



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique

Université Abbés Laghrour Khenchela

Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie

Département Ecologie et Environnement

MEMOIRE

De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

FILIERE: Ecologie et environnement

OPTION: Protection des écosystèmes

Thème

**Evaluation de la qualité des eaux (salinité
éléments nutritifs et métaux lourds). Cas de
la plaine de Mellagou. (Bouhmama-Khenchela-
NE Algérien)**

Présenté Par :

Babana Chahrazed

Sebaa Habiba

Sous la direction de : *Dr Halimi Samia*

MCB Univ. Khenchela

Devant le jury

Président : Dr Ziouch O.R

MCB Univ. Khenchela

Examineur: Dr Daif Allah Tarek

MCB Univ. Khenchela

Année Juin 2018



جَعَلْنَا
وَمِنْ آيَاتِنَا
السَّمَاءَ كُلَّهَا
مِنْ حَبِّ كَوْكَبٍ

www.swishschool.com

Remerciement

Nous remercions **Dieu** tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces années d'étude.

Au terme de ce travail, nous tiens à remercier ceux qui nous ont aidés à le réaliser, et qu'ils trouvent ici le témoignage de nos profondes connaissances.

Nos profondes gratitude s'adressent avant tout au

Dr Halimi Samia notre directrice de mémoire,

qui a accepté de diriger notre travail et nous a accordé

toute son attention et sa patience pour l'accomplir,

nous le remercions pour sa disponibilité, ses précieux conseils

scientifiques, son encouragement ainsi que sa gentillesse

qui nous a permis de mener à bien ce travail. Également ont nos jurys:

Dr Ziouche Omar Ramzi, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Sans oublier plus son aide, et ses précieux conseils scientifiques.

Dr Daif Allah Tarek, qui nous a eu la bienveillance d'accepter d'examiner et critiquer notre travail aussi, n'oubliez pas son aide tout le temps.

Nous exprimons également notre profond remerciement et

notre vive gratitude à nos enseignants du département

science de la nature et de la vie -Khenchela- **Boulabeiz Mahrez** et **bakha Hani**

En fin, un remerciement spécial à tous ceux qui ont

contribués de loin ou de près DHW de Bouhmama

Nadir bakroune et **Farhati Boubaker** à l'élaboration de ce travail.

Sebaa Habiba

Babana Chahrazed



Dédicace



Je remercie « **ALLAH** » le tout grand Et le tout puissant Pour m'avoir donné la volonté, la patience et le courage Pour finir mon étude universitaire. Je dédie ce modeste travail ...

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A MES CHERS SŒURS

Khadija, la prunelle de mes yeux, **Aïda** le généreux, **Sara** ma petit sœur que j'adore, **Samah** , que j'aime profondément, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES ET MES GRANDES MERES

J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.

À MES CHERS ONCLES, TANTES, A MES CHERS COUSINS COUSINES

A **Mes oncles Louardi, Nasr Addin, Mohamed Seghir, Ahmad, Lakhdar, Sabti** et a la **mémoire de mon oncle Hamida** et spécialement pour **Mon cousin Salah**, ma tante **Saïda** et A tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A mes amis

Mes ami **Loubna et Ibtissam** et mon binôme **Habiba**. A **Tous les étudiants de protection des écosystèmes promotion 2018**. En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ A L'ÉLABORATION DE CETRAVAIL.

chahrazed 

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel mon soutien moral et source de joie et de bonheur celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde mon père **Nadji**.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur ; ma mère que j'adore **Bahia**.*

*A mes soutiens à la vie, mes chers frères **Walid, Adel, Tarek**, et sa femme Je dédie très spécialement ma chère **Ahmed** qui m'a aidé à compléter mes études et sa femmes*

*A l'autre partie de mon cœur ,ma belle sœur **Salwa** et **Fatiha** et son marie).*

*Je dédie ce travail a mon très cher personne mon mari **Adel Alouane** pour son soutien moral et leur famille*

*A mes oncles, mes tantes et ses enfants et tous ma famille **SEBAA**.*

*Aux personnes qui ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes cotés, à tout mes amis particulièrement: **Tita, Mariem Assala, Janet, Kawther, Imane, Yosra, Hanane, Nawel, Hadia, Ahlem Lamia**.*

*A ma très chère binôme :**Babana chahrazed** qui m'a aidé à compléter ce mémoire et toutes sa familles*

A Tous les étudiants de protection des écosystèmes promotion 2018.

Enfin à tous qui m'aiment.

HABIBA

Table des matières

REMERCIEMENT

RESUMES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

I partie bibliographique

Chapitre I: Présentation de zone d'étude

I Présentation générale et localisation de la zone d'étude :.....	2
I.1 Situation géographique	2
I.2 Les coordonnées géographiques :.....	2
II Contexte socio-économique :.....	4
II.1 La population :.....	4
II.1.1 Densité et répartition spatiale de la population :.....	4
II.1.2 Répartition de la population selon l'âge :.....	5
II.1.3 Évolution de la population :.....	6
II.1.4 Répartition de la population active et occupée:.....	7
II.2 Les ressources naturelles :.....	7
II.3 Ressources animale :.....	7
II.4 Les ressources hydriques :.....	8
II.5 La couverture végétale :.....	9
II.6 Contexte agricole:.....	10
II.6.1 L'arboriculture :.....	11
II.6.2 Les cultures céréalières (orge et blé) :.....	12
II.6.3 Les cultures maraîchères :.....	12
III La Géomorphologie de la zone d'étude :.....	13
III.1 Le relief :.....	13
III.2 Les pentes:.....	14

Chapitre II : Etude géologique et hydrogéologie

Introduction :	16
I Description litho stratigraphique du bassin versant :	16
I.1 Trias (T) :	16
I.2 crétacé :	16
I.2.1 crétacé inférieur:	16
I.2.2 crétacé moyen :	16
I.2.3 crétacé supérieur :	16
I.2.4 Santanien, Campanien et Mæstrichtien inférieure.	16
I.3 Tertiaire :	17
I.3.1 Eocène inférieure :	17
I.3.2 Eocène moyenne :	17
II. La perméabilité :	18
III Situation pédologique :	19
III.1 Pédologie régionale :	19
III.1.1 Classe des sols :	18
III.1.2 Classe des Vertisols :	20
IV Hydrogéologie de la plaine de Mellagou :	21
IV.1 Hydrogéologie de Bouhmama:	23

Chapitre III : Hydroclimatologie de la plaine

Introduction :	24
I Les données climatiques disponibles :	24
I.1 Le réseau de mesure et origine des données :	24

II Les facteur climatiques :	24
II.1 La température:	24
II.2. La précipitation:	26
II.2.1 Répartition mensuelle des précipitations:	26
II.2.2 Répartition annuelle des précipitations :	27
III. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN:	28
IV Détermination de l'étage bioclimatique :	30
V Le bilan hydrique:	31
V.1.2 L'évapotranspiration réelle (ETR) :	32
V.2 Ruissellement:	32
VI Calcul du bilan hydrique :	32
VI.1 Interprétation du bilan hydrologique :	34
VII Le vent :	34
VIII L'Humidité :	36

II. partie pratique

Chapitre IV : Chimie des eaux

Introduction :	38
I Matériel et méthode:	38
I.1 Echantillonnage :	38
I.2 Etude des paramètres physique :	40
I.2.1 Le potentiel d'hydrogène (pH):	40
I.2.2 Conductivité électrique:	41
I.2.3 La température :	42
I.3 Etude des paramètres chimiques :	43
I.3.1 Les éléments majeurs :	43
I.3.1.1 Le Potassium (K ⁺):	43

I.3.1.2.Sodium (Na ⁺) :	44
I.3.1.3 Le Magnésium (Mg ²⁺) :	46
I.3.1.4 Calcium (Ca ²⁺) :	47
I.3.1.5.Les Bicarbonates (HCO ₃ ⁻) :	49
I.3.1.6 Chlorure (Cl ⁻) :	50
I.3.1.7 Les Sulfates (SO ₄ ²⁻) :	52
I.3.2 Intensification agricole et risque de pollution azotée des ressources en eau :	54
I.3.2.1.Les nitrite (NO ₂ ⁻) :	55
I.3.2.2 Les Nitrates (NO ₃ ⁻):	57
I.3.2.3Evolution des nitrates en fonction des nitrites :	58
I.3.2.4 L'ammonium (NH ₄ ⁺) :	59
I.3.3 Les métaux lourds :	60
I.3.3 1 Plomb (Pb) :	60
I.3.3.2 Le zinc (Zn) :	61
I.3.3.3 Cadmium (Cd) :	63
I.3.3.4 Le cuivre (Cu) :	64
I.3.3.5 Le Mercure (Hg) :	65
II. Le taux des sels dissous (TDS) :	66
III. Identification des facies chimiques des eaux :	67
III.1. Diagramme de PIPER :	67
III.2 Diagramme de Schöeller Berkaloff :	68
IV Etude des processus hydrogéochimiques :	69
IV.1 Origine de la minéralisation :	70
IV.1.1.2 Le couple Na ⁺ - Cl ⁻ :	70
V.1.1.2Le couple Ca ²⁺ vs HCO ₃ ⁻ :	70
IV.1.1.3 Couple Mg ²⁺ -vs SO ₄ ²⁻ :	71
IV.1.1.4 Couple Na ⁺ vs SO ₄ ²⁻ :	71
IV.1.1.5 Le couple Ca ²⁺ / Mg ²⁺ vs HCO ₃ ⁻ :	72
IV.1.1.6 Le couple Na ⁺ / Ca ²⁺ vs SO ₄ ²⁻ :	73
IV.1.2 Corrélation des éléments majeurs et la minéralisation totale des eaux :	74
V Aptitude des eaux de la plaine de Mellagou à l'irrigation :	74
Introduction :	74

