapport de la méthode d’Euverte appliquée dans le (tableau 03) montre que le régime de la zone d’el- Hamma est :

- Très sec dans les mois juillet.
- Sec dans les mois juin et Aout.
- Subhumide dans les mois septembre, octobre et novembre.
- Humide entre le mois janvier et avril et avec le mois de décembre.

2.1.2.2 Indice d’aridité

En 1926, Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d’un indice dit indice d’aridité (Ia). Cet indice est en 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 (Gaagai, 2009). Ce paramètre se calcule selon la formule suivante :

$$Ia = P / (T + 10)$$

Avec :

Ia : indice d’aridité ;

P : précipitations moyennes annuelles (mm) ;

T : températures moyennes annuelles (°C) (Boutemedjet, 2017).

Les valeurs de l’indice permettent de déterminer le climat selon le classement suivant :

- $Ia < 5$ le climat est hyperaride.
- $5 < Ia < 7.5$ le climat est désertique.

- $7.5 < I_a < 10$ le climat est steppique.
- $10 < I_a < 20$ le climat est semi-aride.
- $20 < I_a < 30$ le climat est tempéré.
- $I_a > 30$ le climat est humide (**Bougandoura, 2013**).

Dans notre cas, la moyenne des précipitations est : 447.48 mm Alors que la température moyenne annuelle est de : 16.68 °C

Ce qui donne : $I_a = 447.48 / 16.68 + 10$

$I_a = 16.77$

Nous avons trouvé que la valeur de (**I_a**) est comprise entre $10 < I_a < 20$, ce qui permet de dire que la région d'El-Hamma bénéficie d'un climat semi-aride.

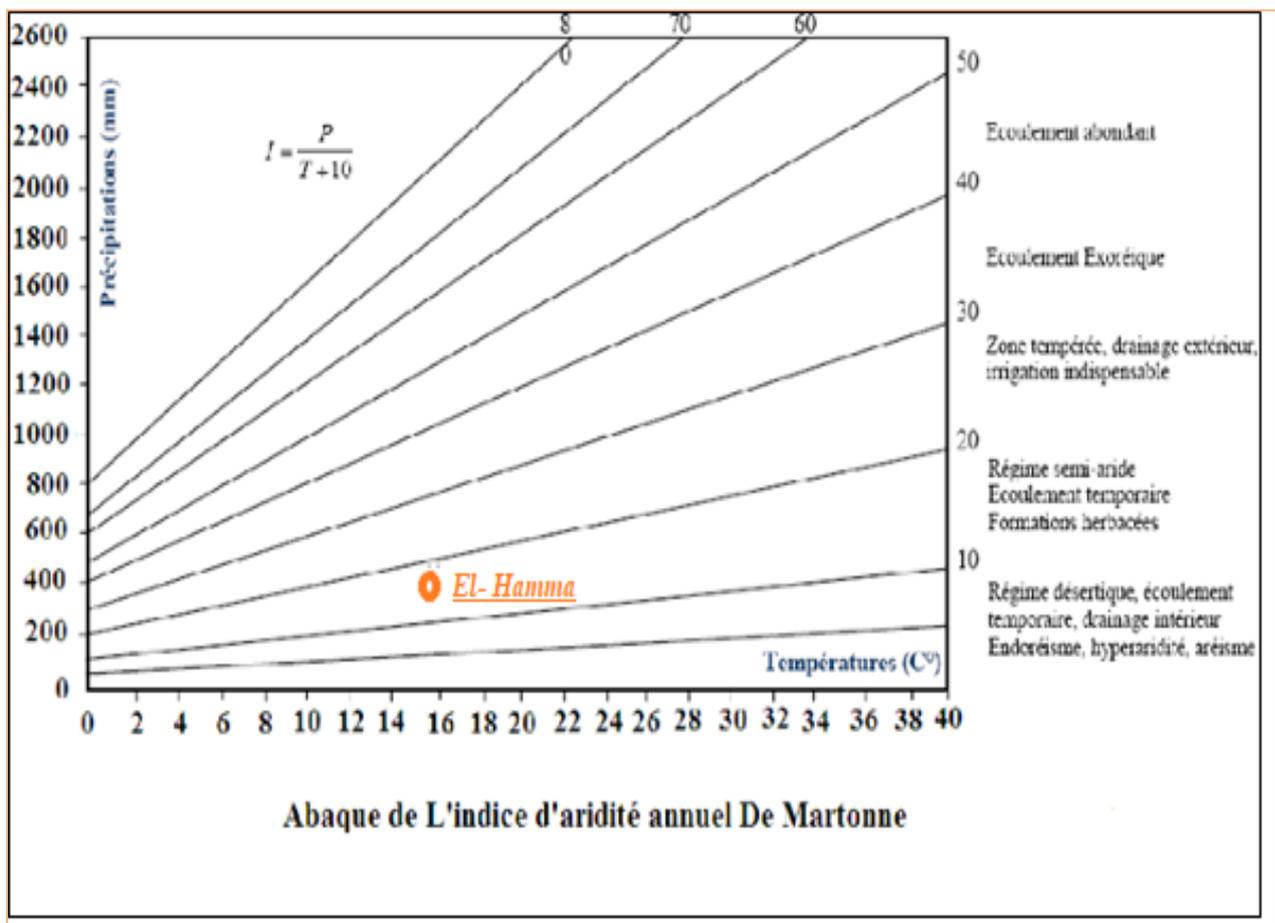


Figure 08 : Indice d'aridité annuel de Martonne de la zone d'étude.

2.1.2.3 Indice ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d'établir un graphe dit pluviothermique (Gaagai, 2009).

D'après Gausсен (1953), sur ce graphe les températures sont portées à l'échelle double des précipitations considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations (P) exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius $P < 2T$.

Dans le but de bien préciser et de confirmer la durée des deux saisons humide et sèche, nous avons utilisé le diagramme ombre thermique de Gausсен et Bagnouls (1953). Il permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il utilise les deux principaux paramètres climatiques la température et les précipitations, représentées en abscisse par les mois de l'année, en ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C. Avec une échelle de $P=2T$ (Belhadj, 2017).

Le diagramme ombrothermique a été réalisé avec les données climatiques de la zone d'étude relevés durant la période de 2010 à 2021.

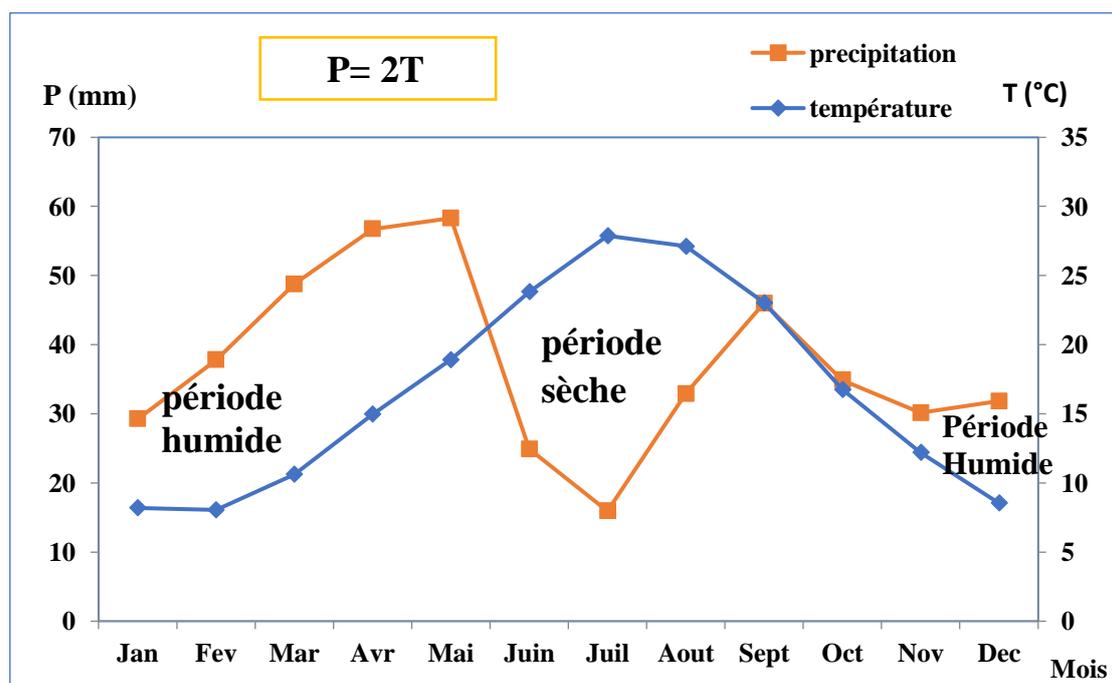


Figure 09 : Diagramme Ombrothermique (2010-2021).

Deux périodes en été distinguées d'après la (figure 09) qui représente la courbe Ombrothermique :

- Période humide : qui commence fin d'Octobre et terminé en fin d'Avril ;
- Période sèche : qui débute en fin de mai et prend en début d'Octobre.

2.1.2.4 Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour déterminer les climats de la zone méditerranéenne, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique **Q2**, qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minimas et maximas, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q = \frac{p}{2\left(\frac{M+m}{2}\right) \times (M-m)} \times 100$$

Ce quotient a été simplifié par **STEWART** en 1969 :

$$Q2 = 3.43 \times \frac{p}{(M-m)}$$

Où :

- **P** : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;
- **M** : Moyenne des maximas du mois le plus chaud (degrés/Kelvin) ;
- **m** : Moyenne des minimas du mois le plus froid (degrés/Kelvin).

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 $Q2 < 100$ (**labeled, 2014**).

L'application numérique donne les résultats suivants :

- **P** = 447.48 mm.
- **M** = 34.80 C°.
- **m** = 3.57 C°

Ce qui donne :

➤ $Q_2 = 49.14$

Le rapport de notre station sur la (figure 10) permet de dire que le climat de la région d'El-Hamma est semi-aride.

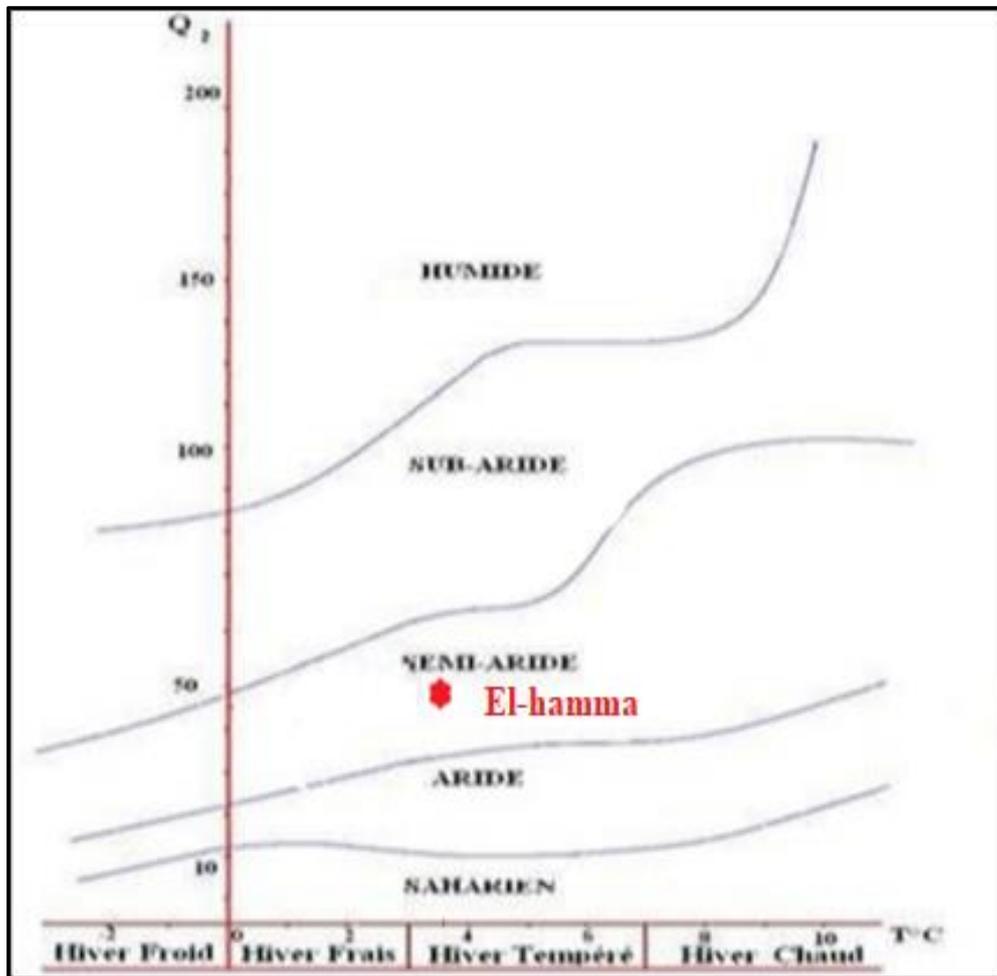


Figure 10 : Le Climagramme d'Embergie pour la zone d'étude.

2.1.3 Le bilan hydrique

Le bilan hydrologique est estimé par une formule très simple qui permet d'évaluer le ruissellement et l'infiltration :

$$P = ETR + R + I$$

ETR : L'évapotranspiration annuelle (mm) ;

I : Infiltration ;

P : Précipitation ;

R : Ruissellement (Djoudi, 2018).

2.1.3.1 Estimation de l'évapotranspiration (ET)

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Khabtane, 2015).

2.1.3.1.1 Evapotranspiration réelle (ETR)

Par définition, on appelle évapotranspiration réelle effective actuelle ou encore déficit d'écoulement (ETR) la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie (Guilal, 2019).

2.1.3.1.1.1 ETR selon la formule de Turc

On a choisi la méthode de TURC afin de déterminer l'évapotranspiration réelle (ETR). C'est la méthode la plus répandus, elle tient compte des précipitations et des températures moyennes annuelles :

$$ETR = P / [0.9 + (P^2 / L^2)]^{1/2}$$

ETR : Evapotranspiration réelle (mm/an) ;

P : Hauteur annuelle de la pluie (mm) ;

L : Un paramètre calculé en fonction de la température selon la formule :

$$L = 300 + 25T + 0.05 T^3$$

Où :

T : Température moyenne annuelle (°C).

- **Application numérique**

Tableau 04 : ETR selon la formule de turc.

Année	P (mm)	L	T (°C)	ETR
2010-2021	447.48	949	16.68	422.390

2.1.3.1.1.2 ETR selon la formule de Thornthwaite

C'est une donnée impossible à mesurer à l'échelle d'une parcelle ou d'une région. La détermination de l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau disponible (Pluie + RFU) :

- Si ETP = P, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifie pas et aucune infiltration est produite en direction de nappe ;

- Si $ETP > P$, on a $ETR=P+RFU$. Un déficit apparait une partie de l'RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETR. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe ($RFU=0$) (déficit hydrique) ;
- Si $ETP < P$, alors $ETR=ETP$ et $RFU=P-ETP$ pourra atteindre son maximum au-delà duquel, il y aura une infiltration vers la nappe (excédent hydrique) (**Belkoun, 2017**).

Tableau 05 : ETR selon la C.W Thornthwaite.

Année	ETR selon Turc (mm/an)	ETR selon Thornthwaite (mm/an)
2010-2021	422.390	447,5

2.1.3.1.2 Evapotranspiration potentielle (ETP)

C'est un élément principal de bilan hydrique, désigne toutes les pertes en eaux par retour à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, elle regroupe l'ensemble des phénomènes physiques et biologiques qui restituent l'humidité du sol à l'atmosphère.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée (**Rahmoune, 2019**).

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle l'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1948.une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times k$$

ETP : Evapotranspiration potentielle de mois considéré (mm)

T : Température moyenne mensuelle de l'air du mois considéré (°C).

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude (**Djoudi, 2018**)

a : Coefficient calculé par la formule suivante :

$$a = 1.6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0.5$$

Donc : a = 1.67

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice thermique mensuel. Cet indice est calculé par la formule suivante :

$$I = \sum_1^{12} i \quad \text{Avec : } i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

2.1.3.1.3 Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)

La RFU est la qualité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique (**Gaagai, 2009**)

Selon Gastanoy lorsque les quantités d'eau prévenant des pluies dépassent celles perdus par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable (RFU).

$$\text{RFU} = 1/3 \text{ DaHeP}$$

RFU : Réserve facilement utilisable en (mm) ;

D_i : Densité apparente du sol, (Hallaire propose de prendre D = 0,9) ;

P : Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m) ;

He : Capacité de rétention :

He = 5 % pour un sol sablo limoneux ;

He = 10 % pour un sol limoneux ;

He = 20 % pour un sol argilo limoneux (**Guilal, 2019**).

L'application de la méthode de thornthwaite a donné les résultats qui ont été cosignés dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station de Khenchela.

Période	T _p (°C)	I	K	ETP _C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)																						
S	23,04	10,1	1,04	109,2	45,99	-63,2	0,0	46,0	63,2	0,0																						
O	16,78	6,3	0,98	59,1	34,88	-24,2	0,0	34,9	24,2	0,0																						
N	12,22	3,9	0,85	29,1	30,13	1,1	1,1	29,1	0,0	0,0																						
D	8,55	2,3	0,84	15,2	31,85	16,6	17,7	15,2	0,0	0,0																						
J	8,19	2,1	0,86	14,5	29,27	14,7	32,4	14,5	0,0	0,0																						
F	8,05	2,1	0,85	13,9	37,82	23,9	56,3	13,9	0,0	0,0																						
M	10,62	3,1	1,03	27,5	48,78	21,3	77,5	27,5	0,0	0,0																						
A	14,97	5,3	1,09	53,3	56,74	3,5	81,0	53,3	0,0	0,0																						
M	18,93	7,5	1,21	90,2	58,31	-31,9	49,1	90,2	0,0	0,0																						
J	23,82	10,6	1,21	135,7	24,91	-110,8	0,0	74,0	61,7	0,0																						
J	27,89	13,5	1,23	182,4	15,93	-166,4	0,0	15,9	166,4	0,0 </tr <tr> <td>A</td> <td>27,12</td> <td>12,9</td> <td>1,16</td> <td>163,8</td> <td>32,89</td> <td>-130,9</td> <td>0,0</td> <td>32,9</td> <td>130,9</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Année</td> <td>16,7</td> <td>79,6</td> <td>/</td> <td>893,9</td> <td>447,5</td> <td>-446,4</td> <td>/</td> <td>447,5</td> <td>446,4</td> <td>0,0</td> </tr>	A	27,12	12,9	1,16	163,8	32,89	-130,9	0,0	32,9	130,9	0,0	Année	16,7	79,6	/	893,9	447,5	-446,4	/	447,5	446,4	0,0
A	27,12	12,9	1,16	163,8	32,89	-130,9	0,0	32,9	130,9	0,0																						
Année	16,7	79,6	/	893,9	447,5	-446,4	/	447,5	446,4	0,0																						

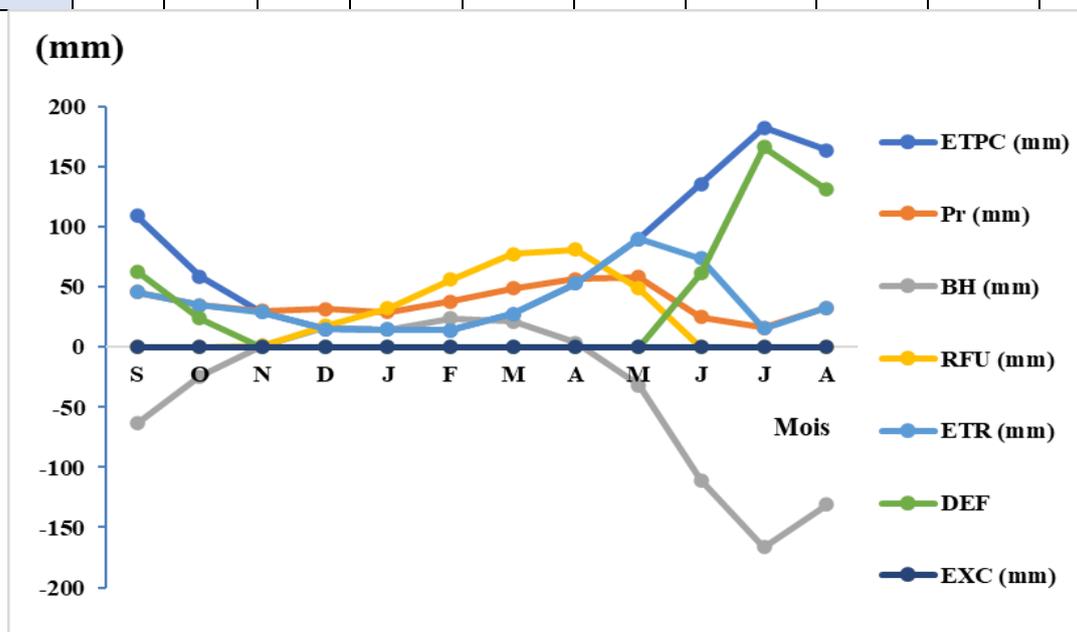


Figure 11 : Représentation graphique du bilan hydrique.

DA : Le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc :

$$\mathbf{DEF = ETP - ETR}$$

EXC : L'excédent c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits donc : $\mathbf{EXC = P - ETR}$

BH : Le bilan hydrique : $\mathbf{BH = RFU - DEF}$

2.1.3.1.4 Interprétation du bilan hydrique

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations. Les précipitations dominent dans la région d'étude avec un total de 447,5 mm/an.
- A l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois d'avril les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois de septembre par contre elles sont supérieures à l'ETP pendant les autres mois (Janvier, Février, Mars, Avril et Décembre).
- En générale, les précipitations ne couvrent pas les besoins de l'évapotranspiration potentielle et ne permettent pas la formation de la RFU.
- La reconstitution du stock s'observe au mois de décembre avec une RFU=1,1 mm.

La RFU atteint son maximum (81,0 mm) au mois d'Avril et diminue jusqu'à 49,1 mm au mois de mai, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

2.1.3.1.5 Estimation du ruissellement et de l'infiltration

2.1.3.1.5.1 Ruissellement

Le ruissellement de surface peut être dû à un dépassement de la capacité d'infiltration du sol. Ou à un dépassement du seuil de saturation du sol.

Les fortes intensités des événements, conjuguées à la faible capacité d'infiltration des sols (due à des sols souvent compactés et recouvert d'une croûte et une végétation peu abondante) expliquent la prépondérance du ruissellement (**Barkani, 2017**).

L'eau précipitée peut ruisseler directement, si l'intensité de la pluie est supérieure à la vitesse d'infiltration de sol. La lame d'eau ruisselée sera estimée par la formule de **Tixeront-Berkalouff** :

$$\mathbf{R = P^3 / 3 (ETP)^2}$$

R : Ruissellement (mm) ;

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm) ;

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

Tableau 07 : Les résultats de ruissellement.

Année	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
2010-2021	447.48	893,9	37.37

2.1.3.1.5.2 L'infiltration

L'infiltration signifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui - ci reçoit des averses ou s'il est exposé à une submersion. L'eau infiltrée remplit en premier lieu les interstices du sol en surface et pénètre par la suite dans le sol sous l'action de la gravité et des forces de succion. Ce processus est d'une grande importance dans la pratique, car son régime détermine souvent le ruissellement qui se forme à la surface du sol. On distingue deux types d'infiltration : L'infiltration horizontale et l'infiltration verticale (**Bennouar, 2009**).

C'est la migration de l'eau de précipitation à travers la porosité de sol vers les nappes souterraines, il est calculé par la formule suivante :

$$I = P - (ETR + R)$$

I : infiltration efficace Moyenne annuelle (mm) ;

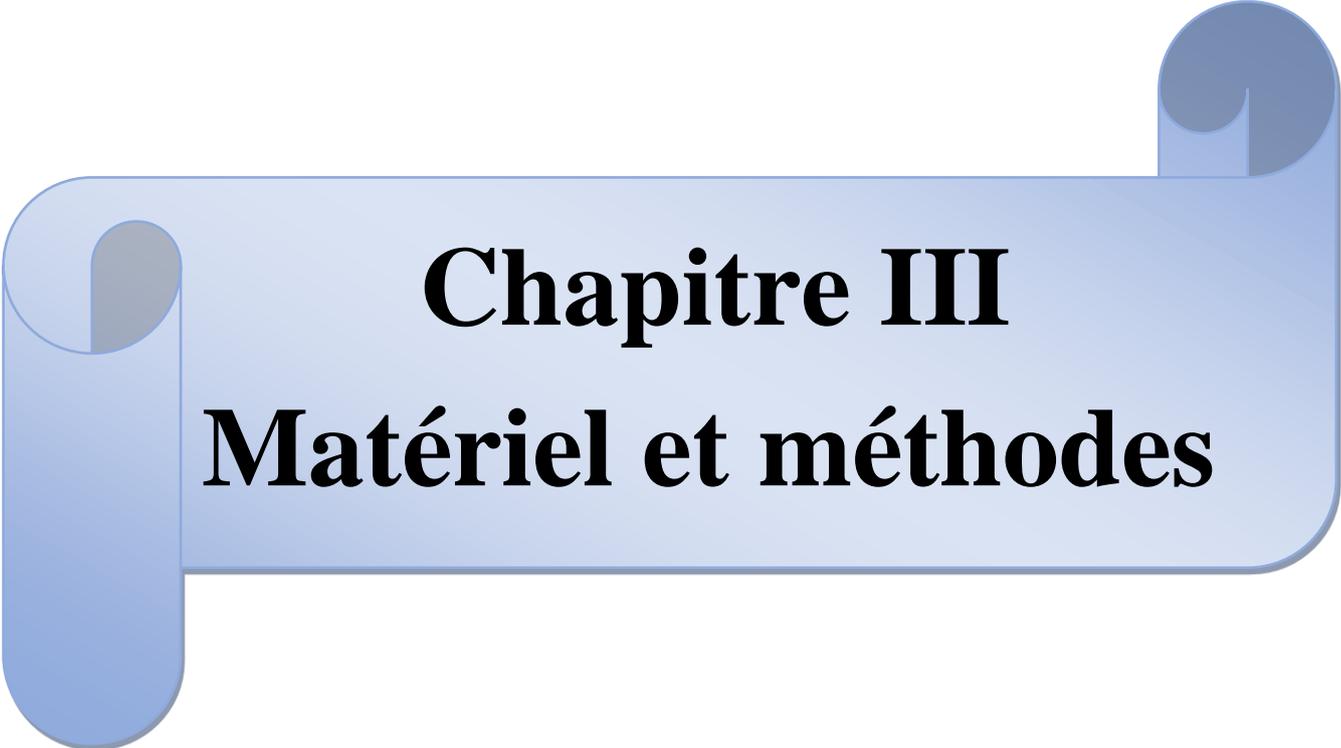
P : Précipitations moyennes mensuelles (mm) ;

R : Ruissellement annuelle (mm) ;

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en (mm).

Tableau 08 : Les résultat de l'infiltration.

Année	P (mm)	ETR (mm/an)	R (mm)	I
2010-2021	447.48	422.390	37.37	-12.28



Chapitre III
Matériel et méthodes

Introduction

Les prélèvements d'échantillons, couplés avec les analyses en laboratoire. Ce chapitre se réserve à la présentation des méthodes d'échantillonnages et de prélèvements, ainsi qu'aux méthodes et matériels utilisés dans le laboratoire d'analyse physico-chimique. L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage.
- Analyse.
- Interprétation.

3.1 Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur est une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytique.

Il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable.

Afin d'avoir des analyses représentatives et fiables, la méthode d'échantillonnage exige une réflexion préalable et une précaution attentive de prélèvement, ainsi nous avons essayé de répondre aux critères suivants :

Types des échantillons prélevés (eaux souterraines, eaux de surface ...).

- Lieux d'échantillonnage (piézomètres, chott, sebkha, drains...);
- Périodes d'échantillonnage (hautes eaux et basses eaux);
- Paramètres analysés sur terrain;
- Paramètres analysés au laboratoire.

3.1.1 Fréquence et mode de d'échantillonnage

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Pour notre travail, les échantillons prélevés de robinets placés spécialement pour le prélèvement d'eau de forage, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn.

Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

3.1.2 Matériels de prélèvements

- Flacons de physico- chimie en polyéthylène, de volume 250 ml, 500 ml et 1 litre.
- Flacons stérilisés en verre pour la bactériologie, de volume 100 ml.
- Les glacières utilisées sont des caisses isothermes, compartimentées, équipées ; accumulateurs de froid permettant de conserver les échantillons au frais.
- La glace peut entraîner la mort de la majorité des germes. Seuls les échantillons destinés à l'analyse des virus peuvent être conservés à une température de - 70°C.

3.1.3 Transport et conservation des échantillons

Les prélèvements subiront obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante.



Figure 12 : Les prélèvements et la conservation d'eaux.

3.2.1 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements au laboratoire et comportera les renseignements suivants :

- Identité du préleveur;
- Date et heure du prélèvement;
- Particulier ou autorité demandant l'analyse;
- Motif de la demande d'analyse;
- Ville ou établissement que l'eau alimente;
- Nom du point d'eau et localisation précise;
- Origine de l'eau (source, puits, etc...);
- Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du Prélèvement, Condition météo logiques;
- Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe;
- Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.

3.2.2 Procédure des analyses

Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le chlorure, sulfate, nitrate.... etc.

Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Forage et les comparer avec les normes.

3.2.3 Prélèvement de l'eau

NB : tous les prélèvements ont été effectués entre 10h et 13h.

Les sites de prélèvements étaient au niveau de la région EL-Hamma (**Begaga**). L'étude c'est porté sur 07 échantillons des eaux prélevé à 22/05/2022, des mesures physico-chimiques ont été effectuées in situ ou au laboratoire (la température (T), le PH, (CE), la turbidité, la Dureté et Résidé sec, pour les cations (Ca^+ , Mg^+ , Na^+), les anions (Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- , PO_4^-), et les éléments nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , NH_4), et la matière organique et le Fer

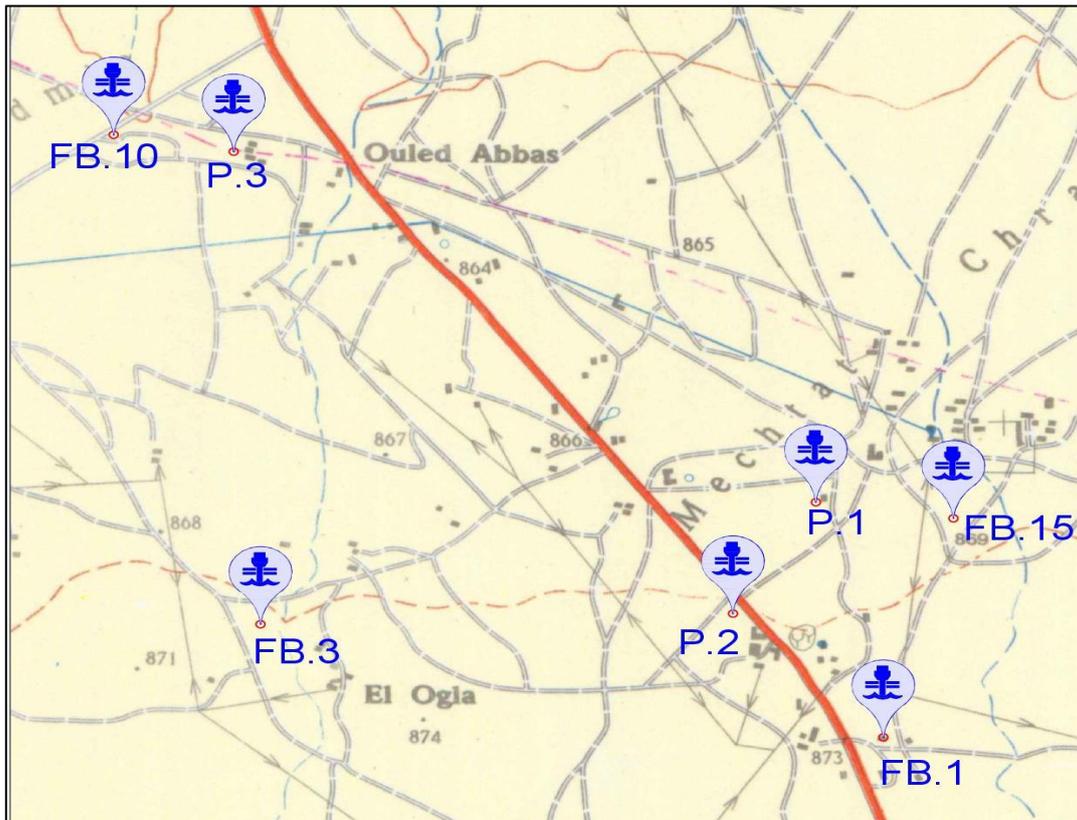


Figure 13 : Carte d'inventaire des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL Hamma).

3.2.4 Lieu et durée du stage

Notre stage de durée un mois et demi a été effectué au laboratoire des analyses des eaux (ADE : Algérienne Des Eaux) de l'unité de la wilaya de Khenchela se situe au niveau de centre-ville de la wilaya, cité de 1^{er} Novembre, qui assure la qualité des eaux distribuées à la wilaya de Khenchela et destinées à la consommation humaine. Le laboratoire d'analyses d'eau a pour but d'assurer la qualité d'eau destinée à la consommation en passant par le contrôle dans le réseau de distribution et réservoirs jusqu'au robinet des consommateurs. Pour cela des prélèvements des échantillons se font quotidiennement suivant un planning de sorties établie par monsieur le chef du laboratoire.

La mission du contrôle étant finie des fiches de prélèvement et réception sont remplies par le personnel désigné dans le planning du travail. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques se font le jour même de la prise d'échantillon pour avoir des résultats exacts. L'ensemble du personnel du service laboratoire ADE Khenchela a pour missions en premier lieu la prévention et l'intervention en cas de grosse connexion.

Le laboratoire de l'ADE contient deux sales, une sale pour les analyses physico-chimiques liées à la qualité d'eau., et l'autre pour les analyses bactériologiques.

Tableau 09 : Matériels et Appareils utilisés dans laboratoire physico-chimique.

3.2.5 Matériels utilisés	3.2.6 Appareils utilisés
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flacons de 500 ml de verre. ➤ Fioles en verre et en plastique. ➤ Bêchers de 50ml et de 100 ml. ➤ Erlenmeyers. ➤ Burettes de 10 ml ou 25 ml. ➤ Cuvette de 10 ml ou 25 ml. ➤ Pipette de 2 ml. ➤ Tube à essai. ➤ Entonnoir. ➤ Balance. ➤ Bain marie. ➤ Dessiccateur. ➤ Ciseaux et poires. ➤ Plaque chauffante. ➤ Calotte et puisette. ➤ Eprouvettes de 50 ml. ➤ Agitateurs magnétiques. ➤ Barreaux magnétiques. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PH mètre. ➤ Conductimètre. ➤ Turbidimètre. ➤ Spectrophotomètre. ➤ Agitateur. ➤ Étuve. ➤ Balance analytique. ➤ La haute chimique. ➤ Multi paramètre.

Tableau 10 : Normes physico-chimiques des eaux souterraines.

Paramètres physicochimiques	Unité	Normes Algériennes
Température	°C	25
PH	/	6.5_9
Conductivité électrique à 20 °C (CE)	µS/cm	2800
Turbidité	NTU	5
Chlorures	mg.l ⁻¹	500
Dureté Totale	mg. l ⁻¹ en CaCO ₃	200

Calcium	mg.l ⁻¹	200
Magnésium	/	150
Nitrates	/	50
Nitrites	/	0.1

Source : (JORA, 2011).

3.3 Electrochimique

Méthode

Cette méthode est surtout utilisée pour des mesures précises. Elle est également appliquée dans de cas particulier comme par exemple la mesure de PH des eaux très douces des eaux contenant des protéines

-appareil utilisé : Multi paramètres portable pour mesures sur site les paramètres suivants : température, conductivité, TDS, salinité, PH, Turbidité

3.3.1 Température et pH

L'objectif est de décrire une méthode électro métrique pour la détermination du PH et la température de l'eau. Sont mesuré par un pH Mètre.

Principe

Pour le pH

La détermination électro métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référent (calomel- KCl saturé) plongent dans une même solution cette différence de potentiel une fonction linéaire du pH de la solution. Selon la Loi de Nernst.

Pour la température

Il est important de connaitre la température des eaux. Car elle permet de corriger les autres paramètres d'analyse.

La température doit être mesurée Pour avoir une idée globale sur l'environnement ainsi pour étalonner d'autre appareillages comme le conductimètre et le pH-mètre.

Mode opératoire

- Allumer le pH Mètre (bouton rouge) ;
- Brancher l'électrode de pH ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le ph ;
- Et noter la température qui afficher ;
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.



Figure 14 : Appareil de PH Mètre (ADE, 2022).

3.3.2 La conductivité

L'objectif est pour l'examen de la qualité de l'eau. Celle-ci et peut être utilisée comme mesure de la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon. Elle est mesurée par le conductivimètre.

Principe

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre à une image cathodique.

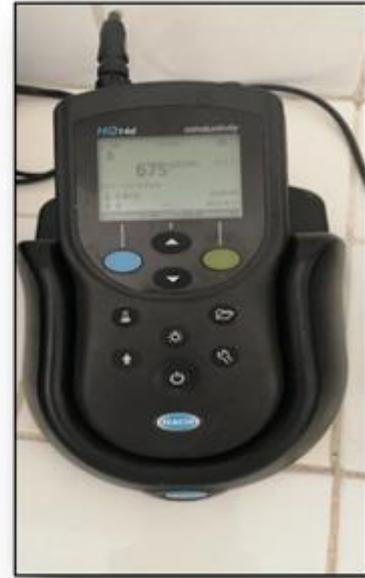
Mode opératoire

Opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Puis noter la valeur de conductivité électrique qui afficher.

Tableau 11 : Classification des eaux selon la conductivité.

Type d'eaux	Conductivité($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Eau pure	< 23
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisée	1000 à 2500

Source : (Rodier J., 2005).

**Figure 15 : Appareil de Conductimètre**

3.3.3 La turbidité

L'objet de la présente est de décrire la mesure de la turbidité. L'appareil de mesure de la turbidité est un Turbidimètre.

Principe

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoute, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée.

Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU.