Risque de sodicité et de salinité :.....	74
2. Calcul des paramètres des eaux à usage agricole :.....	75
VI. Résultats et discussions :.....	77
IV.2 Traitement par analyse en composantes principales :.....	80
VI.3 L'espace des variables :.....	80
VI.4 Etude des individus :.....	81
VI.5 Matrice de corrélation :.....	81

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Liste des figures

Titre de figure	Page
<i>Fig.01 : Situation géographique de la zone d'étude</i>	03
<i>Fig.02 : localisations administratives de la commune de Bouhmama et de la zone d'étude.</i>	04
<i>Fig.03 : Répartition de la population par âge</i>	06
<i>Fig.04 : Évolution de la population à travers les différents</i>	06
<i>Fig.05 : Répartition de la population active et occupée de Bouhmama</i>	07
<i>Fig.06 : Réseau hydrographique de bassin versant d'Oued Mellagou.</i>	08
<i>Fig.07: Ressources hydrique de la wilaya de Khenchela (DHW, Khenchela)</i>	09
<i>Fig.08: Le couvert forestier naturel de bassin versant d'Oued Mellagou</i>	10
<i>Fig.09: Le couvert végétal de bassin versant d'Oued Mellagou</i>	13
<i>Fig.10: Carte hypsométrique de Bassin versant d'Oued Mellagou</i>	14
<i>Fig.11: les pentes de bassin versant d'Oued Mellagou</i>	15
<i>Fig.12 : Carte géologique de basin versant d'Oued Mellagou.</i>	17
<i>Fig.13 : la carte lithologique de bassin versant d'Oued Mellagou.</i>	19
<i>Fig.14 : la répartition des unités de sols à travers la zone d'étude</i>	21
<i>Fig.15 : Coupe hydrogéologique schématique</i>	22
<i>Fig.16 : Carte des nappes aquifères (DHW Khenchela, 1992).</i>	23
<i>Fig.17 : Histogramme de variation des températures moyennes (1997-2017).</i>	25
<i>Fig.18 : Histogramme de variation des Précipitation moyennes mensuelles (1997-2017).</i>	27
<i>Fig.19 : Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1997-2017)</i>	28
<i>Fig.20 : Diagramme Ombrothérmique de Gaussen.</i>	29
<i>Fig.21 : Climagramme d'Emberger</i>	30
<i>Fig.22 : Représentation graphique du bilan d'eau de Thornthwaite de la station d'El Hamma(1997/2017)</i>	34
<i>Fig.23: La répartition moyenne de la vitesse du vent (1997- 2017)</i>	35
<i>Fig.24 : L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017)</i>	37
<i>Fig.25: Photos des ressources en eau dans la plaine de Mellagou</i>	38
<i>Fig.26 : Echantillonnage d'eau</i>	39
<i>Fig.27 : Carte d'inventaire des points de prélèvements des eaux dans la plaine de Mellagou (Mars 2018).</i>	40
<i>Fig.28 : Histogramme de variation du pH (Mars, 2018).</i>	41
<i>Fig.29 : Histogramme de variation de la Conductivité électrique (Mars ,2018).</i>	42
<i>Fig.30 : Histogramme de variation des températures (Mars, 2018).</i>	43
<i>Fig.31: Histogramme de variation du potassium dans les eaux de la plaine de Mellagou (Mars, 2018)</i>	43
<i>Fig.32 : Carte de concentration de Potassium (Mars, 2018)</i>	44
<i>Fig.33 : Histogramme de variation du sodium (Mars, 2018)</i>	45
<i>Fig.34 : Carte de concentration de Sodium (Mars, 2018)</i>	46
<i>Fig.35 : Histogramme de variation du magnésium (Mars, 2018)</i>	46
<i>Fig.36 : Carte de concentration du Magnésium (Mars, 2018)</i>	47
<i>Fig.37 : Histogramme de variation du calcium (Mars, 2018)</i>	48
<i>Fig.38 : Carte de concentration de Calcium (Mars, 2018)</i>	49

Fig.39 : Histogramme de variation des Bicarbonates (Mars, 2018).	49
Fig.40 : Carte de concentration de Bicarbonate (Mars, 2018)	50
Fig.41 : histogramme de variation du Chlorure (Cl^-) (mars, 2018)	51
Fig.42 : Carte de concentration de Chlorure (Mars, 2018).	52
Fig.43 : histogramme de variation des Sulfates (Mars, 2018)	52
Fig.44 : Carte de concentration des sulfates (Mars, 2018).	53
Fig.45 : Cycle de l'azote	54
Fig.46 : Cycle des nitrates.	55
Fig.47 : Histogramme de variation des nitrites (Mars, 2018).	56
Fig.48 : Carte de concentration des Nitrites (Mars, 2018)	56
Fig.49 : Histogramme de variation des nitrates (Mars, 2018)	57
Fig.50 : Carte de concentration de Nitrate (Mars, 2018)	58
Fig.51 : Evolution des nitrates en fonction des nitrites (Mars 2018)	59
Fig.52 : Histogramme de variation d'ammonium (Mars, 2018).	59
Fig.53 : Histogramme de variation du Plomb (Mars, 2018).	60
Fig.54 : Carte de concentration du Plomb (Mars, 2018)	61
Fig.55 : Histogramme de variation du zinc (Mars, 2018)	62
Fig.56 : Carte de concentration de zinc (Mars, 2018)	62
Fig.57 : Histogramme représente la concentration de cadmium (Mars, 2018)	63
Fig.58 : Carte de concentration de Cadmium (Mars, 2018)	64
Fig.59 : Histogramme de variation du cuivre (Cu) étudiés (mars, 2018)	64
Fig.60 : Carte de concentration de cuivre (Mars, 2018)	65
Fig.61 : Histogramme de variation du Mercure (mars, 2018)	66
Fig.62 : Histogramme de variation de TDS (Mars, 2018)	66
Fig.63 : Diagramme de Piper	68
Fig.64 : Diagramme de Schöeller Berkaloff	69
Fig.65 : Le couple Na^+ vs Cl^-	70
Fig.66 : Le couple Ca^{2+} vs HCO_3^-	71
Fig.67 : Couple Mg^{2+} vs SO_4^{2-}	71
Fig.68 : Couple Na^+ vs SO_4^{2-}	72
Fig.69 : Le couple Ca^{2+} / Mg^{2+} vs HCO_3^-	72
Fig.70 : le couple Na^+ / Ca^{2+} vs SO_4^{2-}	73
Fig.71 : variations de TDS en fonction de Na^+ , SO_4^{2-} et Cl^-	74
Fig.72 : Mécanismes naturels de salinisation des eaux de surfaces et souterraines (Kloppman et al. 2011)	76
Fig.73 : Classification des eaux d'irrigation des eaux de la plaine de Mellagou	78
Fig.74 : Diagramme de Richards des eaux de la plaine de Mellagou	79
Fig.75 : Espace des variables	80
Fig.76 : Répartition des individus	81

Liste des tableaux

Titre de tableau	Page
Tableau.01 : Répartition de la population selon la dispersion.	05
Tableau.2 : Structure de population par âge.	05
Tableau.03 : Evolution de la population totale de commune de Bouhmama.	06
Tableau.04 :Répartition de la population active et occupée	07
Tableau.05 : Production de L'arboriculture.	11
Tableau.06 : production des céréalières.	12
Tableau.07 : production des maraîchères.	12
Tableau .08 : les caractéristiques de matériaux de bassin versant de point de vue perméabilité et résistance.	18
Tableau.09 : Caractéristique de la station hydrométrique d'El Hamma.	24
Tableau.10 : Température moyenne mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017).	25
Tableau.11 : La précipitation mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017).	26
Tableau.12 : Précipitation moyenne annuelle d'El Hamma (1997-2017).	27
Tableau.13 : La précipitation et la température moyenne mensuelle (1997-2017).	29
Tableau.14 : Les valeurs de Q2.	30
Tableau.15 : Bilan hydrique pour la station d'El Hamma Selon la méthode de Thornthwaite.	33
Tableau.16 : La vitesse moyenne du vent (m/s) enregistrée à la station de D'El Hamma (1997-2017).	35
Tableau.17 :L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017).	36
Tableau.18 : Les points des prélèvements au niveau de la plaine de Mellagou (Mars ,2018).	39
Tableau.19 : Classification des eaux selon leur pH.	41
Tableau.20 : Variation des concentrations des nitrates (Mars 2018).	57
Tableau.21 : Evolution statistique des faciès.	67
Tableau.22 : Classification des eaux d'irrigation des eaux de la plaine de Mellagou.	77
Tableau.23 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR).	78
Tableau.24 : la classification des eaux selon Richards.	79
Tableau.25 :Matrice de corrélation des eaux de la plaine de Mellagou (Mars, 2018).	82

Introduction générale

Introduction générale :

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité.