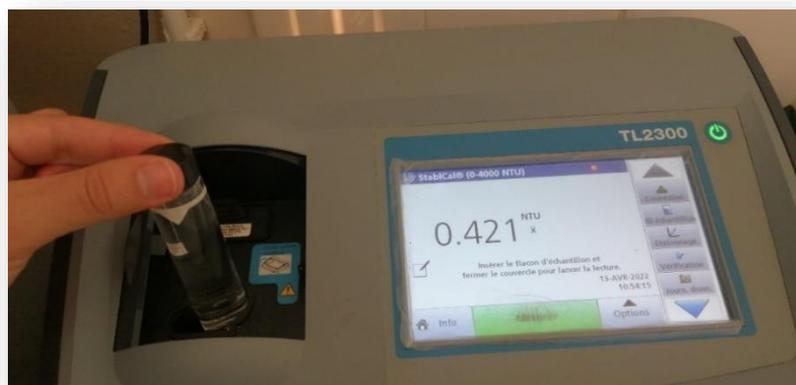
**Figure 16 : Appareil de Turbidimètre.**

Tableau 12 : Classes de turbidités usuelles (NTU).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

Source : (OMS,2004).

3.3.4 Sodium

- Rincez la sonde avec de l'eau distillé ;
- Agitez les échantillons à un rythme lent pour empêcher la formation d'un vortex ;
- Préparez 25 ml d'échantillon dans un bécher puis ajouter le contenu d'un sachet de poudre ISA ;
- Faites tremper la sonde dans l'échantillon ;
- Appuyer sur mesure, l'écran indique la concentration de sodium en mg/l.



Figure 17 : Expression des résultats de Sodium.

3.4 Paramétrer physico-chimique

3.4.1 L'azote Ammoniacal

NB :

- La verrerie doit être rincée avec une solution d'Hydroxyde de Potassium « 25 g dans 214 ml d'Éthanol et compléter à 250 ml d'eau distillée. »
- Les réactifs (I) et (II) se prépare chaque 15 jours.

Principe

Mesure spectrophotométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de Nitroprussiate de Sodium.

Réactif I

Acide dichloroisocyanurique.....	2 g
Hydroxyde de sodium (NaOH).....	32 g
Eau distillée.....	q.s.p 1000 ml

Réactif II (coloré)

Tri citrate de Sodium.....	130 g
Salicylate de Sodium	130 g
Nitropruciate de Sodium.....	0,97 g
Eau distillée	q.s.p 1000 ml

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml du réactif I ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h ;
- L'apparition de la coloration verdâtre vers bleuâtre indique la présence de : NH_4^+ ;
- Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre.



Figure 18 : Expression des résultats d'azote Ammoniacal.

3.4.2 Les nitrites**NB**

- La verrerie doit être lavée avec une solution de HCl (2 mole/l), rincée à l'eau distillée « 8,3 ml de HCl pure dans 50 ml d'eau distillée ».

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.

Réactif mixte

Sulfanilamide.....	40 g
Acide phosphorique.....	100 ml
N-1 Naphtyle éthylène diamine.....	2 g
Eau distillée	q.s.p 1000 ml.

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 NO_2^- ;
- Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre.



Figure 19 : Expression des résultats de nitrite.

3.4.3 Le nitrate**Principe**

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

Réactifs

- **Solution d'Hydroxyde de Sodium à 30 %** (30 g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée)
- **Solution de Salicylate de Sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 heures)** 0.5 g de Salicylate de Sodium dans 100 ml d'eau distillée.
- **H_2SO_4 concentré.**
- **Tartrate double de Sodium et de Potassium**

Hydroxyde de Sodium.....400 g
Tartrate de Sodium et de Potassium.....60 g
Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % ;
- Ajouter 1 ml de Salicylate de Sodium ;
- Évaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à une température de 75-88 °C (Ne pas surchauffer ni surcharger très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur laissé reposer 10 mn ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de Sodium et de Potassium ;
- Évaporer à sec de 75-88 °C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser ;
- Multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO₃⁻ ;
- Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre.



Figure 20 : Expression des résultats de Nitrate.

3.4.4 Ortho-phosphate

Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le Molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de Potassium. Réduction par l'acide ascorbique qu'en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 800 nm.

Réactif mixte :

Heptamolybdate d'Ammonium.....	13 g	} A
Eau distillée.....	q.s.p 100 ml	
Tartrate d'Antimoine.....	0.35 g	} B
Eau distillée.....	q.s.p 100 ml	
Acide Sulfurique.....	150 ml	} C
Eau distillée.....	150 ml	
(A + B) + C.....	q.s.p 500 ml	

Mode opératoire

- 40 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml d'Acide Ascorbique ;
- 2 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10 mn le développement de la couleur.
- Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre

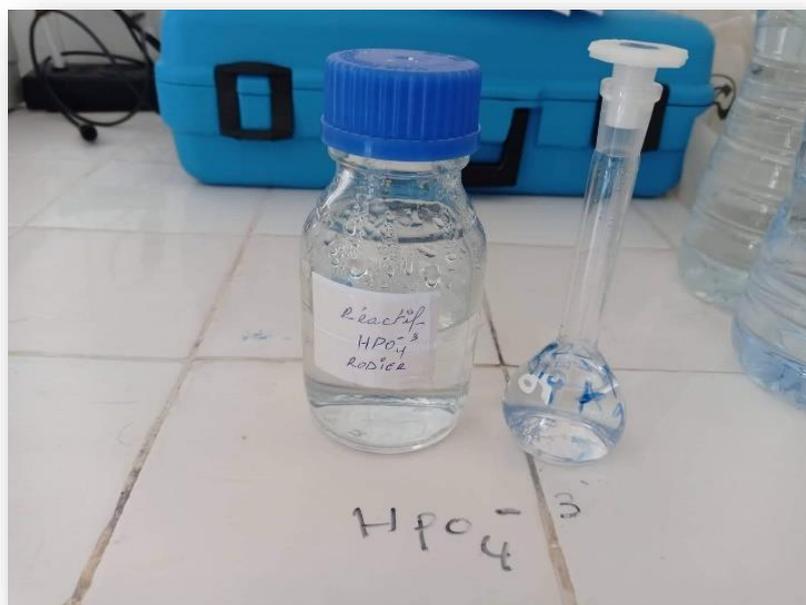


Figure 21 : Expression des résultats de ortho-phosphate.

3.4.5 Les sulfates**Principe**

Les ions Sulfates SO_4^{2-} sont précipités et passés à l'état de Sulfates de Baryum en présence de BaCl_2

Réactifs

- **Solution Stabilisante**

Acide Chlorhydrique pur.....	15 ml
Ethanol.....	50 ml
Chlorure de Sodium.....	37.5 g
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 Na₂SO₄**

Na ₂ SO ₄	1.479g
Eau distillée.....	q.s.p 1000 ml

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.

Expression des résultats

[SO₄²⁻] mg/l = la valeur lue au spectrophotomètre * la dilution.



Figure 22 : Expression des résultats de sulfate.

3.4.6 Le fer

NB

- La verrerie doit être lavée avec une solution d'HCl à 7.7 mole /l(10.47 ml d'HCl dans 100 ml d'eau distillée).

Principe

Après oxydation en milieu acide le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par Spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donné par les sels ferreux avec la Phénanthroline 1,10

Réactifs

- **Tampon Acétate**

Acétate d'Ammonium.....40 g
 Acide Acétique cristallisable ($\rho=1.06$ mg/l)50 ml
 Eau distillée.....q.s.p 100 ml

- **Chlorhydrate d'hydroxylamine (100 mg/l)**

Chlorhydrate d'hydroxylamine.....10 g
 Eau distillée.....q.s.p 100 ml

Cette solution est stable pendant une semaine à un mois.

- **Phénanthroline -1,10**

Phénanthroline-1,10 Chloride mono-hydraté.....0.5 g
 Eau distillée.....q.s.p 100 ml

- **Solution mère de Fer à 1 g/l**

Sulfate d'ammonium (correspond à 1 g de Fer)0.49776 g
 Eau distillée.....q.s.p 100 ml

Mode opératoire

- Dans une fiole jaugée de 50 ml. Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de la Solution de Chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Ajouter 2 ml du Tampon Acétate.
- Ajouter 2 ml de la solution de Phénanthroline-1,10
- Complétez jusqu' au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- Mettre à l'obscurité pd 10 à 15 mn.
- Lire au spectrophotomètre.

Expression des résultats :

$[\text{Fe}^{2+}]$ mg/l = la valeur lue au spectrophotomètre



Figure 23 : Expression des résultats de fer.

3.5 La volumétrie

3.5.1 Les chlorures

L'objet de la présente prescrit une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau « méthode de mohr ».

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 réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du Chromate d'Argent. Durant le titrage le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

Réactifs

- **Solution de Nitrate d'Argent 0.02 mole/l**

AgNO₃.....3.4 g

Eau distillée.....1000 ml

Solution de Chromate de Potassium 100 g/l

K₂CrO₄.....10 g

Eau distillée.....100 ml

Solution de Chlorures de Sodium 0.02 mole/l

NaCl.....0.117 g

Eau distillée.....100 ml

Mode opératoire

- **Le blanc**

Prendre 100 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le $l'AgNO_3$ à 0.02 mol/l.

- **Le titre**

Prendre 10 ml de NaCl à 0.02 mol/l +90 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le $l'AgNO_3$ à 0.02 mol/l.

- **L'échantillon**

Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le $l'AgNO_3$ à 0.02 mol/l. Le tirage se fait jusqu'au virage rouge brique.



Figure 24 : Expression des résultats de chlorure.

3.5.2.1 Calcium et Magnésium**Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène diamine tétra cétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage de deux indicateurs sur un même échantillon s'effectue le dosage successif du Calcium et du Magnésium.

Réactifs

- **Solution d'EDTA 0.02 N**

Dissoudre 3.721 g d'EDTA di sodique (cristallisé 2 H₂O) dans 1000 ml d'Eau distillée.

1 ml d'EDTA 0.02N correspond à 0.4008 mg de Calcium, 1 mg de Carbonate de Calcium et 0.243 mg de Magnésium.

- **Solution tampon**

Mettre dans 400 ml d'Eau distillée 55 ml d'HCl concentré. Ajouter 310 ml de 2-Aminoéthanol, 100 mg d'EDTA magnésien. Compléter à 1000 ml d'Eau distillée.

- **Solution de Noir d'Eriochrome :**

Noir d'Eriochrome.....0.5 g

Ethanol.....25 ml

- **Solution de Bleu d'Eriochrome :**

Bleu d'Eriochrome.....100 mg

Eau distillée.....100 ml

Chlorhydrate de d'hydroxylamine.....0.25 g

- **Solution de NaOH 1N**

NaOH.....4 g

Eau distillée.....100 ml

- **Solution d'HCl 1 N**

HCl.....8.3 ml

Eau distillée.....100 ml

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 3 ml de NaOH puis 3 gouttes de Bleu d'Eriochrome.
- Verser la quantité nécessaire de solution d'EDTA pour obtenir le virage au violet. Noter V1.
- Ajouter à la même solution 3.2 ml d'HCl 1 N et agiter durant 1 mn jusqu'à parfaite dissolution du précipité magnésien.
- Verser 5 ml de la solution tampon et 1 goutte de solution de Noir d'Eriochrome. Bien mélanger.
- Introduire la quantité de solution d'EDTA nécessaire au virage au bleu.
- Noter V2.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml. La teneur en Calcium est égale à

$$\text{Ca (mg/l)} = (\text{V1} * 0.4008 * 1000) / 50.$$

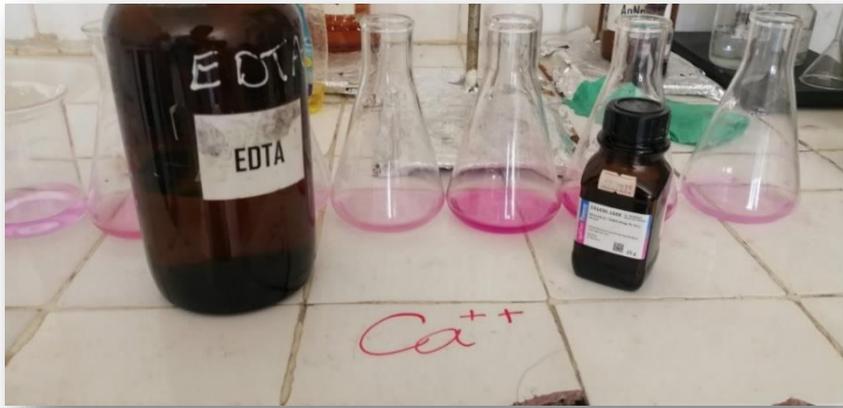


Figure 25 : Expression des résultats de calcium.

3.5.2.2 Le magnésium

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, magnésite : $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Mg} + \text{CO}_3^{-2}$

La teneur en Magnésium est égale à

$$\text{Mg (mg/l)} = (\text{V}_2 * 0.243 * 1000) / 50$$

3.5.3 Dureté TH

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous.

Cette méthode d'essai a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'échantillon
- Ajouter 4 ml de K10
- Ajouter 2 gts de NET
- Tirer avec EDTA.....virage bleu.

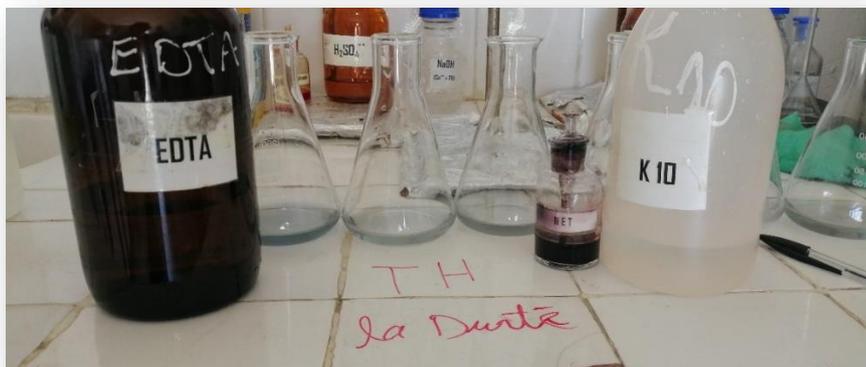


Figure 26 : Expression des résultats de la dureté.

3.5.4 TAC/TA

Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

Principe

Le Titre Alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en Alcalis libres et en Carbonates Alcalins Caustiques.

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

Mode opératoire

Titre Alcalimétriques (TA)

L'eau de consommation à un $\text{pH} < 8$, donc c'est une eau qui n'est pas basique, absence des ions CO_3^{2-} . Donc $\text{TA}=0$

Si le $\text{pH} > 8$ e procède comme suit :

Prendre 100 ml de l'échantillon + 2 gts de Phénophtaléine à 0.5 %, on obtient une coloration rose. Puis titrer avec le H_2SO_4 (N/50) jusqu'à décoloration.

Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

- **Le blanc**

Prendre 100 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle d'orange. Puis titrer avec le H_2SO_4 .

- **Le titre**

Prendre 10 ml de NaOH (N/50) +90 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle d'orange. Puis titrer avec le H_2SO_4 .

- **L'échantillon**

Prendre 100 ml de l'échantillon + 3 gts de Méthyle d'orange. Puis titrer avec le H_2SO_4 .

Le tirage se fait jusqu'au virage jaune

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



Figure 27 : Expression des résultats de TA et TAC.

3.5.5 La Matière organique

Mode opératoire

- Prendre 25 ml d'eau d'échantillon dans une alaine praire ;
- Ajouté 5 ml H_2SO_4 ;
- Placé dans un bain marie (96 °C) ;
- Après 10 min on ajoute oxalate ;
- Titré par $KMNO_4$.



Figure 28 : Expression des résultats de Matière organique.

3.5.6 Résidu sec

Principe

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. C'est le résidu total si l'eau est filtrée préalablement à la mesure le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée et rincée à l'eau distillée et desséchée ;
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser le dans la capsule ;
- Porter cette dernière à l'étuve pendant ;
- Laisser refroidir pendant un 1/4 d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats

Les résultats sont donnés en mg/l.

$$(PP-PV) \times 10 \times 1000 = \mu \text{ m/l de RS}$$

D'où PP : est le poids plein de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.

Tableau 13 : La potabilité en fonction des résidus secs.

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

(Rodier J, 2005)



Figure 29 : Expression des résultats de résidu sec.

3.6 Les paramètres bactériologiques

3.6.1.1 Technique de prélèvement bactériologique

NB : tous les prélèvements ont été effectués entre 08h et 11h.

Pour tous les prélèvements, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml propres stériles.

Les flacons contenant les échantillons d'eau prélevée ont été marqués et étiquetés.

Une fiche d'identification de l'échantillon est aussi remplie par les renseignements nécessaires pour chaque point de collecte.

3.6.1.2 Matériel de prélèvement

- Flacons stérilisés en verre pour la bactériologie, de volume 100 ml.
- La glace peut entraîner la mort de la majorité des germes. Seuls les échantillons destinés à l'analyse des virus peuvent être conservés à une température de -70 °C.

3.6.2 Recherche et dénombrement des coliformes

L'objectif

Évaluer la qualité bactériologique d'une eau par recherche de Coliformes. Il existe en effet une corrélation entre la présence de bactéries coliformes, témoins de la contamination fécale, et la présence de bactéries pathogènes. Les bactéries coliformes sont présentes dans l'intestin des animaux à sang chaud, mais elles sont aussi présentes dans les sols, sur les débris végétaux, etc. Les bactéries coliformes qui peuplent l'intestin peuvent être identifiées par leur tolérance à une température de 44-45 °C. La présence de ces coliformes thermotolérants est une preuve indiscutable d'une contamination par matières fécales. Dans les eaux brutes, le nombre de coliformes est un indicateur de probabilité de la présence de bactéries pathogènes. Dans les eaux traitées, la présence de ces coliformes est un indicateur d'inefficacité du mode de stérilisation de l'eau.

Principe

La colimétrie consiste à dénombrer les germes coliformes et parmi eux Escherichia Coli dont seul l'origine fécale est certaine.

Elle comporte deux temps :

- La recherche présomptive.
- La recherche confirmative.

Le dénombrement est effectué selon le cas par deux méthodes :

➤ Technique des tubes multiples

Matériel

- 3 flacons de BCPL (bouillon lactose au bromocrésol pourpre) double concentration de 50ml;
- 3 tubes de BCPL double concentration de 10ml;
- 3 tubes de BCPL simple concentration de 10ml;
- Milieu de Schubert muni d'une cloche;
- Réactif de KOVACS.
- Table NPP.

Mode opératoire

3.6.2.1 Recherche de coliformes Totaux

Le dénombrement est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol. Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

On ensemence :

-3 Flacon de 50 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 50 ml d'eau.

-3 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau.

-3 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à simple concentration avec 1 ml d'eau.

Remarque

- La cloche ne doit pas contenir de gaz au départ
- Incubation à 37 °C.
- La lecture se fait après 48h d'incubation. Tous les tubes présentant une culture avec un virage du bouillon au jaune et du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs c'est-à-dire contenant des coliformes.
- On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de coliformes présents dans 100ml d'eau.
- Cette phase de la colimétrie est basée sur la propriété commune aux coliformes de fermenter le lactose en produisant du gaz.

3.6.2.2 Recherche des coliformes Fécaux

A partir de chaque tube de BCPL, positif pour la recherche des coliformes, ensemencer 2 à 3 gouttes dans un tube de Schubert muni d'une cloche de Durham. Incuber à 44°C.

Après 24h d'incubation, tous les tubes présentant une culture du gaz dans la cloche et une réaction indole positif (anneau rouge en surface après addition de quelques gouttes de réactif de KOVACS sont considérés comme positifs. C'est à dire comme contenant des coliformes fécaux.

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100ml d'eau.

3.6.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Principe

Deux techniques peuvent être utilisées pour la recherche des streptocoques fécaux :

- **Technique des tubes multiples.**

Matériels

- 3 flacons de 50ml de milieu de Rothe (bouillon à l'azote de sodium double concentration).
- 3 tubes de 10ml de milieu de Rothe double concentration.
- 3 tubes de 10ml de milieu de Rothe simple concentration.
- Tubes de milieu de LITSKY (EVA) (bouillon de l'azote de sodiu et à l'ethyl violet).

Mode opératoire

- Le test Présomptif est effectué sur le milieu de Rothe.
- Le test confirmatif sur le bouillon de Eva Litsky.
- L'ensemencement du milieu de Rothe se fait selon la méthode du nombre le plus probable.

On ensemence :

-3 flacon de 50 ml de milieu de Rothe double concentration avec 50 ml d'eau.

-3 tubes de 10 ml de milieu de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau.

-3 tubes de 10 ml de milieu de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau.

Remarque

- Incubation à 37 °C.
- La lecture se fait après 48h. Tous les tubes présentant un trouble sont retenus et confirmés.
- La confirmation est réalisée sur milieu de Eva Litsky. Quelques gouttes sont prélevées du milieu de Rothe et ensemencées dans le milieu de Eva Litsky, puis incubées à 37°C.
- La lecture se fait après 24h. Les tubes présentant un trouble et ou l'apparition d'une pastille violette au fond du tube traduisent la présence de Streptocoques fécaux.
- On note le nombre des tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de Streptocoques fécaux présents dans 100ml d'eau.

3.6.4 Recherche et dénombrement des Spores de Clostridium Sulfito- réducteurs

Principe

Après destruction des fores végétatives par chauffage à 80°C l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu additionné de sulfite de sodium et d'aluminium de fer. Après solidification et incubation la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour de colonies.

Matériels

- Gélose viande foie ;
- Sulfite de sodium ;
- Alun de fer ;
- Pipettes pasteur ;
- Tubes de 220*22mm ;
- Pipettes de 5ml et 1ml ;
- Bain marie à 80°C ;
- Bouillon viande- foie -glucose.

3.6.4.1 Dénombrement des germes sporulés sulfito-réducteur

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et en introduire 25ml environ dans un tube de 220*22mm.
- Porter 5mn à 80°C. Refroidir rapidement. Placer un bain marie bouillant quatre tubes contenant chacun 20ml de gélose viande foie. Après fusion complète du milieu. Assurer sa régénération en maintenant encore 10mn les tubes au bain marie.
- Refroidir rapidement à 55°C environ. Ajouter à chaque tube :

Solution de sulfite de sodium cristallisé à 10% 1ml.

Solution d'alun de fer à 5%.....4gouttes.

- Mélanger soigneusement sans faire de bulles. A chacun de ces quatre tubes ajouter 5ml de l'échantillon. Préalablement chauffé et refroidi soigneusement. Agiter à nouveau l'échantillon avant le prélèvement. Mélanger doucement sans introduire d'air et refroidir aussitôt dans l'eau du robinet.
- Incuber à 37°C durant 48h.
- Après ne lèreacture incuber à nouveau jusqu'à 24h e éventuellement 48h.
- Sont considérées comme susceptibles de provenir de Clostridium sulfito-réducteurs.
- Les colonies entourées d'une auréole noire.

3.6.5 Numération des germes totaux

Principe

Elle consiste en une estimation du nombre total des germes présents dans l'eau.

Matériel

- Gélose TGEA (Gélose tryptone glucose Agar).
- Boite de pétri.

- Eau distillée stérile en tube de 9ml.
- Pipette stérile de 1ml.
- Bain Marie.

Exécution des dilutions décimales

- Dilution au 1/10 : dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée stérile (ou de l'eau physiologique à 0.9%) ajouter 1ml d'eau à analyser.
- Agiter pour homogénéiser.
- Le choix du nombre de dilution dépend de la nature et de la richesse microbienne de l'eau. Pour une eau de consommation. On peut se contenter des dilutions 1/10 et 1/100.

Répartition des inocula et de la gélose en boîte de pétri.

- Deux boîtes de pétri d'un diamètre de 90mm.reçoivent chacune 1ml d'eau à analyser.
- Deux autres 1ml de la dilution 1/10. D'autres séries de deux reçoivent éventuellement 1ml des dilutions suivantes.
- Marquer sur chacune des boîtes de pétri le numéro d'enregistrement de l'eau à analyser.la température d'incubation et la dilution.
- Faire fendre la gélose (TGEA) lorsqu'elle est refroidie à 45° C. la couler aseptiquement dans les boîtes de pétri contenant les inocules.
- Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau avec la gélose sans faire des bulles. Laisser refroidir sr un plan parfaitement horizontal.
- Incuber une boîte de chaque dilution à 37°C et l'autre boîte à 22°C.

Remarque

- Les boîtes sont incubées à l'envers pour éviter une déshydratation de la gélose.
- La lecture se fait après 24h et 48h à 37°C après 72h à 22°C.
- Le dénombrement sera fait sur les boîtes contenant 50 colonies au moins et 300colonies au plus, sauf dans le cas o les boîtesensemencées avec un 1 ml d'eau pure supporterait un nombre inférieur.

Expression des résultats

Le résultat est donné en nombre de germes par ml.



Figure 30 : Les différents analyses bactériologiques.



Chapitre IV
Résultats et discussions

Introduction

L'hydrochimie est la science qui étudie des eaux. Cette étude permet de connaître les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité, suivre l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques. Elle est liée à la nature lithologique du terrain traversé, au climat et à l'activité anthropique. Elle permet aussi de comparer les eaux entre elles, d'interpréter les données d'analyses par des diagrammes.

Notre objectif consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la commune d'El-Hamma région de Begaga (W. Khenchela).

A cours de cette partie, nous allons présenter nos résultats obtenus tout en les comparant avec les normes algériennes et celles de l'OMS

4.1 Résultats des analyses de l'eau

Les analyses physico-chimiques des eaux, indiquent une variation des concentrations des certains éléments chimiques. Ce qui explique la présence des variations dans les normes de la qualité de l'eau dans certains points de mesures.

4.2 Les principaux paramètres physico-chimiques

4.2.1 Les paramètres physiques

4.2.1.1 La température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit au contrôle des réactions physiques, chimiques et biologiques (**Nouayti et al., 2015**).

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du pH. Sa mesure est effectuée par le thermomètre.

D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air, par ailleurs les eaux souterraines ont une température plus faible en raison de la profondeur (**Bacchin, 2005**).

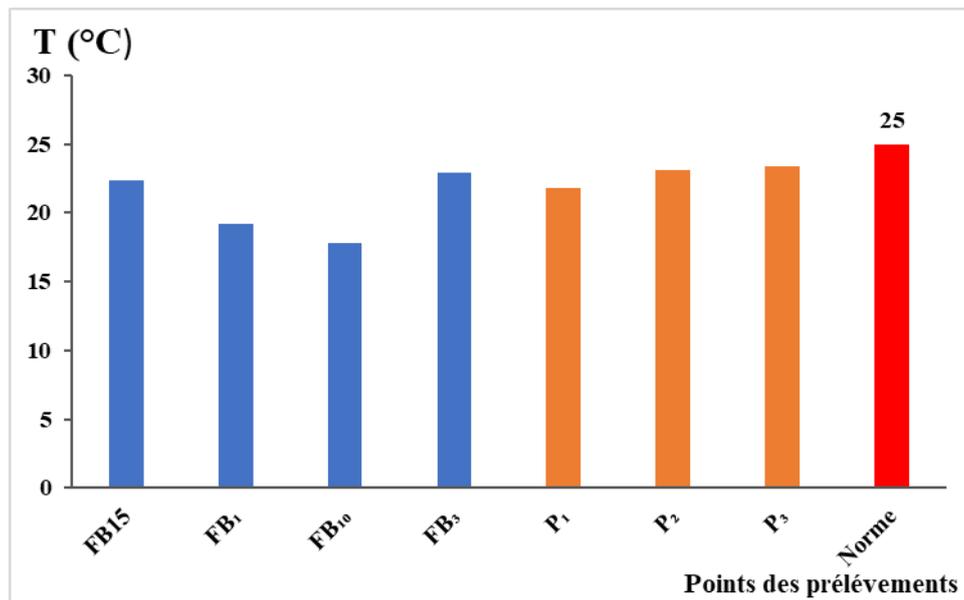


Figure 31 : Les variations de température des différents points d’eau de la région de Begaga (commune d’EL Hamma, Mai 2022).

D’après les résultats des températures de l’eau étudiée, la (**figure 31**) montre que les valeurs de température mesurée sont différentes. Nous ne constatons que la température minimale enregistrée au point : FB₁₀ avec la valeur 17.8 °C et la température maximale enregistrée au point FB15 avec la valeur 22.4 °C et avec une moyenne de 21.51 °C. Dans le cas des sites d’études les valeurs obtenues restent dans les normes.

4.2.1.2 Le potentiel hydrogène

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (**Rodier et al., 2009**). Est une des caractéristiques fondamentales de l’eau. Il est déterminé à partir de la quantité d’ions d’hydrogène hydronium (H⁺) ou d’ions hydroxyde (OH⁻) contenus dans la substance quand les quantités de ces deux ions sont égales, l’eau (ou la substance) est considérée comme neutre.

Le pH d’une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique Au-dessous de 7, la substance est acide la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d’une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique.

Un pH inférieur à 5 ou supérieur à 9, réduit considérablement le nombre d'espèces végétales et animales. Généralement, le développement optimal est obtenu lorsque la valeur du pH s'étend entre 6.5 et 8.5 (OMS, 2007).

Il est lié aux variations de la température, salinité, oxygène dissous, du taux de CO₂ et des terrains traversés. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées ; elle peut être acide, basiques ou neutres, leur pH est lié à la nature des terrains traversés (Ben Chabane *et al.*, 2018).

Dans le réseau de distribution, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous (Khelil, 2006).

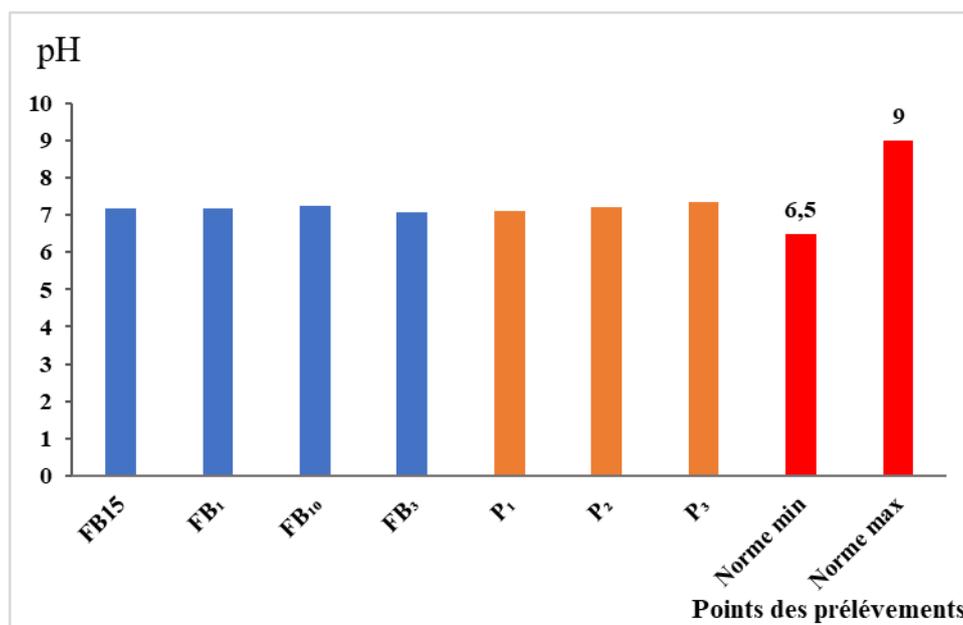


Figure 32 : Les variations de pH des différents points d'eaux de la région Begaga (commune d'EL Hamma, Mai 2022).

Les variations du pH dans la région d'étude varient entre 7.09 et 7.36 sachant que le pH doit être compris entre 6.5 et 9 selon les normes algériennes (Jora, 2011). La valeur minimale est enregistrée au niveau de point FB₃ et la valeur maximale est enregistrée au point P₃.

D'une manière générale, les eaux de la région d'étude sont de type alcalin. Les résultats de ce paramètre ont mis en évidence que la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

4.2.1.3 La conductivité électrique

La conductivité électrique indique la capacité de l'eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes.

Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la capacité d'ionisation, la charge ionique, la température, la mobilité. La conductivité électrique sert aussi à évaluer le degré de minéralisation d'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH peu ordinaires, soit avec une salinité élevée (Tchadanaye *et al.*, 2016).

Une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Brémaude *et al.* ; 2006).

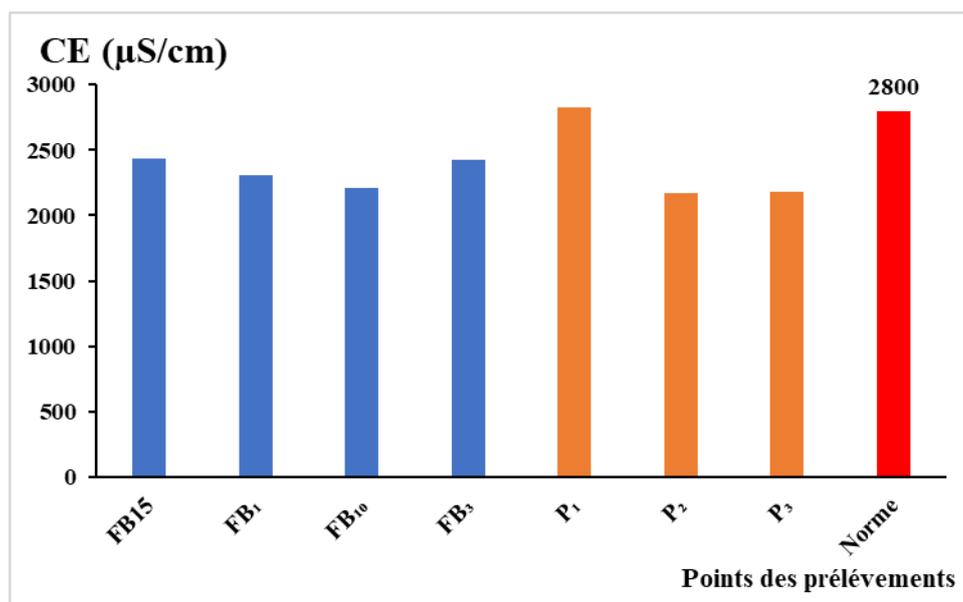


Figure 33 : Les variations la conductivité électrique des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

D'après les résultats, les valeurs de la conductivité enregistrées dans notre travail varient entre 2173 $\mu\text{s/cm}$ et 2830 $\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de 2368.14 $\mu\text{s/cm}$

Les résultats concernant les mesures de ce paramètre ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas la norme à 2800 $\mu\text{s/cm}$, sauf le point P₁ avec une valeur de 2830 $\mu\text{s/cm}$.

Malgré sa situation de la majorité des points de prélèvements dans les normes, mais d'après (Cheikh, 2007), une minéralisation trop importante ($\text{CE} > 1\ 000\ \mu\text{s/cm}$) peut être à l'origine de dépôts (entartrage lorsque les sels de calcium sont en excès), mais sans conséquences importantes sur la santé.

4.2.1.4 La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. (Coulibaly, 2005).

La turbidité est favorisée par la pluviométrie et les apports dus au ruissellement. En profondeur, la turbidité empêche la lumière d'arriver, influençant ainsi la végétation, spécialement dans les hydrosystèmes superficiels (Rodier, 1996).

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale (Hayzoun, 2014).

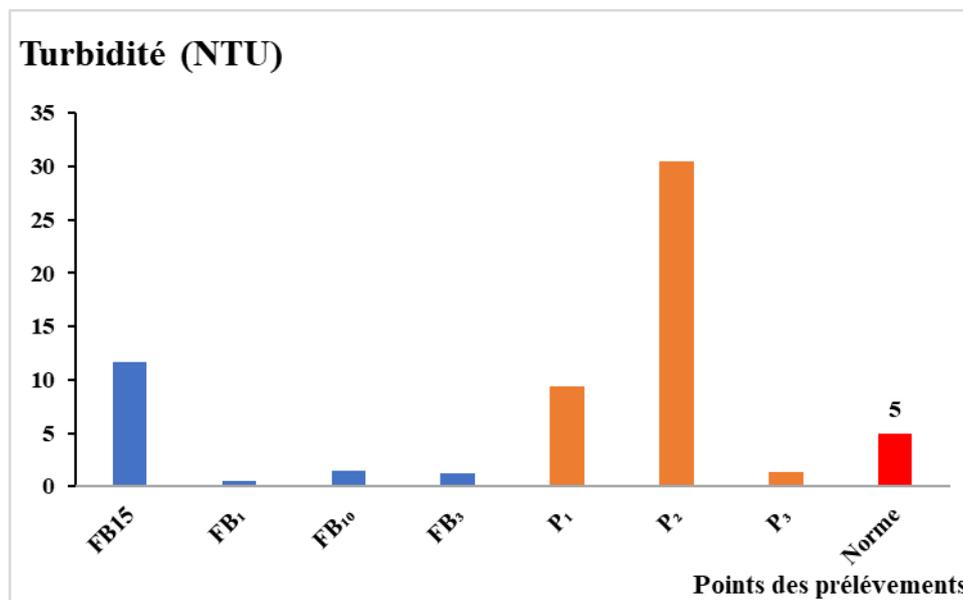


Figure 34 : Les variations la turbidité des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

D'après les résultats obtenus, les valeurs enregistrées par le turbidimètre varient entre 0.48 NTU à 30.5 NTU avec une moyenne de 54.9 NTU.

La valeur minimale est enregistrée au niveau de point FB₁ et la valeur maximale est enregistré au niveau de point P₂

Les résultats concernant les mesures de la turbidité ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes à 5 NTU sauf les points P₁ (9.43 NTU), FB15 (11.6 NTU) et le point P₂ avec la valeur 30.5 NTU.

Et cette augmentation expliquée par la présence de la matière organique dans les résultats de la zone d'étude qui a causé de la nature des sols qui favorise fortement l'infiltration.

D'après (Khelil, 2006). Si la turbidité d'eau est supérieure à 0,4 NTU, l'action des désinfectants est ralentie, voire annulée. Ainsi, un traitement de chlore libre à 0,4 mg/l pendant une heure, qui donne normalement une garantie bactériologique à l'eau, n'est actif que si la turbidité est inférieure à 0,4 NTU.

4.2.1.5 La dureté

La dureté totale d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre.

La dureté de l'eau est due à une variété d'ions métalliques polyvalents dissous, principalement les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient (Malloum *et al* ; 2015).

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer...etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. Une eau à titre hydrotimétrique élevée est dite dure, dans le cas contraire il s'agit d'une douce (Lu *et al* ; 2017).