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux.

En Algérie les besoins en eau augmentent considérablement dans le temps et dans l'espace et touchent à des domaines de plus en plus nombreux pour satisfaire ses exigences de confort et d'agrément et pour répondre à une demande économique croissante.

La plaine de Mellagou située au Nord Est du territoire Algérien s'étend sur la totalité de la commune de Bouhmama .selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le sous bassin versant d'Oued Mellagou appartient à l'ensemble des Hauts plateaux constantinois Chott Melghir. **(Houbibi.H, 2013)**

Dans ce travail nous allons étudier la variation des concentrations des éléments chimiques caractérisant la salinité, les éléments nutritifs et les métaux lourds pour avoir une idée sur la qualité des eaux dans cette région.

Pour cela, nous avons adapté la méthodologie suivante :

- La première partie sera consacrée à une synthèse bibliographique, on tenant compte : présentation du milieu ; nous nous sommes donc attachés à définir le cadre général de la zone d'étude, dans le but d'en tirer une monographie géographique, géologique, géophysique, hydro climatologique et hydrogéologique.
- Deuxième partie : méthodes et analyse ; consiste à prélever des échantillons de l'eau couvrant la totalité de la plaine, les résultats obtenus seront présentés , interprétés et discutés .
- En fin une conclusion générale du travail.

I Présentation générale et localisation de la zone d'étude :

I.1 Situation géographique :

Le sous bassin versant d'oued Mellagou est situé dans le massif des Aurès (partie orientale de l'Atlas saharien Nord Est du territoire Algérien), il fait partie du grand bassin hydrologique de Chott Melghir. Selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le sous bassin versant d'Oued Mellagou appartient à l'ensemble des Hauts plateaux constantinoise – Chott Melghir. **(Houbibi.H, 2013)**

Ce sous bassin versant est situé à :

- 30 km au Sud – Ouest du chef lieu de la Willaya de Khenchela.
- 15 km au Sud – Ouest de Kais.
- Enivrent de 50 km de Sud – Est de la Willaya de Batna.

Il est limité :

- Au Sud par la commune de Babar.
- Au Nord par la commune de Touffana.
- A l'Est par la commune de Tamza.
- A l'Ouest par la commune de Lemsara

I.2 Les coordonnées géographiques :

La limitation de sous bassin versant sur les cartes topographiques indiquées précédemment donne les coordonnées géographiques suivantes.

* **La longitude** : 6°61mn et 6°93mn.

* **La latitude** : 35°10mn et 35°42mn.

Notre sous bassin versant fait partie du grand bassin versant de Oued Arab. Il s'insère dans le centre de la région montagneuse de l'Aurès, dominée au Nord – Ouest par le massif de Ben Imloul – Chelia qui culmine le plus haut sommet de l'Algérie de Nord « Ras Kelthoum ». Avec une altitude de 2326 m, et le massif de Ouled Yagoub – Ben Oudjana au Nord – Est de sous bassin versant qui culmine à 2143 m au Djebel Bazez. **(Bouali.H 2015)**

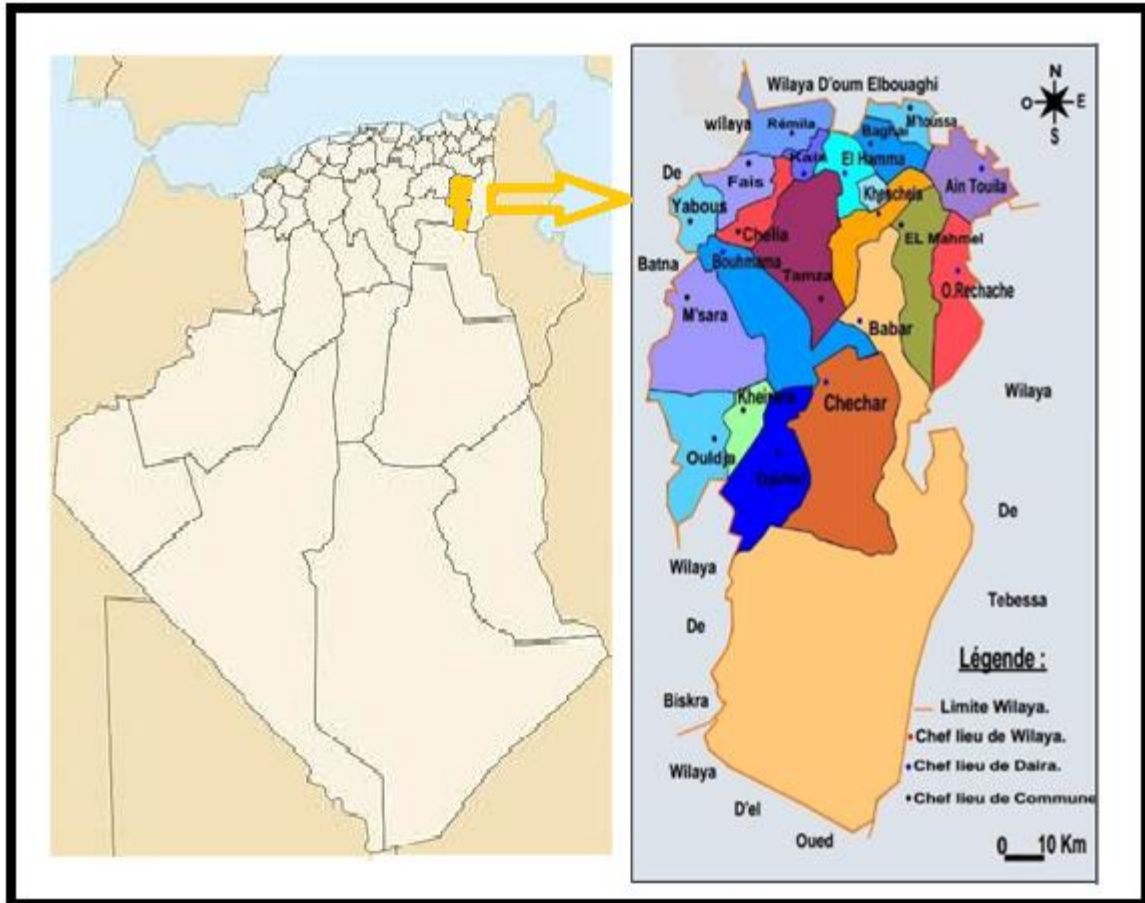
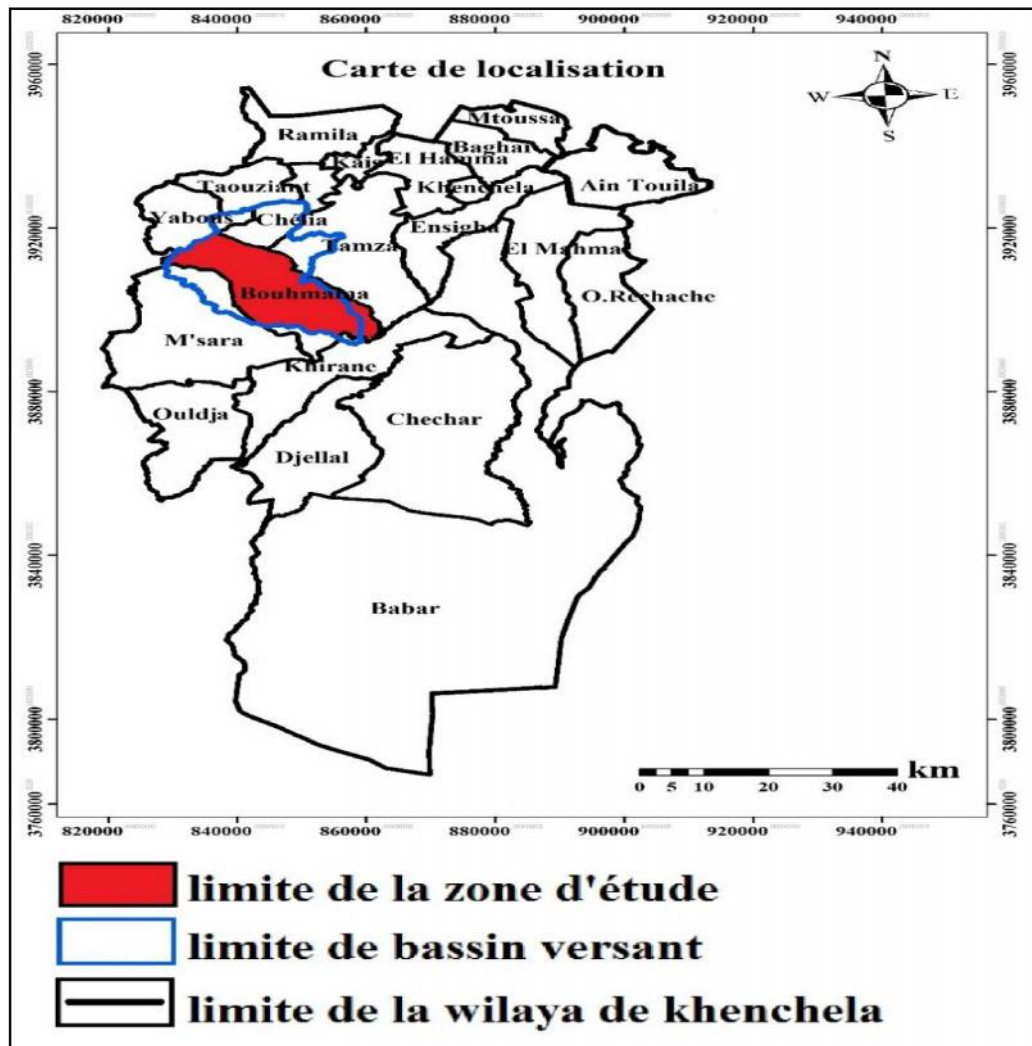