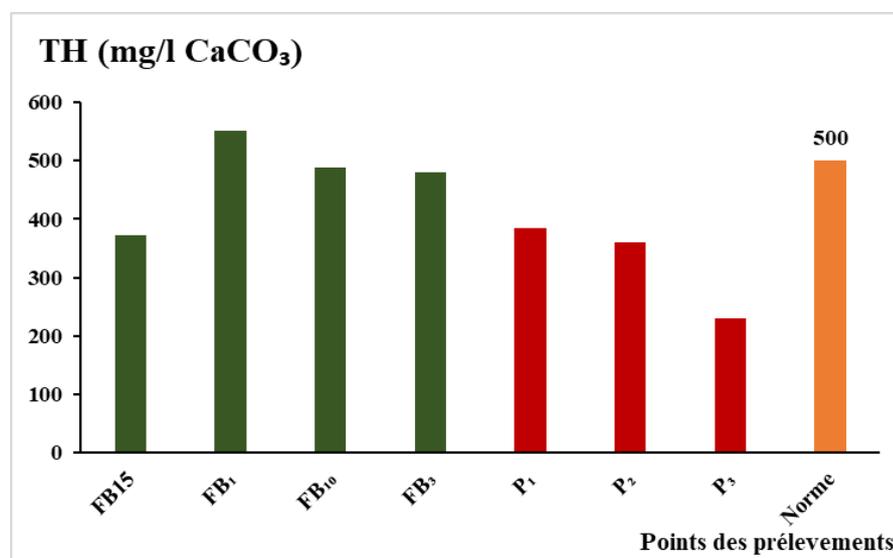


Figure 35 : Les variations de la dureté des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Les valeurs des résultats obtenus de la dureté varient entre 230 mg/l enregistrée dans point P₃ et 552 mg/l enregistrée dans le point FB₁ avec une moyenne de 409.43 mg/l.

Les résultats concernant les mesures de la dureté ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes à 500 mg/l.

Sauf le point FB₁ avec la valeur 552 mg/l, cette concentration est liée à des eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de CaCO₃/l (**Rodier et al ; 2005**).

Mais elle n'a aucun impact sur la santé du consommateur dans la mesure où un certain nombre d'études épidémiologiques (**Neri et al ; 1972, Anderson et al ; 1975, Stitt et al ; 1973, Hudson et al ; 1973**), ont montré qu'il existe une corrélation statistique inverse entre la dureté de l'eau potable et certains types de maladies cardio-vasculaires.

4.2.2 Les paramètres chimiques

4.2.2.1 Chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/L, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000 mg/l (**Rodier, 2009**).

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple. Ils peuvent provenir d'une intrusion d'eau marine, ou suite à l'action humaine à partir du salage des routes ou par une contamination par les eaux usées. Ils peuvent provenir également de la dissolution des sels par le lessivage des terrains salifères (**Belkhiri, 2011**).

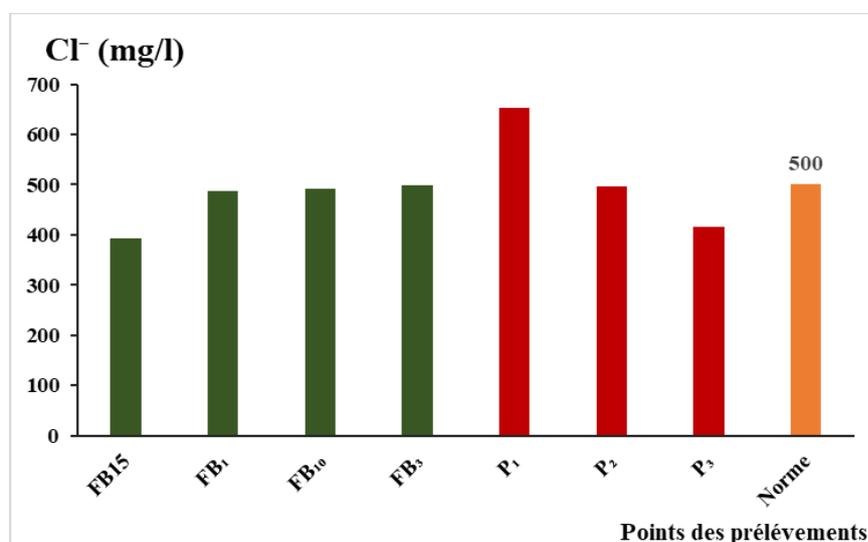


Figure 36 : Les variations de chlorure des différents points d'eaux de la région Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats des analyses effectuées des différents points de prélèvement d'eaux présentent des teneurs en chlorures un peu variables entre elles avec des valeurs de 392 mg/l enregistrée dans point FB15 et 654 mg/l enregistrée aux points P₁ et une moyenne de 491.14 mg/l.

Les résultats concernant les mesures de chlorure ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes (500 mg/l), sauf le point P₁ avec une valeur 654 mg/l.

Nous lions ces teneurs par l'effet de la percolation à travers les terrains salifères dans le remplissage Plio-Quaternaire, et lessivage des concentrations salines superficielles en cas de forte pluie. Et aussi cette augmentation peut être d'origine industriel, selon les activités de la région.

4.2.2.2 Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**Rodier et al.,2009**).

C'est un métal alcalin terreux, est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau (**Nouayti et al., 2015**).

L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Des recherches et des études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau.

Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimées approximativement entre 700 et 900 mg/jour. De plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin. Les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium, présentent des inconvénients pour les usages domestiques (**Rodier et al.,2009**).

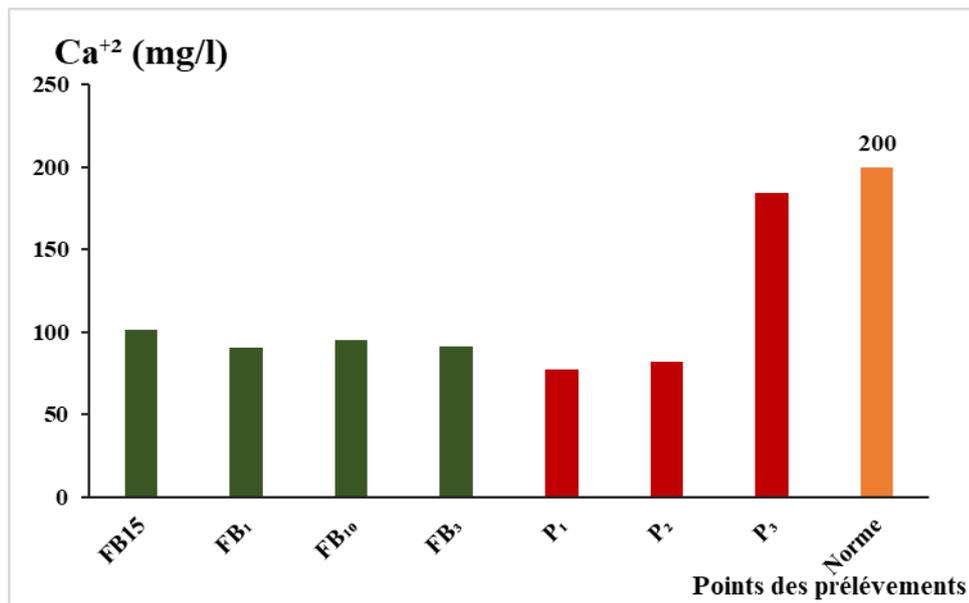


Figure 37 : Les variations de Calcium des différents points d’eau de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Les valeurs des résultats obtenus de calcium varient entre 77 et 184 mg/l avec une moyenne 102.86 mg/l

La valeur maximale 184 mg/l est enregistrée dans le point P₃, et une valeur minimale 77 mg/l enregistrée dans le point P₁. Elles ne dépassent pas la norme Algérienne de 200 mg/l.

Le calcium est parmi les éléments les plus répons dans la nature en particulier dans les roches terrestres (croute calcaire dans le remplissage Plio-Quaternaire), cela peut expliquer les concentrations obtenues dans la majorité des points de prélèvements.

4.2.2.3 Magnésium

Le magnésium est l’un des éléments les plus répandus dans la nature; il constitue environ 2.1% de l’écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l’eau, le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l’eau. Il est présent sous forme de carbonates et d’hydrogencarbonates (**Rodier et al., 2009**).

C’est un élément indispensable pour la croissance, il intervient comme élément plastique dans l’os et comme élément dynamique dans les synthèses enzymatiques et hormonales. Les concentrations de magnésium ne sont pas tellement dépendantes des activités humaines, donc le magnésium n’est pas utilisé comme indicateur de stress lié à la pollution (**Rodier, 1975**).

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^{+2} (Dib, 2009).

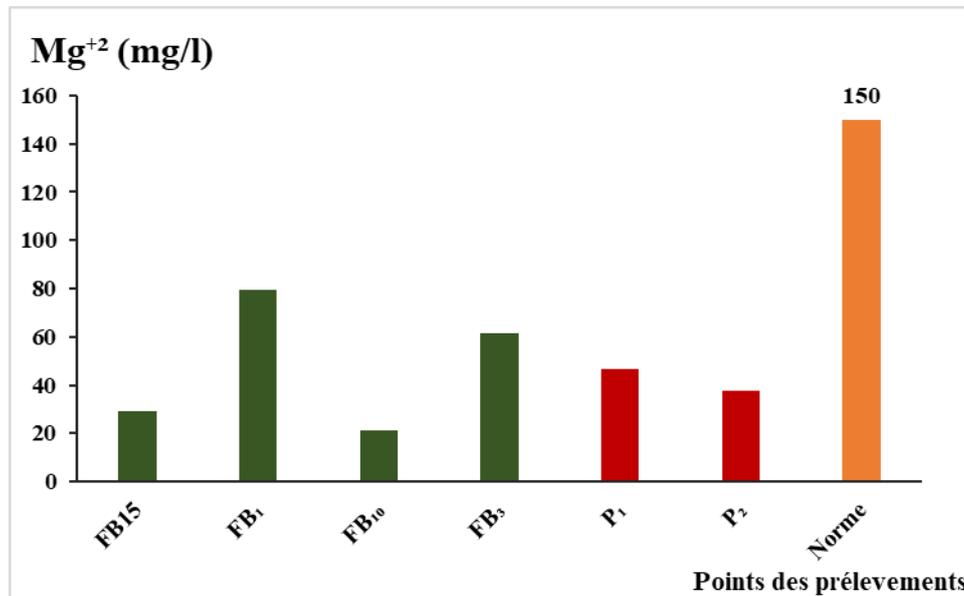


Figure 38 : Les variations de magnésium des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats obtenus à partir des analyses de magnésium montrent que les valeurs dosées oscillent entre 21,236 mg/l dans le point FB₁₀ à 79.7 mg/l dans le point FB₁ avec une moyenne 45.98 mg/l. Donc elles ne dépassent pas la norme Algérienne de 150mg/l.

NB : l'échantillon P₃ n'a pas été analysé.

4.2.2.4 Sulfate

Sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peut avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution (Boutaba, 2019).

Ils sont rencontrés sous forme de sulfates de magnésium ou calcique. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse. Dans les eaux dures à fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants), comme ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (Charfi, 2014).

Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, celui-ci existe à l'état naturel dans certains minéraux tel le gypse et la baryte. Sa présence dans des eaux phréatiques provoque une dissolution du gypse (Meybeck *et al.*, 1996).

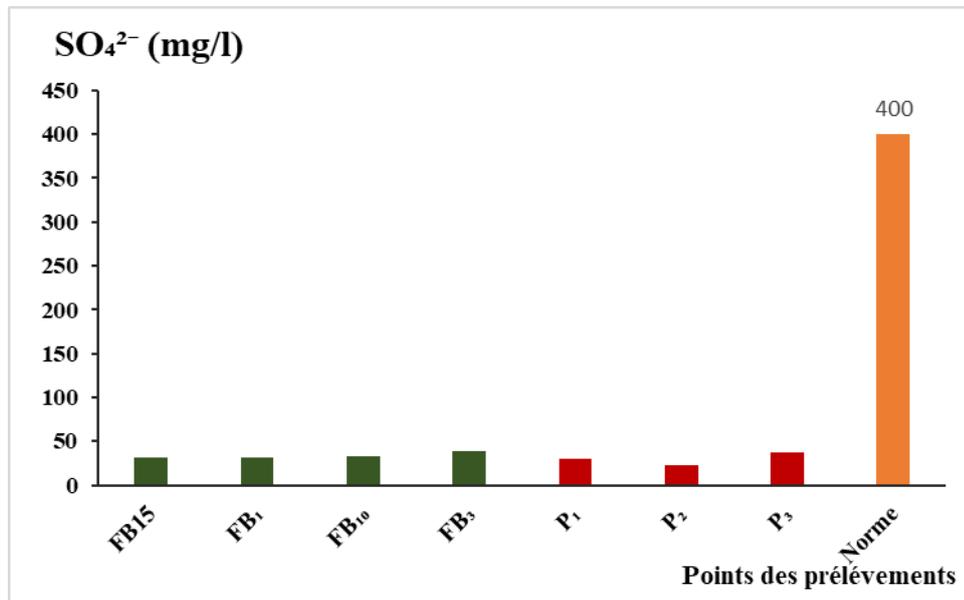


Figure 39 : Les variations de sulfate des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Dans les points d'eau analysés, les teneurs en sulfate variaient entre 22,135 mg/l et 39,063mg/l avec une moyenne 32.24 mg/l.

La valeur maximale 39,063 mg/l est observée dans le point FB₃. La valeur minimale 22.135 mg/l est enregistrée dans le point P₂. Ces résultats ne dépassent pas les normes (400 mg/l).

4.2.2.5 Sodium

Le sodium est un élément dit conservatif car une fois en solution, aucune réaction ne permet de l'extraire de l'eau souterraine. Les précipitations apportent une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir de lessivage de sels, ou de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres (Rodier *et al.*, 2009).

Le sodium C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé...) ;
- Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour) ;

- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**Rodier, 2005**).

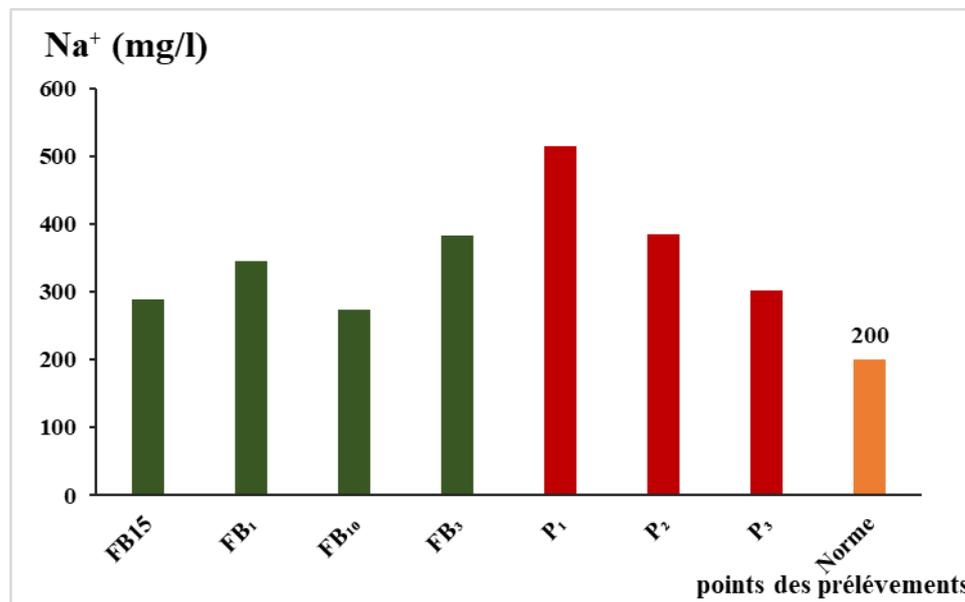


Figure 40 : Les variations de sodium des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats des analyses effectuées des différents points de prélèvement d’eaux présentent des teneurs en sodium montrent que les concentrations varient entre 273 mg/l enregistrée dans le point FB₁₀ et 515 mg/l enregistrée dans le point P₁ et une moyenne de 355.71 mg/l.

Les résultats concernant les mesures de sodium ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre dépassent les normes (200 mg/l). A cause de la percolation à travers des terrains salés ou de l’infiltration d’eaux saumâtres.

4.2.2.5 Bicarbonate

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate CO₃⁻² et un tiers Environ des phosphates présents (**Menad et al., 2012**).

La teneur en bicarbonates dans les eaux souterraines dépend surtout de la présence des minéraux carbonatés dans le sol et l’aquifère, ainsi que la teneur en CO₂ de l’air et du sol dans le bassin d’alimentation. (**Matthess, 1994**).

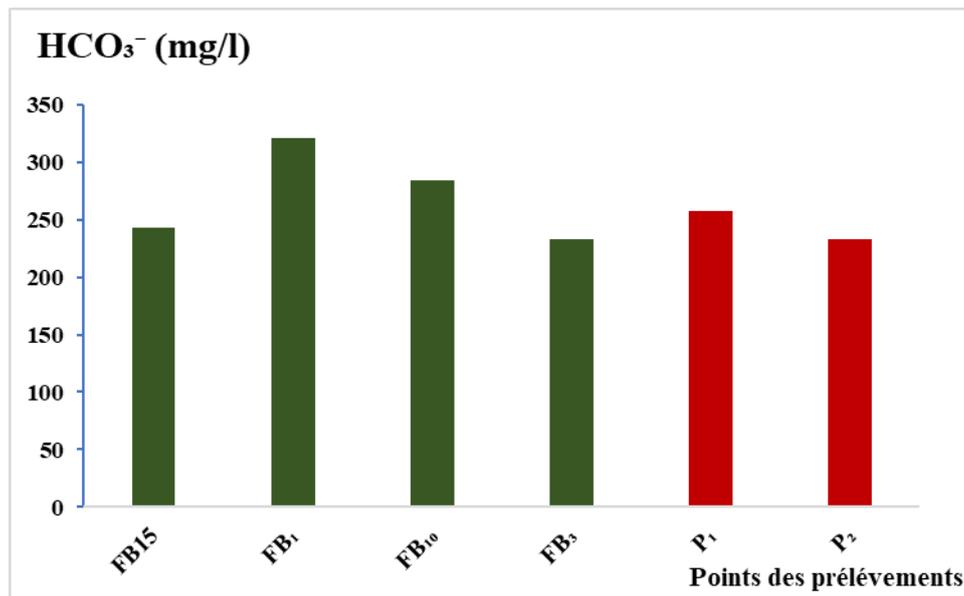


Figure 41 : Les variations de bicarbonate des différents points d’eau de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

D’après les résultats des bicarbonates de l’eau étudiée, la (figure 41) montre que les valeurs de bicarbonate mesurée sont variées entre 233 mg/l et 321 mg/l avec une moyenne 261.83 mg/l.

La valeur maximale 321 mg/l est observée dans le point FB₁. La valeur minimale 233 mg/l est enregistrée aux les point FB₁ et P₂.

NB : l’échantillon P₃ n’a pas été analysé.

4.2.2.6 Titre Alcalimétrique Complet

Le TAC donnant l’alcalinité totale d’eau, il mesure les espèces basiques dans l’eau (ions hydroxydes OH⁻, ions carbonates CO₃⁻² et ions bicarbonate HCO₃⁻).

Le TAC est un indicateur de pouvoir tampon de l’eau face aux substances acides. Il existe une relation entre le pH et le TAC, En pratique pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3 ; le TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates HCO₃⁻. Pour la consommation humaine l’optimum se situe entre 10 et 20°F soit entre 2 et 5 meq/l (**Bengaibona, 2010**).