Fig.01 : Situation géographique de la zone d'étude.



Source :(Djelloul. M et Saidi.N, 2017)

Fig.02 : localisations administratives de la commune de Bouhmama et de la zone d'étude.

II Contexte socio-économique :

L'étude socio-économique de la zone d'étude est nécessaire pour l'aménagement on tenant compte de la concentration de la population et leur répartition, de l'emploi et ces infrastructure, et aussi mettre en lumière les capacités de ce milieu pour présenter son richesse et bien orienté son exploitation sous la nomination de développement durable; et pour Connaître le sort de l'eau extrait.

II.1 La population :

II.1.1 Densité et répartition spatiale de la population :

Au 31/12/2016 et selon l'annuaire statistique de la Direction de planification statistique de Khenchela, la Surface totale de la commune de Bouhmama a été estimée à 409 km². Et population totale de 12 580 habitants. et Densité de 30,75 (Ha/Km²) ce qui est inférieur à la

densité moyenne de la Wilaya qui est d'environ 42 personnes au Km² en 2016 (**Direction de planification statistique DPSI 2016**).

Par ailleurs, l'analyse des données concernant la répartition de la population par dispersion montre un grand déséquilibre à travers l'ensemble du territoire communal.

Tableau.01 : Répartition de la population selon la dispersion

ACL : Agglomérations Chef-lieu.

AS : Agglomérations secondaires.

Population totale	ACL		Zones éparses	
	Nombre	%	Nombre	%
12 580	8 971	71.31	3 586	51

Source : DPSI 2016

II.1.2 Répartition de la population selon l'âge :

Ce qui donné dans le tableau et démontré dans la figure illustre que cette répartition montre l'importance de la proportion de jeune par rapport à l'effectif total.

La tranche d'âge 0-4 ans représente 12 % de la population total. La tranche d'âge dite active 5-15 ans représente 20 % de la population totale La tranche d'âge dite active 16-19 ans représente 11 % de la population. La tranche d'âge dite active 20-59 ans représente 50 % de la population ; par contre la tranche d'âge dite vieille ou âgée (plus de 60 ans) est de 7%. Ces caractéristiques montrent l'existence d'un potentiel important de ressources humaines qui constitue un avantage au développement local.

Tableau.2 : Structure de population par âge.

population	0-4 ans	5-15 ans	16-19 ans	20-59 ans	60 ans +
	1470	2495	1390	6327	898

Source : DPSI 2016

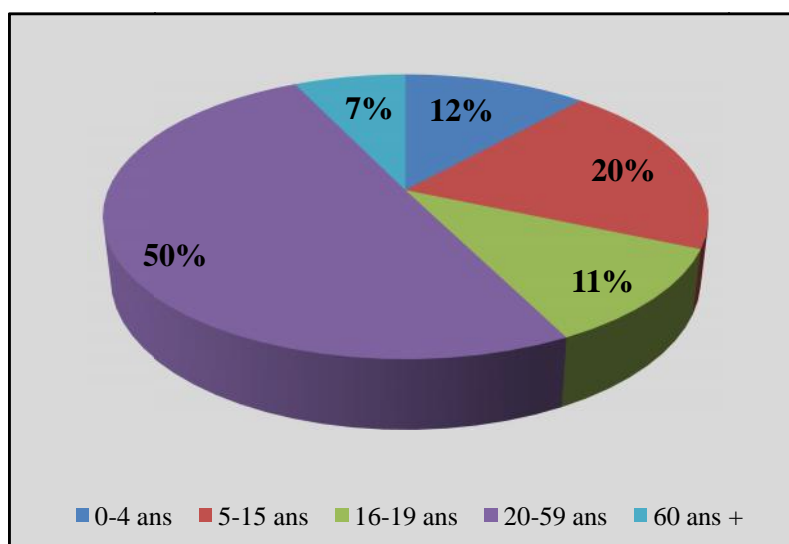


Fig.03 : Répartition de la population par âge.

II.1.3 Évolution de la population :

La population de la commune da Bouhmama a connu, de manière générale, une faible évolution par rapport au croisement général de la population de la Wilaya de Khenchela (RGPH 2016).

Tableau.03 : Evolution de la population totale de commune de Bouhmama.

population	R.G.P.H	R.G.P.H	R.G.P.H	R.G.P.H	Taux d'accroissement Moyen (%) (98/2008)	Estimation à fin 2016
	1977	1987	1998	2008		
	5500	7354	9669	10614	10	12 580

Source : RGPH 2016

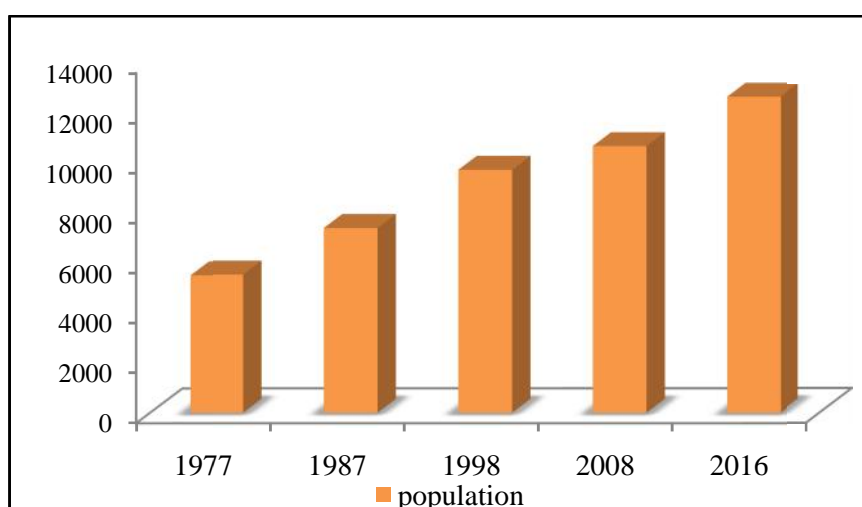


Fig.04 : Évolution de la population à travers les différents.
(Recensement Général de la Population et de l'Habitation)

II.1.4 Répartition de la population active et occupée:

Le volume de population de la commune de Bouhmama qui était de l'ordre de 5500 habitants en 1977, a atteint 7354 habitants au RGPH de l'année 1987. En 1998, ce volume presque doublé par rapport à celui de 1977 et a enregistré 9669 habitants. A l'an 2008, la population de cette commune a atteint un nombre de 10613 habitants et un nombre de population de l'ordre de 12 580 habitants en 2016.

Tableau.04:Répartition de la population active et occupée.

Population	Population occupée	Pop. en chômage	Pop. active	Taux d'activité	Taux d'occupation	Taux de chômage
	4 265	443	4 708	56%	32%	9,20%

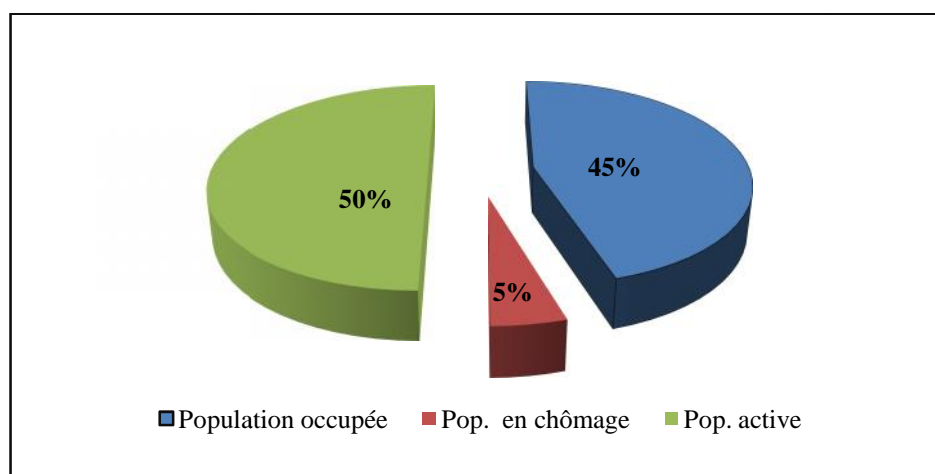


Fig.05 Répartition de la population active et occupée de Bouhmama

II.2 Les ressources naturelles :

Les terres de parcours et de pacage viennent en deuxième position Avec 13374 ha soit 10% de la surface agricole totale, elles sont dominées par les parcours steppiques situés au sud de la commune de Bouhmama presque complètement entourée par la chaîne montagneuse des Aurès.

II.3 Ressources animale :

L'élevage occupe une place importante dans l'économie de la zone est considéré comme étant la spéculation la plus dominante suite à l'effectif total du cheptel surtout l'élevage caprin de race local pour sa rusticité et sa production laitière, En deuxième position vient l'élevage

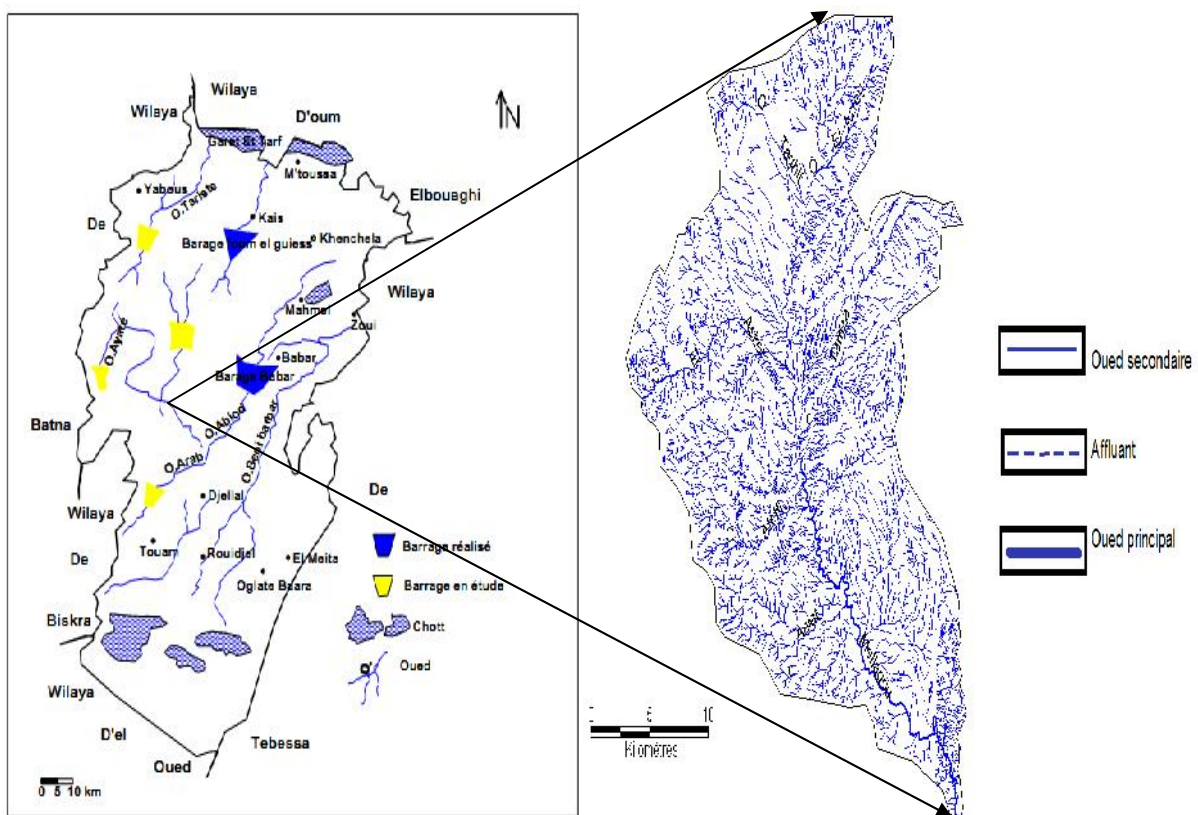
ovin qui est dominée par la race berbère appelée localement (chernoun) très connue pour sa production lainière et son adaptation aux froids intenses des hivers.

Cette potentialité en effectifs animal est due plus particulièrement à l'importance des superficies des parcours (Subdivision agriculture Bouhmama, 2010).

II.4 Les ressources hydriques :

La wilaya de Khenchela est drainée par deux (02) grandes familles d'Oueds :

- Les uns se dirigent vers le Nord pour se déverser généralement dans la dépression du Tarf (Oued Baghai, Oued Kais, Oued Boulefrais, Oued Tamza etc...).
 - Les autres, toujours parmi les plus importants (Oued El Abiod, Oued El Arab, Oued Mellagou et Bejer) se dirigent vers le Sud pour se déverser dans les chotts.(Bahi. 2016).
- La zone montagneuse de Mellagou dispose d'un potentiel hydrique important que se soit en eau superficielle et souterraine ; Les eaux superficielles sont les eaux de ruissellement superficiel de pluie qui sont caractérisée par l'écoulement en hiver et assèchement en été. La zone est dominée par un réseau hydrographique très dense d'un régime d'écoulement irrégulier. (Subdivision agriculture Bouhmama, 2018).

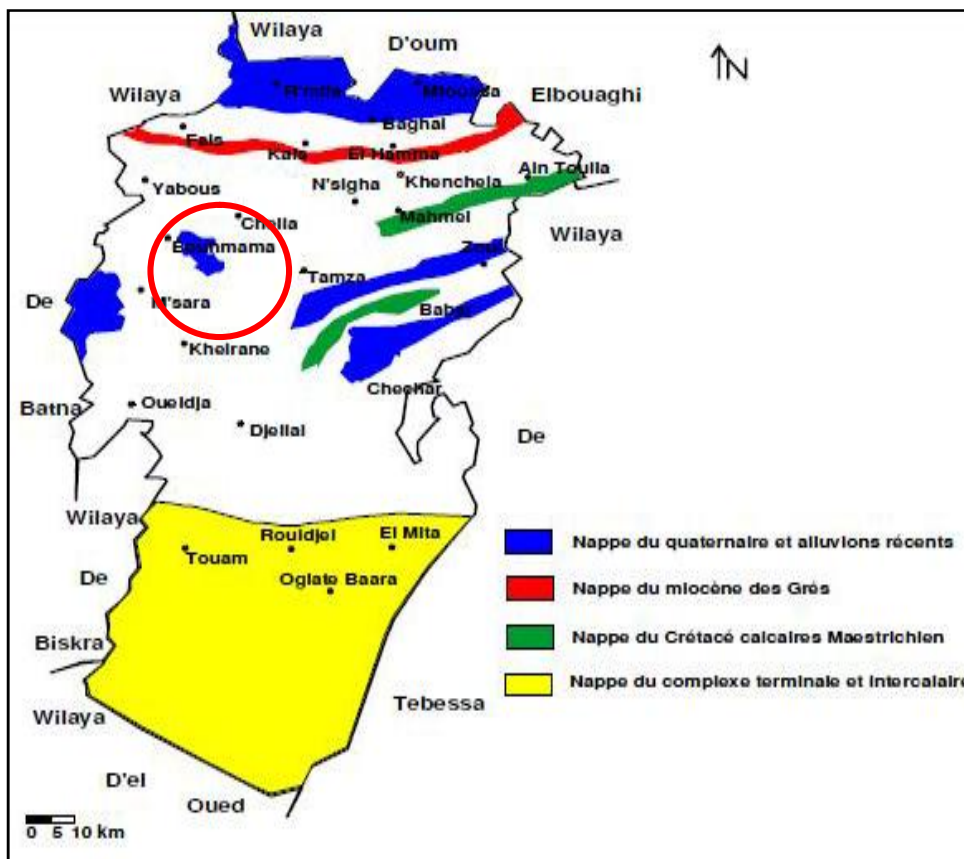


Source: (Houbibi.H ,2013)

Fig.06 : Réseau hydrographique de bassin versant d'Oued Mellagou.