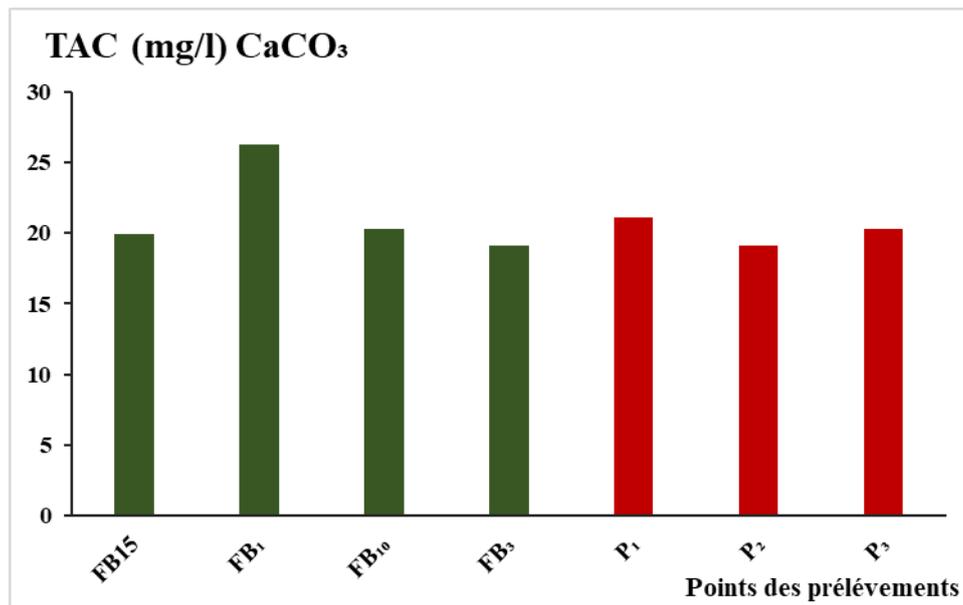


Figure 42 : Les variations de TAC des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

La valeur relative de TAC permet de connaître la quantité d’hydroxyde, de carbonates et bicarbonates présents dans l’eau.

D’après les résultats obtenus, on note que la TAC varie entre 19.1mg/l CaCO₃ et 26.3 mg/l CaCO₃ avec une moyenne de 20.87 mg/l CaCO₃. La valeur minimale a été enregistrée aux niveaux des points FB₃ et P₂ et la valeur maximale a été enregistrée dans le point FB₁

L’analyse de la variance des teneurs en TAC des eaux étudiées présentent une différence significative d’un point à l’autre

4.2.2.7 Fer

Le fer est un métal assez soluble que l’on retrouve dans l’eau et qui précipite par oxydation à l’air, Un excès de fer dans l’eau, se précipite au contact de l’air en formant des flacons rouges qui troublent l’eau et tachent le linge (**Bouziyani, 2000**).

Dans l’eau, le fer il peut provenir, des terrains où se trouve l’eau, de rejets industriels, de la corrosion des conduites non protégées, des réactifs utilisés pour la production d’eau potable (**Rejsek, 2002**).

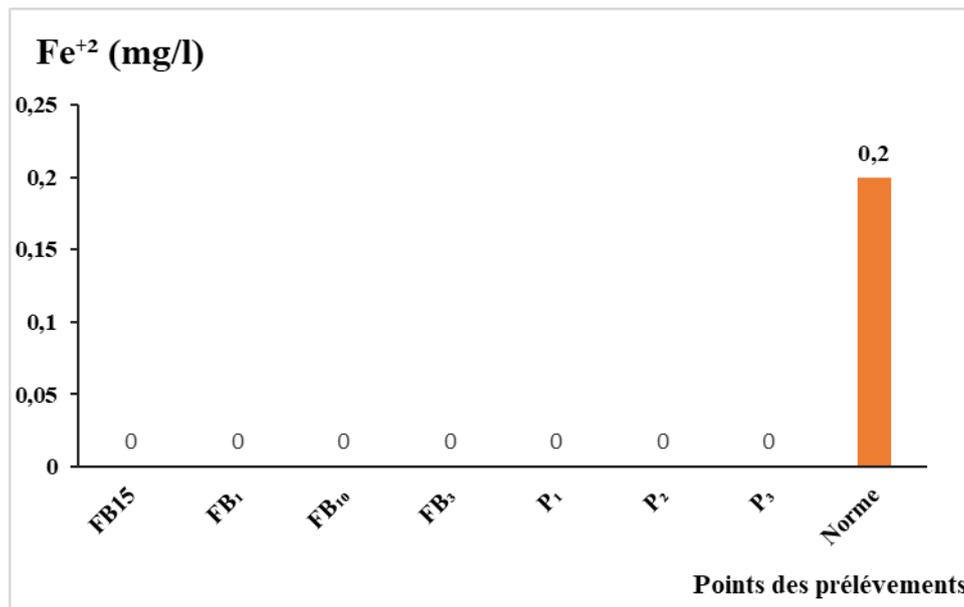


Figure 43 : Les variations de fer des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats obtenus à partir des analyses de Fer des différents points de prélèvement présentent des teneurs égales à la valeur 0 mg/l dans tous les points de prélèvements. Liée à l’absence de l’élément de fer dans la géologie de la région d’étude.

4.2.3 Les éléments nutritifs

4.2.3.1 L’azote ammoniacal

C'est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains, soit par réduction des formes azotées (Nitrates et Nitrites) en conditions réduites.

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés ; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (**Hamdi et Ait Kaci, 2008**).

L'ammoniaque (NH_3) provient principalement de la décomposition de la matière organique par les bactéries, une autre source peut être le déversement d'eaux d'égout non traitées. L'ammoniaque est surtout présente sous forme d'ion ammonium (NH_4^+) dans l'eau facilement assimilé par les plantes, il devient une source importante d'azote, donc de fertilisant auprès du phytoplancton et des algues de surface qui prolifèrent en sa présence (**Thibeault, 2006**).

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines résulte à une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques et industriels ou un phénomène de réduction naturelle des nitrates [1].

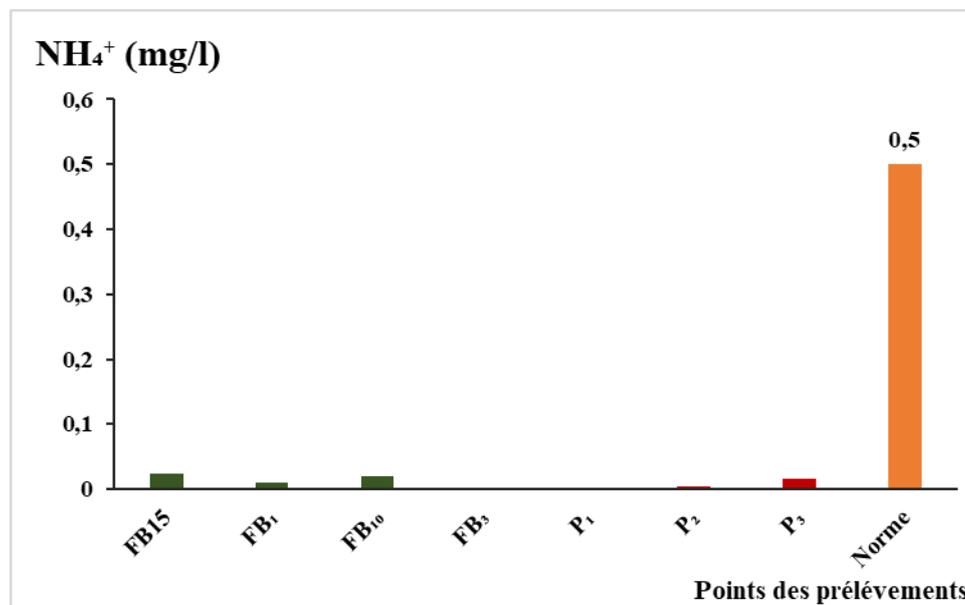


Figure 44 : Les variations des ammoniums des différents points d'eau de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats obtenus à partir des analyses d'ammonium de l'eau des différents points de prélèvement sont représentés sur la (figure 44), ces résultats varient entre une valeur minimale de 0 mg/l enregistrée aux points FB₃ et P₁ et une valeur maximale de 0,023 mg/l enregistrée au niveau FB15 avec une moyenne 0.01 mg/l.

Les niveaux d'ammonium dans l'eau analysée sont acceptables et répondent aux normes.

4.2.3.2 Nitrites

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites m constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

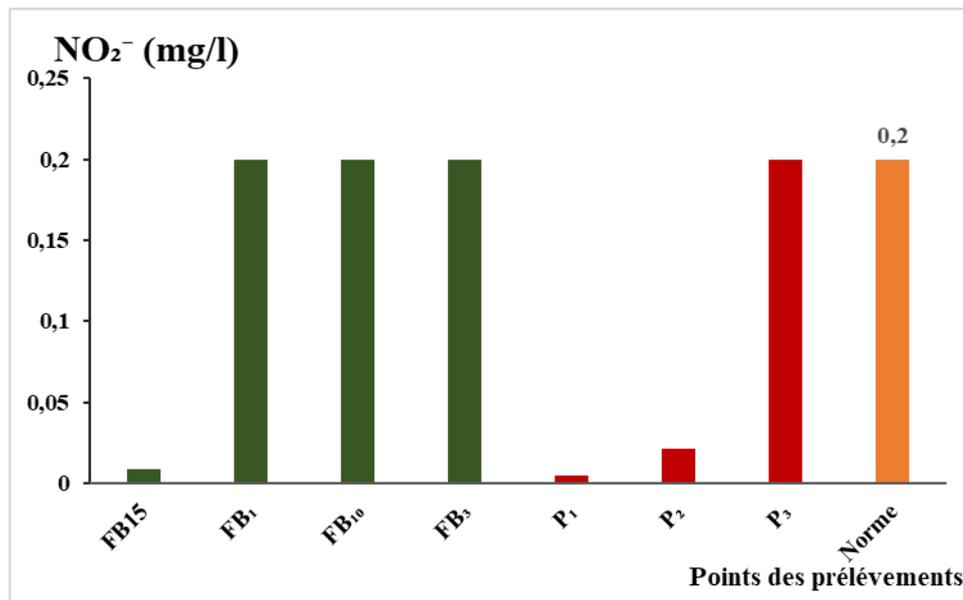


Figure 45 : Les variations des nitrites des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Les résultats obtenus à partir des analyses de nitrite de l'eau des différents points de prélèvement sont représentés sur la (figure 45).

Les teneurs en Nitrite varient entre 0,005 mg/l enregistrée dans le point P₁ et 0.2 mg/l enregistrée aux points FB₁, FB₁₀ et FB₃ avec une moyenne de 0.11 mg/l. Mais qui demeurent toujours dans les normes algériennes.

4.2.3.3 Nitrate

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (**Rodier et al ; 2009**).

Les nitrates sont des ions naturels présents dans l'environnement. Ils proviennent de la décomposition des matières organiques (**DINEPA et al ; 2013**). Ils font partie des contaminants chimiques les plus omniprésents dans les masses d'eau dans le monde.

La contamination de l'eau par les nitrates est plus fréquemment associée à une certaine forme de pollution anthropique. Les nitrates sont très solubles dans l'eau et peuvent facilement se déplacer dans le sol. Au fil du temps, les nitrates peuvent s'accumuler dans les eaux souterraines qui peuvent ensuite être utilisées comme source d'eau potable (**Hailu, 2017**).

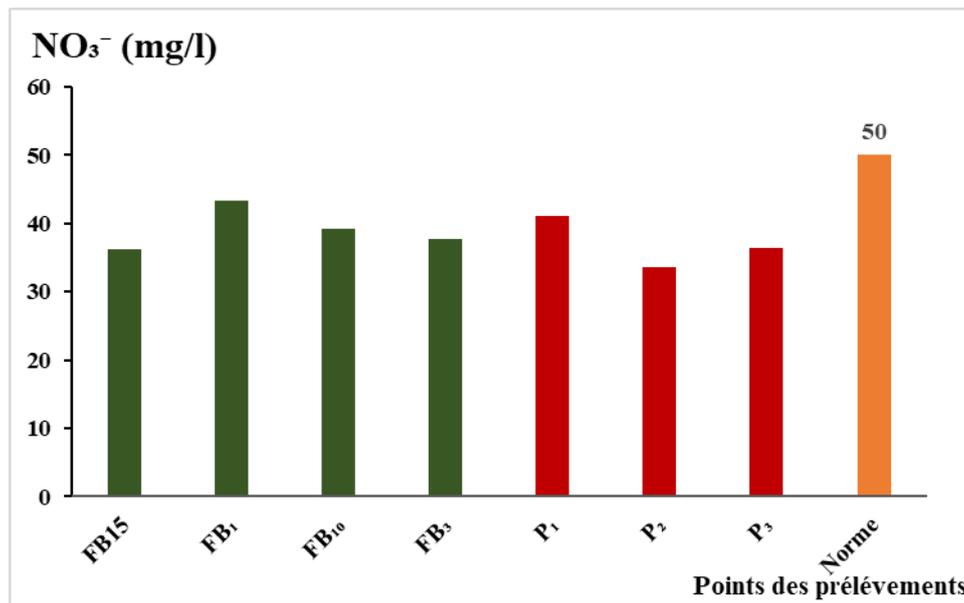


Figure 46 : Les variations des nitrates des différents points d’eau de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Selon la (figure 46) on remarque que les teneurs en nitrates sont assez faibles durant la période de prélèvement et inférieure par rapport à la norme. Où la valeur minimale est enregistrée dans point P₂ avec une valeur de l’ordre de 33,52 mg/l par contre la valeur maximale est observée dans aux points FB₁ avec une valeur de l’ordre de 43,39 mg/l

Les eaux de zone d’étude présentent une valeur moyenne de l’ordre de 38.22 mg/l.

4.2.3.4 Les phosphates

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l’ortho phosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (**Hamdi et Ait Kaci, 2008**).

La présence de phosphore dans l’eau est due à des sources naturelles (érosion, lessivage), à des pollutions diffuse (engrais, lessivage) ou ponctuelle (effluents, notamment avec les rejets de détergents auxquels les phosphates sont encore fréquemment associés) (**Hizia, 2012**).

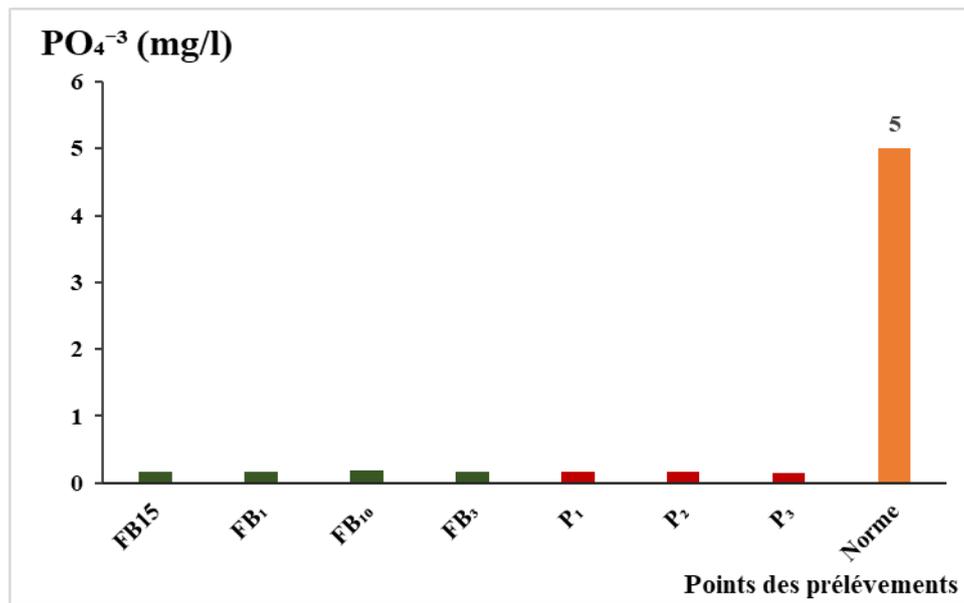


Figure 47 : Les variations des phosphates des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Selon la (figure 47) les résultats d’analyses des eaux de sites étudiés montrent que les teneurs des phosphates varient entre 0,157 mg/l enregistrée dans point P₃ et 0.16 mg/l enregistrée aux points FB₃ et FB₁.

Les eaux de la zone d’étude présentent une valeur moyenne de l’ordre de 0.164 mg/l.

Donc les résultats concernant les mesures du phosphate ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes.

4.2.4 Les éléments organiques

4.2.4.1 Matière organique

On désigne sous le terme de M.O un ensemble des substances organiques de nature et de propriétés variées. Est définie comme la matière spécifique des êtres vivants végétaux et animaux (**Koull, 2007**).

Les matières organiques susceptibles d’être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d’origine animale ou végétale, élaborés sous l’influence des microorganismes. L’inconvénient des matières organiques est de favoriser l’apparition de mauvais goût (**Berne et Jean, 1991**).

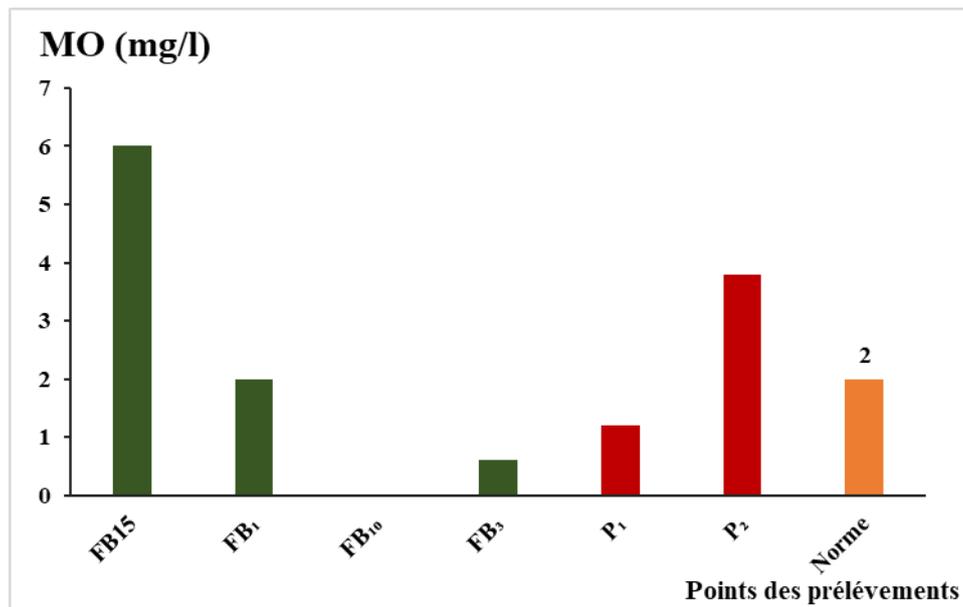


Figure 48 : Les variations des matières organiques (MO) des différents points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Les eaux analysées présentent une matière organique qui varie de 0 mg/l à 6 mg/l avec une moyenne de 2.26 mg/l.

La valeur minimale est enregistrée au niveau de point FB15 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de point FB10.

Les résultats concernant les mesures de la matière organique ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes (2 mg/l), sauf les points FB15 et P₂ avec les valeurs 6 mg/l et 3.8 mg/l respectivement.

Ce qui explique par l'augmentation de turbidité la zone d'étude qui est favorisée par la pluviométrie et les apports dus au ruissellement.

NB : l'échantillon P₃ n'a pas été analysé.

4.2.4.2 Résidu Sec

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (**Khelili et al Lazali, 2015**).