En dehors des eaux superficielles ; l'eau souterraine constitue un réservoir d'eau d'une importance primordiale, et offre souvent l'unique source d'approvisionnement en eau. L'exploitation des nappes aquifères remplies d'eau pendant les périodes pluviales nécessitent la réalisation d'ouvrage tel que puits, forages et sources (DHW Khenchela 2016).

La profondeur de la nappe alluvionnaire de la zone d'étude varie entre 70 a 150 m, dont le nombre de forages captant la nappe est de 125 leur débit varient de 3 a 35 L/S. la date de réalisation est 1987 / 2007, leur destination est l'irrigation et l'AEP. Dont la superficie irriguée est 794 Ha. (Direction des Ressources en Eau. Khenchela 2016).



Source: (Bouali .H 2015)

Fig.07: Ressources hydrique de la wilaya de Khenchela (DHW, Khenchela).

II.5 La couverture végétale :

Le bassin versant d'Oued Mellagou englobant un cortège floristique diversifié composé de variétés précieuses telles que : le cèdre, le pin d'Alep, le chêne vert.

La forêt occupe la première place ; car elle représente 61.37% de la surface totale du bassin superficie forestière de 26194.16 Ha.

Les terres forestières occupent la majorité de superficie totale de bassin versant. Ces forêts sont administrées par trois circonscriptions forestières :

- Celle de Kais qui gère la partie Est de sous B V formées les forêts dominées de Ben-Oudjana avec une superficie totale de 12105 Ha elle gère également dans la commune de Chélia, une superficie de 2134 Ha et dans Bouhmama une superficie de 977 Ha. (Subdivision Agriculture Bouhmama, 2018)
- La partie Ouest de sous B V est géré par la circonscription de Bouhmama elle couvre le massif de Chélia et les forêts de Beni-Imloul avec une superficie de 15119 Ha,
- Une partie des forêts d'Ouled Yagoub est gérée par la circonscription d'El Hamma, elle occupe une superficie de 9983.08 Ha. (Conservation des forêts, 2018)

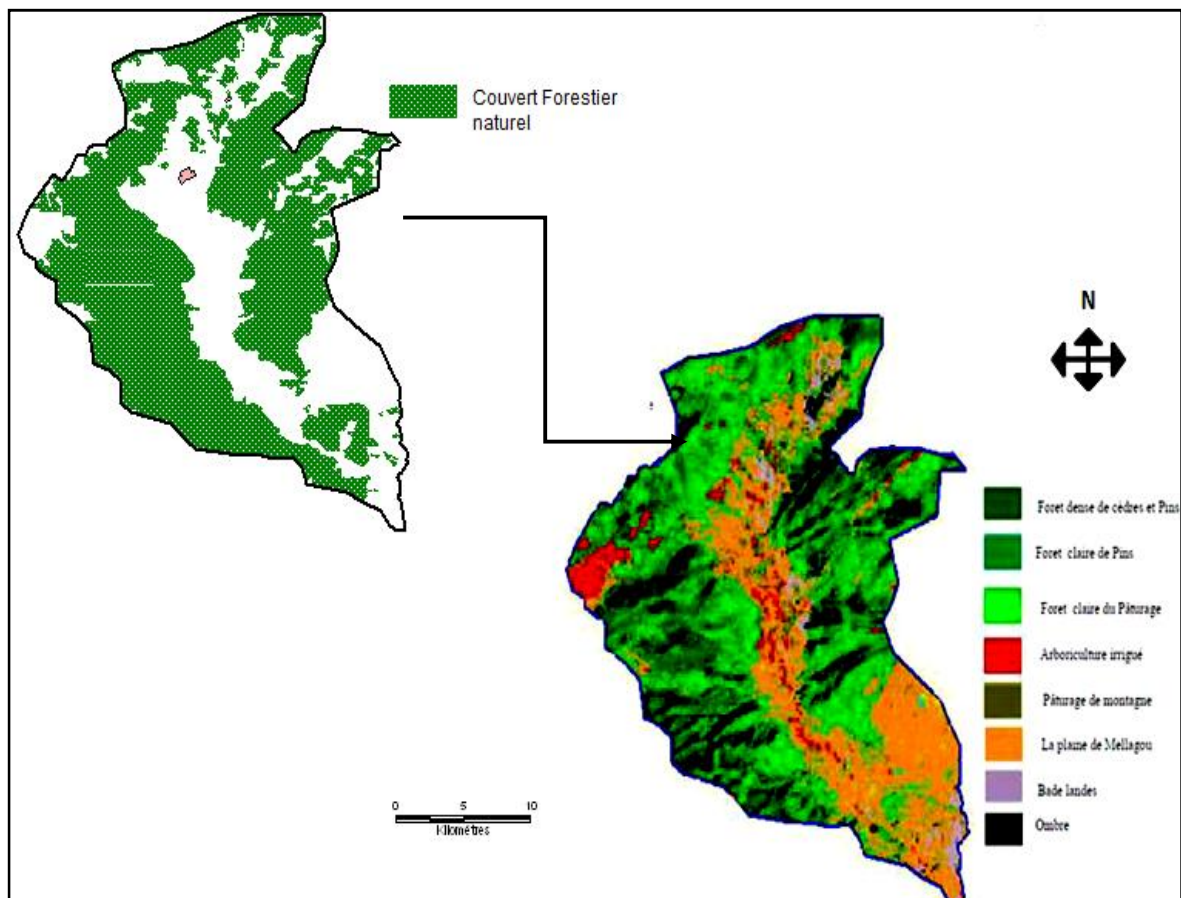


Fig.08: Le couvert forestier naturel de bassin versant d'Oued Mellagou.

II.6 Contexte agricole:

A la lumière des résultats enregistrés par le secteur de l'agriculture, qui constitue la principale activité de la Wilaya de Khenchela, il est toujours constaté que celui-ci, présente d'une manière générale, des productions faibles.

Néanmoins de très grands efforts ont été consentis pour son développement, qui a permis une grande amélioration de conduite de ses activités grâce à l'effort soutenu de l'Etat à travers la politique du Renouveau Rural (Bahi. A, 2016).

Cette agriculture semi-intensive en sec est essentiellement localisée dans la vallée d'Oued Mellagou et sur les piémonts et bas piémonts des reliefs la bordant. Les surfaces réservées à la céréaliculture et aux légumes sont insignifiantes, elles sont respectivement de 14 et 40ha (Subdivision Agriculture Bouhmama, 2018).

Au niveau communal, la couverture végétale est bien développée et étendue sur l'ensemble du territoire où le patrimoine forestier, la nappe alfatière et les parcours occupent plus de 35398 ha et s'accaparent de près de 86,51 % de la commune et se présentent dans un état de conservation assez bien sauf dans certaines parties touchées par l'érosion, les incendies, le surpâturage ou bien les pratiques agricoles locales inadaptées . (Subdivision Agriculture Bouhmama, 2018)

II.6.1 L'arboriculture :

Au niveau de la zone d'étude les arbres fruitiers a pépins sont les plus dominants surtout les pommiers qui occupe la première place, la superficie de se dernier augment de plus en plus a cause de sa valeur économique et l'existence des conditions favorables (eau, altitude, température, sol ...etc.). (Subdivision agriculture Bouhmama, 2018)

On trouve des vergers surtout au niveau de la plaine ou le nombre des forages et des puits est élevé. La superficie totale de l'arboriculture est de 21445 Ha. Dont la superficie de Plantée est de plus de 6660 Ha) ; Figes par 1047,5 Ha, Palmier dattier par 790 Ha, Olives par 7521 Ha et Autres par 5426 Ha.

Tableau.05 : Production de L'arboriculture.

Espèces	Superficie Plantée (Ha)	Superficie en rapport (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx /Ha)
- Total arboriculture	21445	13655	1361377	100
Dont * Pomme	6660 ,50	5313	1039876	196
* Figes	1047,5	797	27616	37
* Palmier dattier	790	698	78000	112
* Olives	7521	2500	61359	24
* Autres	5426	4347	154526	35

Source: Annuaire-statistique Khenchela 2016

II.6.2 Les cultures céréalières (orge et blé) :

Se sont des terres riches et fertiles, selon l'image satellitaire que l'on trouve sur les pentes légères (0 – 3 %) au niveau de la plaine de Mellagou et les petites enclaves qui se trouvent en forêt. Ces terres couvrent une superficie Plantée (100850 Ha); par superficie de Blé dur (50400 Hectare) et blé tendre par (5950 Ha) Et Orge par (41450 Ha).

Tableau.06 : production des céréalières.