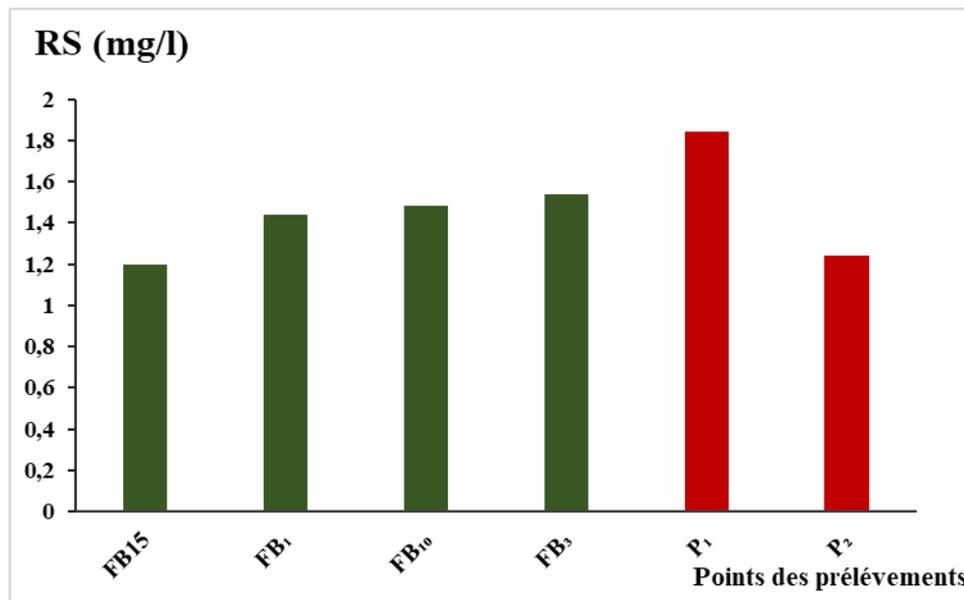


Figure 49 : Les variations de résidu sec des différents points d’eaux de la région de Begaga (commune d’EL HAMMA, Mai 2022).

Selon la (figure 49) les résultats d’analyses des eaux de sites étudiés montrent que les teneurs de résidu sec varient entre 1.2 mg/l enregistrée dans point FB15 et 1.84 mg/l enregistrée dans le point P₁.

Les eaux de la zone d’étude présentent une valeur moyenne de l’ordre de 1.45 mg/l.

NB : L’échantillon P₃ n’a pas été analysé

4.3 Les paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l’eau sont essentiellement des analyses d’indicateurs : indicateurs de pollution dans une eau naturelle, indicateurs d’efficacité de traitement dans une eau traitée (Rodier et al., 2009).

Les résultats des analyses bactériologique en période d’étude des eaux sont présentés dans le (tableau 14)

Tableau 14 : Les résultats des différents paramètres bactériologiques de site étudié de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA, Mai 2022).

Paramètres Bactériologiques	Les points des prélèvements						
	FB10	FB ₁	FB ₁₀	FB ₃	P ₁	P ₂	P ₃
Coliformes totaux n /100 ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Escherichia Coli n / 100 ml	/	/	/	/	/	/	/
Entérocoques n / 100 ml	/	/	/	/	/	/	/

Notre étude est effectuée sur les germes suivant : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les Clostridium Sulfito-réducteurs.

D'après les résultats obtenus, d'analyses bactériologiques des eaux de la région de Begaga (Commune d'El-Hamma), On remarque une absence des germes dans les différents points des prélèvements.

A la lumière de ces résultats, il ressort que, ces points d'eaux sont conformés aux normes 0c/100 ml.

4.4 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.

4.4.1 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.

4.4.1.1 Diagramme de Piper

Ce type de diagramme permet de représenter, simultanément plusieurs échantillons d'eau. Il est composé d'un losange au centre encadré par deux triangles équilatéraux, permettant de représenter, séparément, les cations et les anions.

Le diagramme de Piper utilise les éléments majeurs pour représenter les différents faciès de l'eau. Il permet également de voir l'évolution chimique d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses, espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents.

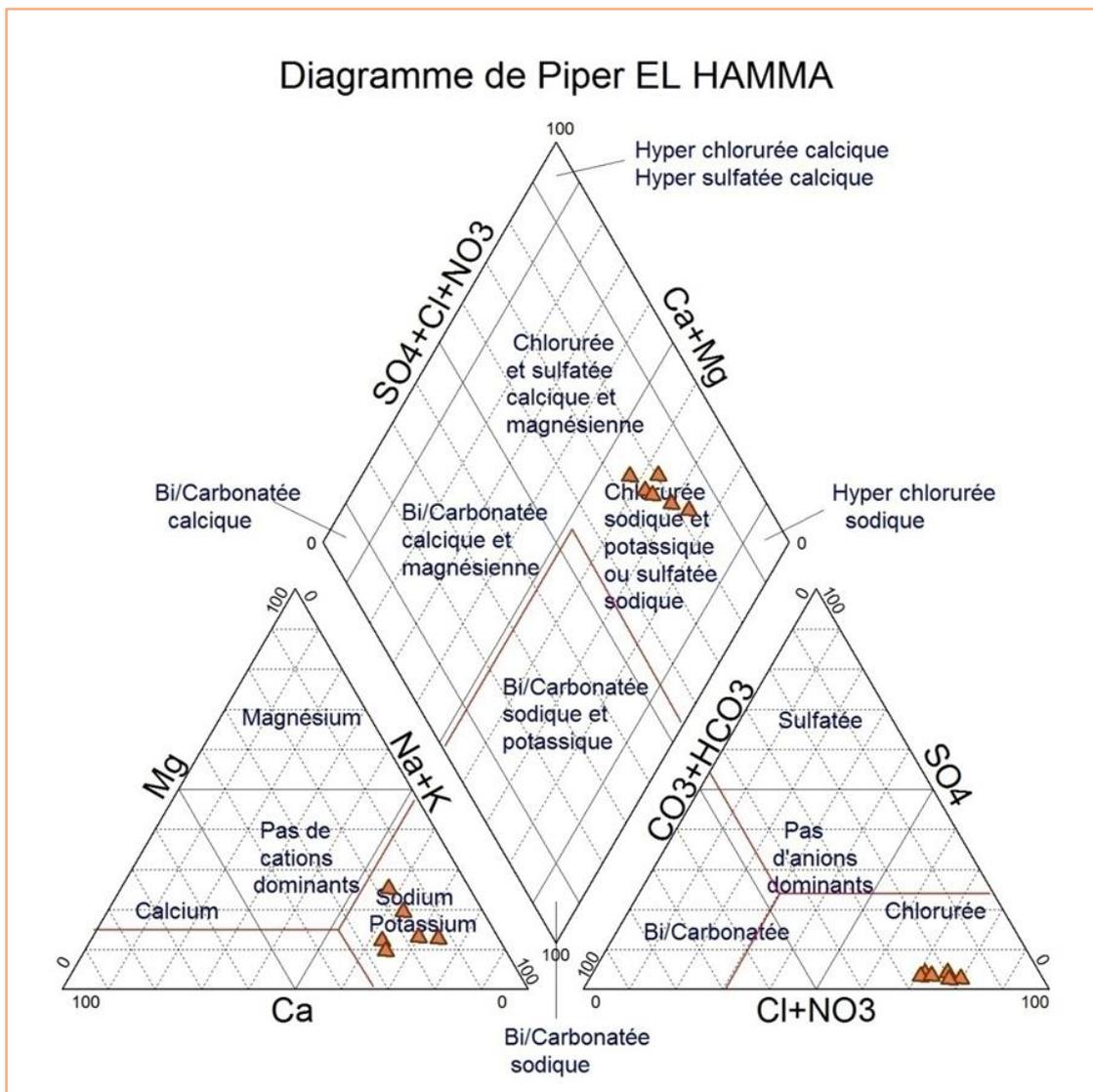


Figure 50 : Représentation des échantillons des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA) sur le diagramme de Piper.

L'analyse de la représentation des points d'eaux de la région de Begaga sur le diagramme de Piper montre que les eaux analysées sont principalement de faciès de chloruré sodique et potassique.

4.4.1.2 Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de **Schoeller-Berkaloff** permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d'eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence (**Gouidia, 2008**).

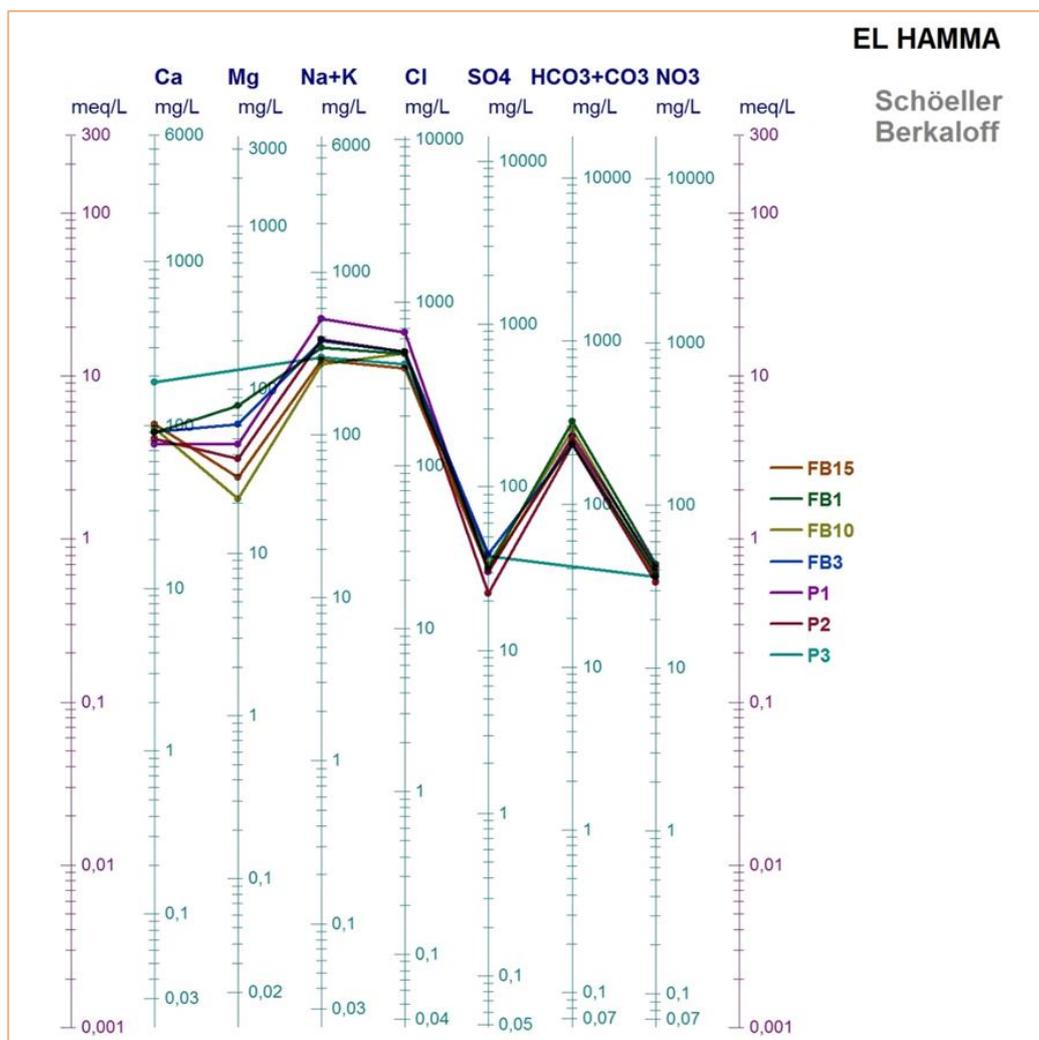


Figure 51 : Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'EL HAMMA).

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 potassique. Due à la dissolution de formation plio-Quaternaire de la région d'étude

4.4.2 Aptitude à l'irrigation des eaux de la région de Begaga (commune d'EL Hamma)

La rareté des précipitations et la forte évaporation, on contraint les agriculteurs à utiliser les des puits et des forages dans l'irrigation des terres agricoles. C'est Pour cette raison que la qualité de l'eau utilisée dans l'agriculture doit présenter les meilleurs paramètres physico-chimiques.

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

4.4.2.1 Classification de Riverside

Dans le but de mettre en relief l'effet de la lithologie sur l'aptitude des eaux à l'irrigation, nous avons cartographié la qualité des eaux à l'irrigation. Une eau chargée en sels peut provoquer un risque pour l'irrigation. Ce risque est déterminé à l'aide de la valeur du sodium absorbable (Sodium Absorption Ratio, SAR). Ce paramètre comme étant une détermination du pouvoir d'échange des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , par le Na dans les argiles et les colloïdes, Il est défini par l'expression suivante :

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2)^{1/2}$$

Avec :

- **Na** : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l
- **Ca** : concentration de l'eau en ions calcium en méq/l
- **Mg** : concentration de l'eau en ions magnésium en méq/l

On définit différentes classes d'eau en fonction de leur SAR (S1 à S4).

Le diagramme de Riverside est construit en croisant le SAR (Sodium Absorption Ratio) calculé et la conductivité mesurée.

- **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.

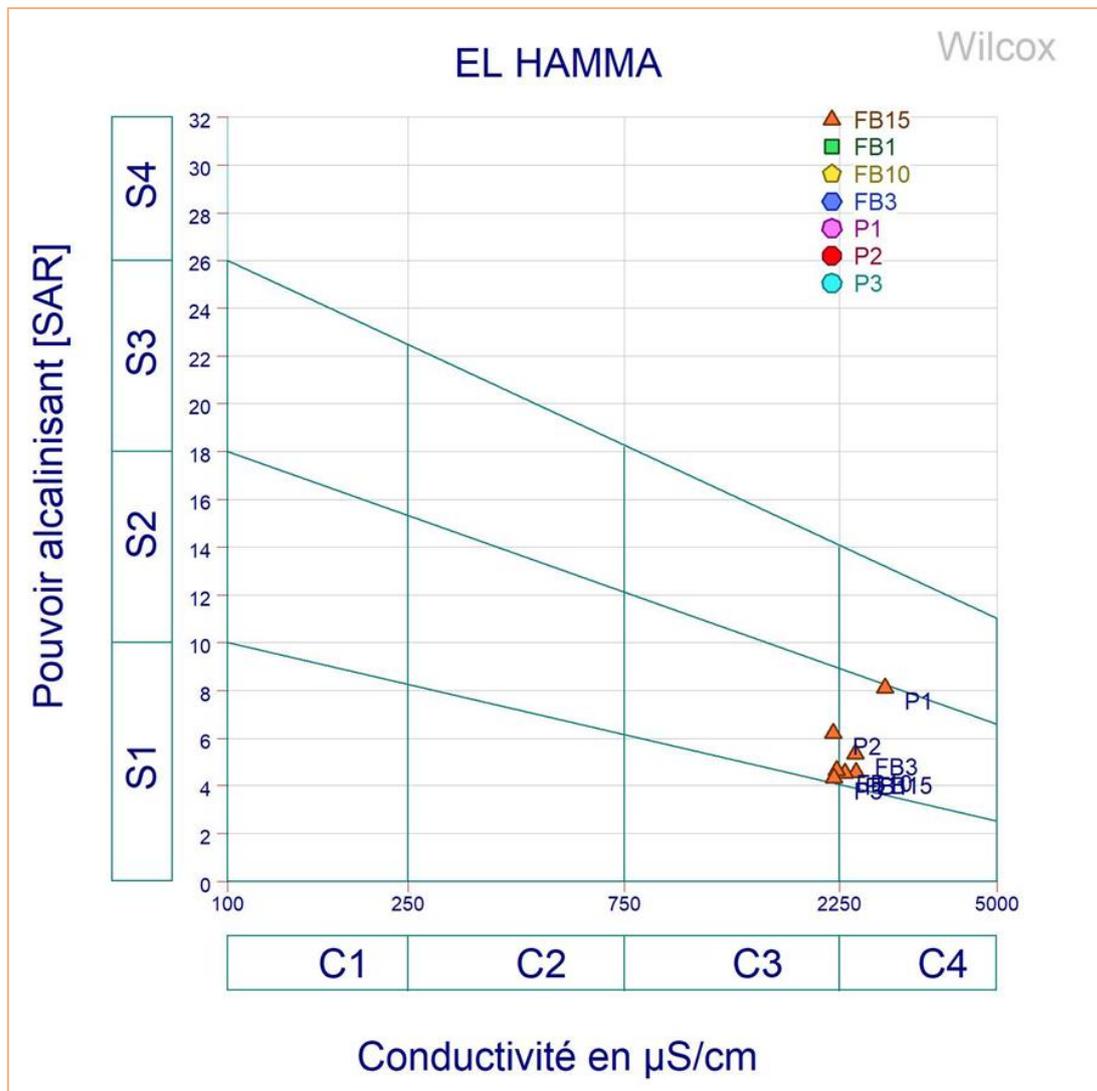
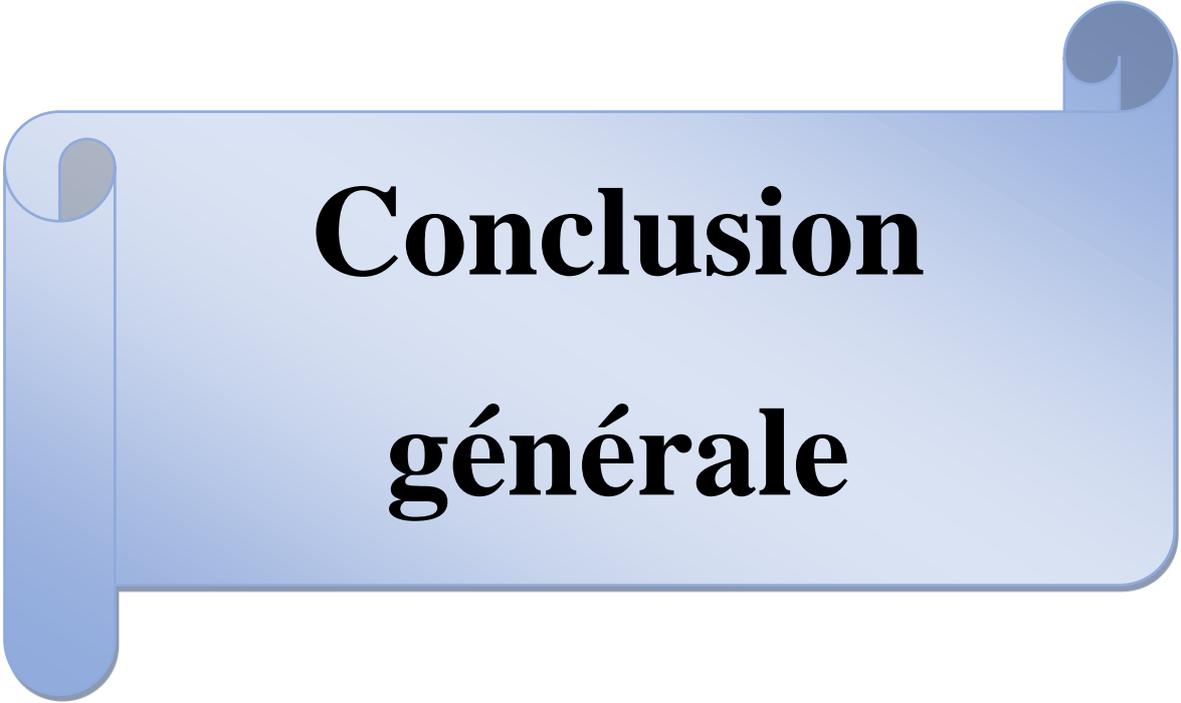


Figure 52 : Représentation des échantillons des points d'eaux de la région de Begaga (commune d'El Hamma) sur le diagramme de Riverside.