Espèces	Superficie Plantée (Ha)	Superficie en rapport (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx /Ha)
- Total céréale	100850	59000	885000	15
Blé dur	50400	35390	663870	18
Blé tendre	5950	2750	35900	13
Orge	41450	20860	185230	8

Source: Annuaire-statistique Khenchela 2016

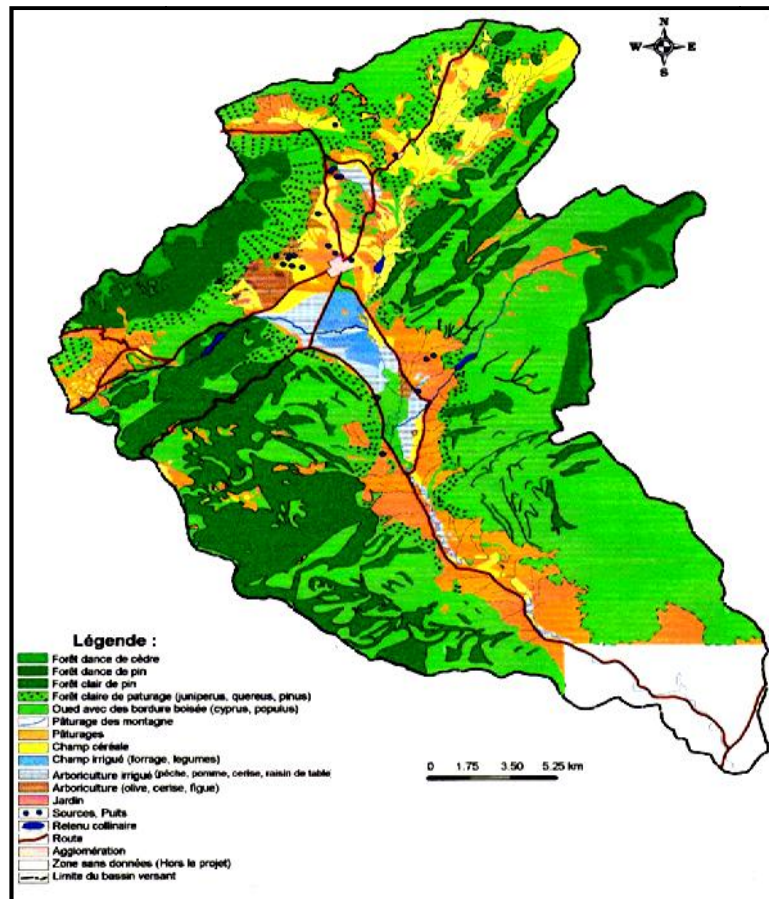
II.6.3 Les cultures maraîchères :

Ces culture marque dans notre zone d'étude par une superficie réduite 134 Ha par rapport au grande culture et l'arboriculture ; elle est présenté par : l'ognon, pommes de terre et l'ail qui occupent la première place pour la production qui est autoconsommée localement.

Tableau.07: production des maraîchères.

Espèces	Superficie Plantée (Ha)	Superficie en rapport (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx /Ha)
- Maraîchage Totale	4309,75	4316,75	460206	107
Dont* Pomme de terre saison	110,75	110,75	19305	174
* Pomme de terre arrière saison	42	42	8140	194

Source: Annuaire-statistique Khenchela 2016



Source : projet de développement Agro_Sylvo_Pastoral (Projet de coopération Algéro_Alleme)

Fig.09: Le couvert végétal de bassin versant d'Oued Mellagou.

III La Géomorphologie de la zone d'étude :

Le sous bassin versant d'Oued Mellagou présente un relief topographiquement varié. Ainsi nous rencontrons une série d'unités morphologiques; les collines, les plateaux de Zirris au Sud-Est de la plaine de Mellagou et d'importante montagne.

C'est un domaine fortement accidenté où les crêtes se distribuent dans tous les sens et donnent un caractère confus et inorganisé pour les massifs de Chélia et d'Ouled Yagoub.

III.1 Le relief :

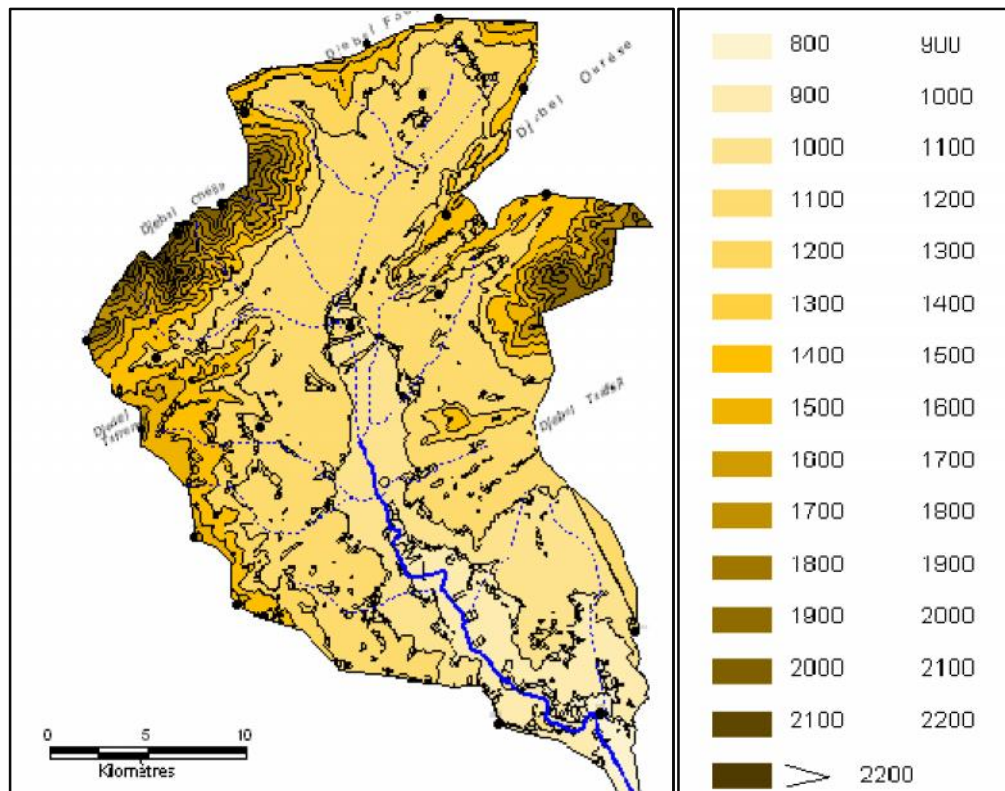
Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin.

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont en fonction de l'altitude, car l'altitude d'un relief dépend le gradient pluviométrique et thermique, ainsi que la vitesse d'écoulement qui sera en principe plus importante en montagne qu'en plaine.

D'après l'assemblage des cartes topographiques 1/50 000 de Toufana, Chélia, Dj Djahfa,

Dj Toubount et Taberdga, on constate que la zone d'étude représentée par deux parties :

- **La partie Nord** de la zone d'étude est caractérisée par deux massifs montagnards (massif de Chélia et massif d'Ouled Yagoub). Où les altitudes varient entre 1000 m et 2326m.
- **La partie Sud** de la zone d'étude est caractérisée par les collines et les Djebels dont l'altitude est varié entre 800m et 1365 m.



Source: (Houbibi.H .H, 2013)

Fig.10: Carte hypsométrique de Bassin versant d'Oued Mellagou.

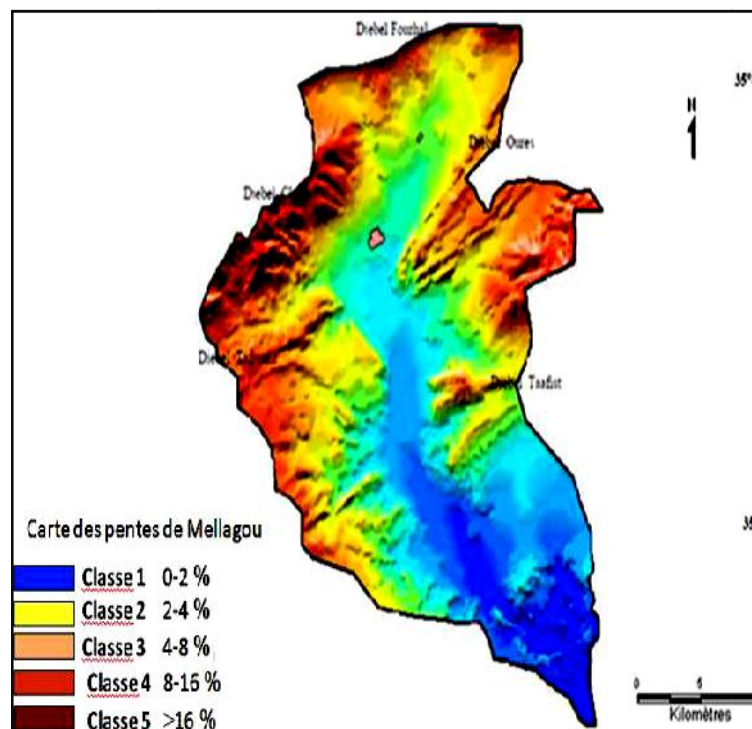
III.2 Les pentes:

La pente est une des caractéristiques du relief. C'est le rapport entre la différence d'altitude et la distance horizontale entre deux points du relief. Généralement la pente s'exprime en pourcentage.