La représentation des échantillons analysés sur le diagramme de Riverside montre que les eaux de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire appartiennent aux deux classes : C3S2, C4S2. Elles se manifestent par une salinisation élevée pour C3, et très élevées pour C4 et elles sont convenables pour l'irrigation avec précaution (S2) d'une dose de lessivage des cultures semi résistantes.

En général on constate que ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peut être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.



**Conclusion
générale**

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique, des eaux de certains puits et forages de la région de BAGAGA (commune d'EL- HAMMA).

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

La région de Begaga située dans la commune d'El-Hamma. Wilaya de Khenchela (Est Algérien).

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.

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

L'aperçu climatique de la région de la région d'étude, nous permet de distinguer que la région d'étude est caractérisée par un 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 447,48mm, et une température moyenne annuelle de l'ordre de 16,68 °C, avec une température maximum 34,80 °C au mois de Juillet et un minimum au mois de Février 3,57 °C.

Notre travail porte sur une contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux de la région de BEGAGA (puits et forages) durant la période de Mai 2022.

Sur le plant hydro-chimique de l'eau montrent que les eaux de notre zone d'étude sont principalement de faciès de chloruré sodique et potassique, excessivement dure et minéralisée dans une partie des points de prélèvement.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que :

Les paramètres étudiés pH, Température, Conductivité, Turbidité, TH, TAC, Matière organique, résidu sec, Ammonium, Nitrite, Nitrate, Sulfate, Calcium, Magnésium, Chlorure, Bicarbonate, présentent des résultats conformes aux normes pour les points FB15, FB₁, FB₁₀, P₁, et P₃ des majorités des paramètres, sauf le cas de la dureté dans le point FB₁, et la turbidité dans le point P₂, FB15 et la matière organique dans le point FB15.

La majorité des points de prélèvements présente des teneurs d'ammonium et d'orthophosphates très faibles, même négligeables

Conclusion générale

Les eaux des points de prélèvement de la région sont riches en nitrates, mais conforme aux normes algériennes. La présence de cette teneur est liée par les activités pratiquées dans la région, à savoir les cultures céréalières, maraîchère, fourragère et élevage de différentes espèces d'animaux, utilisent beaucoup d'eau.

Les résultats concernant les mesures de sodium ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre dépassent les normes (200 mg/l). A cause de la percolation à travers des terrains salés.

C'est pour cette raison les eaux de la région de BEGAGA deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable.

Les résultats de l'analyse bactériologique durant la période d'étude, ont montré une absence totale des différents paramètres bactériologiques (Coliformes totaux, Escherichia Coli, Entérocoques)

La représentation des échantillons analysés sur le diagramme de Riverside montre que ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peut être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

Donc la qualité des eaux souterraines de la nappe d'EL-HAMMA dépend de plusieurs paramètres.

Leurs variations spatiales sont dues à :

- La lithologie des terrains traversés (dissolution et précipitation des sels) ;
- La pollution anthropique (le déversement de l'eau usée, l'utilisation intensive des engrais chimiques) ;
- La variabilité climatique (les précipitations et l'évaporation).



Les références

Les références

A

Ait Cheikh, MS., (2007). Etude, investigation et conception d'algorithmes de commande appliqués aux systèmes photovoltaïques (Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique).

Alberta Environmental Protection. Standards and guidelines for municipal water works, waste water and storm drainage.

Anonyme., (2001). Monographie de la Wilaya de Khenchela, Direction Générale du Budget DPAT de la Wilaya de Khenchela, 166p.

Ayala loisel., (2019). Compromis d'allocation de ressources et réchauffement climatique : Vers une sénescence précoce des organismes aquatiques » thèse présentée pour obtenir le grade universitaire docteur, discipline Ecologie. Aix MARSEILLE université

B

Bacchin, P., (2005). Principes de base des Technologies à Membranes., in 2^{ème} Ecole d'Ete Franco-Maghrebine. 2005 : Monastir, Tunisia.

BANTON O., et BANGOY L.M., (1999). Mise en valeur des eaux souterraines. Dans Hydrogéologie, multiscience environnementale des eaux souterraines. Éditeurs : PUQ/AUPELF. Sainte-Foy, Québec, (1999). 460.

Belhadj M. Z., (2007). Etude de la pollution des eaux de surface du barrage de Zit Emba. Région Est de Skikda. NE algérien. Mémoire de Magister Dép. Hydrau. Univ. Batna.

Belkhiri L., (2011). Étude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d'Ain Azel Est Algérien. Thèse de doctorat en science. Université de Batna.

Belkoum Noureddine., (2017), L'apport de l'hydrochimie et des isotopes de la molécule d'eau dans l'étude de l'impact des eaux de barrage sur la qualité des eaux souterraines dans les bassins endoreiques. Cas du bassin de Chemora. algérie-

Ben hamidouche B., (2017). Etude de l'évolution temporelle des intensités des pluies au centre et l'Ouest Algérie, p15-16.

Benchaabane et al., (2013). Caractérisations Hydrochimique des eaux des sources de la région de Yakourene, suivi d'une étude comparative avec les eaux minérales (Ifri, Toudja, Lellakhadjia), P :05.

Bengaibona, B., (2010). Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferrociment : Cas des impluviums de DORI.

Les références

Mémoire de fin d'étude en master. Spécialisé Génie Sanitaire et Environnement. Burkina Faso.

Benlatrech. T., (2006). Effets thermo-radiatif et caractérisation microclimatique de cours intérieures dans les édifices publics. Thèse de Magistère. Université Mentouri Constantine, 212p.

Bennamoun S., et Boumazabar M., (2018). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de koudiet M'daour (Wilaya de Batna), Master en Ecologie fondamentale et appliquée.

Berne. F, Jean. C., (1991). Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 1991, 306 p

Bonnely, M., (2005). Etude pilote d'affinage par nanofiltration pour la production de l'eau potable, in faculté des sciences et de génie., thèse de doctorat, 2005, université Laval Québec Québec.

Bouafia.H., (2015). Hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds (couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque de pollution) dans la région de Khenchela.

Bougandoura, N., Bendimerad, N ; (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.) Briq. Nature & Technology, (9), 14.

Bouziani, M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun., 247p.

Brémaude C., Claisse J. R., Leulier, F. Thibault J ; Ulrich E., (2006). Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Edition Educagri. Dijon. France. Pp : 220-221.

Buhungu, S., Montchowui, E., Barankanira, E., Sibomana, C., Ntakimazi, G., Bonou, CA., (2018). Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi. Journal international des sciences biologiques et chimiques, 12 (1), 576-595.

C

CENEAP., (2009). Plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de khenchela ; phase n°1 : rapport n°2 évaluation territoriale « bilan critique-problématique d'aménagement. Direction de l'environnement.

Les références

Chapman D, Kimstach V., (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, (1996) 59-126.

Charfi, A., (2014). Etude d'un procédé membranaire de traitement des eaux usées : effet des paramètres biotiques et abiotiques sur le colmatage de la membrane in l'école doctorale Sciences et Technologies pour l'Ingénieur 2014, Université de Carthage : Tunisie.

Coulibaly, K., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie. Université de Bamako. Pp 33.

Dib, I., (2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.

DINEPA, O. I. Eau, UNICEF., (2013). Echantillonnage et analyse de l'eau potable pour laboratoires simplifiés. 1.3.1. FIT 1. ISBN 13-978-99970-51-24-0. Pp 27-28.

E

Edmunds, W., et Shand p., (2008). Natural groundwater quality. Blackwell Publishing Ltd. (2008) 469.

F

Franck Rejsek. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, lycée de borda.

François Ramade., (2003). Elément écologie. Dunod, Paris, 3eme édition -P690.

François Ramade., (2002). Elément écologie 6eme édition – P

G

Groga, N., (2012). Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire) (Doctoral dissertation).

Gerrabe Hanane, Yousfi Messaode., (2015). Protection contre les inondation l'oued EL_HAMMA (WILAYA DE KHENCHELA). Université Larbi Ben M'hidi-OUM EL BOUAGHI.

Guilal Soumia., (2019). Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de la vallée d'El Oueldja- Khenchela- et leur impact sur l'environnement

Les références

H

Hailu, B., (2017). Physicochemical and microbial quality of drinking water from source to household taps: The case of Legedadi reservoir. A Thesis submitted to the Centre for Environmental Science. Addis Ababa University. Ethiopia. Pp 14.

Hayzoun H., (2014). Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de Doctorat. Université de Toulon (France), 2014,175.

J

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

K

Khabtane Abdelhamid., (2015). Contribution à 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) » Docteur en sciences Universités Frères Mentouri Constantine

Khaldoun, L., (2015). Recherches phréatobiologique dans la région de khenchela (sud-est-algérien) qualité de l'eau des puits biodiversités, écologie et biogéographie des espèces stygobies (Doctoral dissertation, Université de Oum El Bouaghi-Larbi Ben M'hidi).

Khalil, HSA, Alwani, MS, Omar, AKM., (2006). Composition chimique, anatomie, distribution de la lignine et structure de la paroi cellulaire des fibres de déchets végétaux malaisiens. BioResources, 1 (2), 220-232.

Khasirikani Mbakwiravyo., (2009). Notes d'écologie générale, Université de conservation de la nature et de développement de Kasugho –

Khelili, R et Lazali, D., (2015). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla). P10

Kherifi. N, et Achi. I., (2016). Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mais 1945 Guelma.

Les références

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

Lu, R., et al., (2017). Improvement of virus removal using ultrafiltration membranes modified with grafted zwitterionic polymer hydrogels. *Water Research*, 2017. 116(Supplement C): p. 86-94.

Lumpu, SN, Lutete, GT, Kabangu, OK, Kanyanga, RC, Apers, S., Pieters, L., Vlietinck, AJ., (2012). Evaluation des propriétés antidiarrhéiques de l'extrait aqueux, de l'extrait méthanolique à 80% et de ses fractions solubles des feuilles d'*Alstonia congensis* Engl. (Apocynaceae) chez le rat Wistar. *Tourillon d'Ethnopharmacologie*, 142 (3), 620-626.

Lutete Kevin Luzolo., (2012). Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion, Université de kinshasa-Graduat 2012.

M

Mace, TF, Anderson, RC., (1975). Développement du ver géant du rein, *Dioctophyma renale* (Goeze, 1782) (Nematoda : Dioctophymatoidea). *Revue canadienne de zoologie*, 53 (11), 1552-1568.

Malloum, M. S. A., Theophile, M., Tidjani, A., Ndoumtamia, G et Bichara, L., (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad. *Journal of Applied Biosciences* 95 :8973 – 8980. ISSN 1997–5902. PP 8977.

Massicotte, L., Lenis, S., Thibeault, L., Sassine, MP, Seal, RF, Roy, A., (2006). Effet d'une faible pression veineuse centrale et d'une phlébotomie sur les besoins en transfusion de produits sanguins lors de transplantations hépatiques. *Transplantation hépatique* , 12 (1), 117-123.

Matthess.G. Geol. Mijnbouw., (1994): 53, 194. -In Forstner U ETWittmann GTW *Metal pollution in the Aquatic Environment*, (1994) 355-359.

Maybach, CW (1996). Enquêter sur les besoins de la communauté urbaine : Apprentissage des services dans une perspective de justice sociale. *Éducation et société urbaine*, 28 (2), 224-236.

Les références

Menad, K et Metadjer., (2012) : Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Khemis Miliana.p14.

Merah Samira et Fethoun Dounia., (2021). Contribution à l'étude de la qualité physique et chimique des eaux du barrage de BABAR (W-Khenchela). Université Abbes Laghrour Khenchela.

Merzoug, D et al., (2010) : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied, p77–97.

Mohamed Salim HAMDI et Malik AIT KACI., (2008) Contribution à l'étude des paramètres physico - chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued Béni – Messous.

N

Neri, R., Florance, K., Koziol, P., Cleave, S., (1972). Profil biologique d'un antiandrogène non stéroïdien, SCH 13521 (4'-Nitro-3'-Trifluoromethylisobutyranilide). Endocrinologie, 91 (2), 427-437.

Nouayti1, N., Khattach, D., Hilali, M., (2015). Evaluation de la qualité physico chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). J. Mater. Environ. Sci.1068-1081. ISSN : 2028-2508. CODEN : JMESCEN.

O

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

OMS., (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.

Ouanes Meyada., (2012). Synthèse hydrochimie des eaux de bassin semi-aride de F'kirina » Magistère en écologie. Université Abbès Laghrour Khenchela.

R

Rahmoune N et Chermat M., (2019). Risquede la pollution agricole sur les eaux souterraines : cas du bassin versant de Garaet El Taef, présentation pour l'obtention du diplome dz master 2, UNIVERSITE DE ABBES LAGHROUR6KHENCHELA.

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

Rodier j, Bernard l ; Nicole M., (2005). Mémento technique de l'eau : vol 2. 10ème édition.

Les références

Rodier J., (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ième} édition : Dunod, Paris.

Rodier J., (2005)., L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ième} édition : Dunod, Paris.

Rodier, F., (1975). Modèle de Whittaker et caractères de représentations. Dans Analyse harmonique non commutative (pp. 151-171). Springer, Berlin, Heidelberg.

Rodier, J et al., (2009) : L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, p1579.

Rodier, J., (1996). -L'analyse de l'eau, Eaux naturelles - eaux résiduaires- eau de mer ,8^{ème} edt,Dunod: 1383p.

Sadrati Abdenour., (2018). Contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal - zone sud Khenchela – Algérie.

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

Sergent, DE., (1973). Biologie des baleines blanches (*Delphinapterus leucas*) dans l'ouest de la baie d'Hudson. Journal du Conseil des pêches du Canada, 30 (8), 1065-1090.

Smail Hizia., (2012) Evaluation microbiologique et physicochimique de l'eau du barrage de Timgad (wilaya de Batna).

Smith Thomas M. and Robert Leo Smith., (2015). livre « ELEMENT OF ECOLOGY» Ennos AR.Trends Ecol Evol. 1997 Mar;12(3):108-11. doi: 10.1016/s0169-5347(96)10066- 5. PMID : 21237994.

∕

Vnoukov.A et Kovalev. A., (2000). Barrage de Zit-Emba, pièces d'exécution et notice explicative.

Les sites web :

[1]

<http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/travail-coop/protocoles/analysesBact/colif>

[2]

Les références

<https://www.upicardie.fr/beauchamp/duce/desborde/desborde.htm#:~:text=La%20pr%C3%A9sence%20d'ammonium%20dans,de%20r%C3%A9duction%20naturelle%20des%20nitrates>



Résumé

Résumé

Résumé

La région de Begaga se situe dans la commune d'El-Hamma. Wilaya de Khenchela (Est Algérien).

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

L'aperçu climatique de la région d'étude, nous permet de distinguer que la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.

Notre travail porte sur une contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux de la région de Begaga (puits et forages) durant la période de Mai 2022.

Sur le plant hydro-chimique de l'eau montre que les eaux de notre zone d'étude sont principalement de faciès de chloruré sodique et potassique, excessivement dure et minéralisée dans une partie des points de prélèvement.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que : Les paramètres étudiés pH, Température, Turbidité, Calcium, Nitrite, Nitrate, Chlorure... présentent des résultats conformes aux normes pour la majorité des points de prélèvements sauf les paramètres de turbidité et la du reté dans les points P₂, FB15 et le Chlorure dans le puits P1

Les résultats concernant les mesures de sodium ont montrés que toutes les valeurs de ce paramètre dépassent les normes. A cause de la percolation à travers des terrains salés.

Les résultats de l'analyse bactériologique durant la période d'étude, ont montrés une absence totale des différents paramètres bactériologiques.

L'aptitude à l'irrigation des eaux de la région d'étude montre que ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peuvent être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

Mots clés : Paramètres physico-chimique, eaux souterraines, Khenchela, potabilité.

Résumé

Summary

The Begaga region is located in the municipality of El-Hamma. Wilaya of Khenchela (eastern Algeria).

The geology of the study area appears from the Plio-Quaternary and Cretaceous terrains.

The climatic overview of the study region allows us to distinguish that the study region is characterized by a semi-arid climate.

Our work focuses on a contribution to the study of the physico-chemical and bacteriological parameters of the waters of the Begaga region (wells and boreholes) during the period of May 2022.

On the hydro-chemical plant of the water shows that the waters of our study area are mainly of sodium and potassium chloride facies, excessively hard and mineralized in part of the sampling points.

The results of the physico-chemical analyzes show that: The parameters studied pH, Temperature, Turbidity, Calcium, Nitrite, Nitrate, Chloride...etc. present results that comply with the standards for the majority of the sampling points except for the turbidity parameters and the water content in the points P2, FB15 and the Chloride in the well P1.

The results concerning the sodium measurements showed that all the values of this parameter exceed the standards. Due to percolation through salty ground.

The results of the bacteriological analysis during the study period showed a total absence of the various bacteriological parameters.

The suitability for irrigation of the waters of the study area shows that these waters are not suitable for crop irrigation under normal conditions and can be used if salt-tolerant species on particularly well-drained soils, The evolution of salinity must however be controlled.

Keywords: Physico-chemical parameters, groundwater, Khenchela, potability.

ملخص

تقع منطقة بفاقة في دائرة الحامة في ولاية خنشلة شرق الجزائر. حيث تظهر جيولوجيا المنطقة المدروسة تضاريس من الحقبة الرباعية والعصر البليوسيني ومن العصر الطباشيري.

تتيح لنا للمحة المناخية لمنطقة الدراسة بالتميز أن منطقة الدراسة تتميز بمناخ شبه جاف.

يركز عملنا على المساهمة في دراسة المعاملات الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لمياه منطقة بفاقة (الآبار والحفر)

خلال فترة مايو 2022.

في المصنع الهيدروكيميائي للمياه، أظهر أن مياه منطقة دراستنا تتكون أساسًا من سحنات كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم، شديدة الصلابة ومعننية في جزء من نقاط أخذ العينات.

تظهر نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن المعاملات المدروسة: الاس الهيدروجيني، درجة الحرارة، العكارة، الكالسيوم، النتريت، النترات، الكلوريد تظهر النتائج مطابقة لمعايير أغلبية نقاط أخذ العينات باستثناء معاملات التعكر والمقاومة في

النقاط P2 وFB15 والكلوريد في البئر P1

أظهرت النتائج المتعلقة بقياسات الصوديوم أن جميع قيم هذه المعاملات تتجاوز المعايير. بسبب الترشيح من خلال أراضي مالحة.

أظهرت نتائج التحليل البكتيريولوجي خلال فترة الدراسة الغياب التام للمعايير البكتريولوجية المختلفة، تُظهر ملاءمة مياه منطقة الدراسة للري أن هذه المياه ليست مناسبة لري المحاصيل في ظل الظروف العادية ويمكن استخدامها إذا كانت الأنواع التي تتحمل الملح في التربة جيدة التصريف بشكل خاص، وعليه يجب التحكم في تطور الملوحة.

الكلمات المفتاحية: الخواص الفيزيوكيميائية، مياه جوفية، خنشلة، صالحة للشرب.