La pente influe sur l'infiltration et la rétention en eau par les sols, elle conditionne également l'érosion de sol sur tout quand celui-ci est mal protégé par la couverture végétale. Le rôle de la pente est net dans tous les mécanismes de l'érosion. (Houbibi.H .H 2013)

Les classes de pente de la plaine de Mellagou peuvent être résumées à partir de la figure 9 qui permet de visualiser le dispositif d'agencement orographique de la commune. Il s'agit de cinq classes topographiques:

- **Les deux premières (0-2%) et (2-4%)** : concernent la partie de la vallée d'Oued Mellagou ;
- **La troisième classe (4-8%)** : correspond aux zones de piémont des reliefs montagneux concernant la vallée d'Oued Mellagou (Chélia au Nord, Djebel Taafist à l'Est, Ras Tirhezza à l'Ouest) ;
- **La quatrième et la cinquième classe (8-16%) et (> 16%)**, correspondent aux parties hautes des principaux alignements de reliefs qui incluent les points les plus hautes des reliefs de la commune.



Source: (Bouali .H 2015)

Fig.11: les pentes de bassin versant d'Oued Mellagou.

Introduction :

Les types de la formation géologique qui affleurent dans les bassins à une influence sur les répartitions des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméable avec une couverture végétale continue aura en générale une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roche imperméable mais érodés, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité et drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration. . La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédimentologiques et structuraux (Laffitte, 1939 ; Guiraud, et *al.*1973).

I Description litho stratigraphique du bassin versant :

A partir de la carte géologique des Aurès (Laffite ,1938). ; le sous bassin versant de Oued Mellagou a une grande partie occupée par formation de cénomaniens, les autres étages sont soit absentes soit très peu développés.

I.1 Trias (T) :

Le Trias est représenté par des masses chaotiques sans stratification (Villa. J.M, 1977), il a l'âge le plus ancien touchant la région, il est constitué d'argile, le gypse, calcaire rare et dolomie. Souvent une position chaotique, il est présente que des petits endroits exemplaires : la plaine de Mellagou et Kef el Ahmer à 1459 m d'altitude.

I.2 crétacé :

I.2.1 crétacé inférieur: (barrémien C^{u5}), il est constitué des argiles rouges et violets (jusqu'à marne rare), et grès siliceux en partie meuble et en partie compacte quelques blocs des dolomies. Exemple : à Chélia à environ 2000 m d'altitude.

I.2.2 crétacé moyen : (cénomaniens à la C) : se sont des marnes bleu gris et quelques blocs de calcaire marneux.

I.2.3 crétacé supérieur : (coniacien c³) : avec une position changeant des marnes et des calcaires. On le remarque dans l'anticlinale de Dj Chélia.

I.2.4 Santanien, Campanien et Mæstrichtien inférieure (C⁴ à C^{6a}) : avec des marnes bleues, noires et quelques blocs calcaires, des marnes beige à ocre. Situé dans la partie sud du sous bassin et la synclinale de Oued Azreg.

I.3 Tertiaire :

I.3.1 Eocène inférieure (e¹) : qui commence sur le Mæstrichtien supérieure avec des marnes presque noires qui passe au calcaire marneux gris bleuâtre et fin.

I.3.2 Eocène moyenne :

- Oligocène inférieure (lottorfien o³) avec des argile et gris siliceux rougeâtre.
- Oligocène moyen et supérieure (aquitanien O³) des remblais ou des sédimentations.
- LES Failles : elle trouvent à oued Mellagou, région Djaarir et les versant sud-est de Dj chélia .

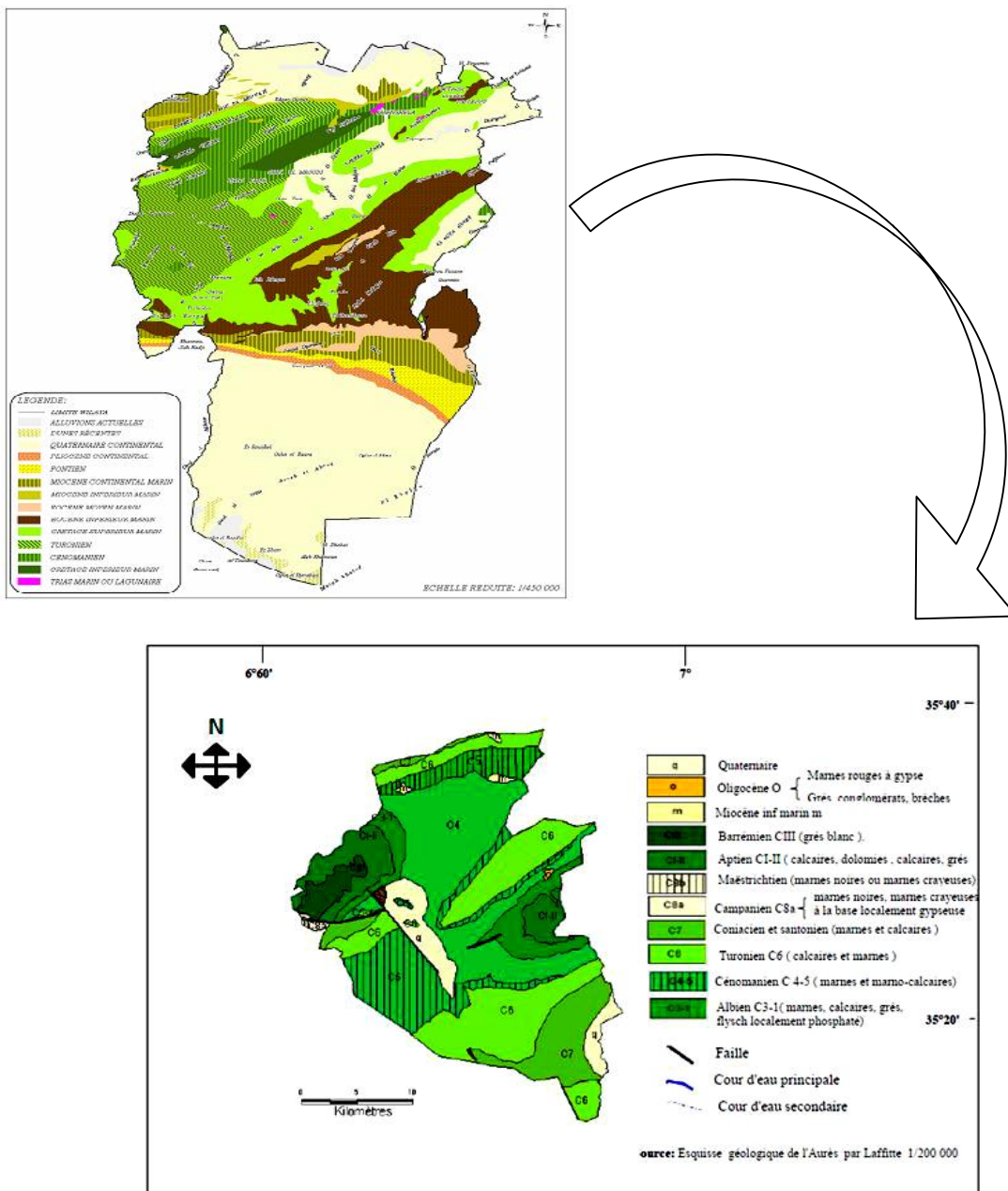


Fig.12 : Carte géologique de bassin versant d'Oued Mellagou.

II. La perméabilité :

D’après la carte litho géologique de bassin versant de Oued Mellagou le sous bassin est formés essentiellement par des formations perméable à semi perméable qui occupent presque la totalité de a superficie du bassin, ce qui favorise l’infiltration des eaux de surface.

Toutefois, les formations perméables sont des alluvions quaternaires surtout les marnes et grés miocènes qui affleurent au niveau de la plaine de Mellagou. (DHW. Khenchela 2016)

Tableau .08 : les caractéristiques de matériaux de bassin versant de point de vue perméabilité et résistance :

Formation géologique	Formation lithologique	La résistance à l'érosion	La perméabilité
Campanien	Marnes noires	Non résistant	Perméabilité faible
Maestrichtien	Marnes crayeuses		
Oligocène	Marne rouge a gypse		
Coniacien	Marne et calcaire	Moyennement résistante	Semi -perméable
Quaternaire	Alluvion ancienne et récente		Perméable
Cénomanién	Marno-calcaire		Semi-perméable
Turonien	Calcaires et marnes	Résistent	Imperméable
Miocène	Calcaire, grés	Très résistant	
Albien	Calcaire massif		
Aptien	Dolomie		
Barrémien	Grés		

Source : DHW Khenchela 2016

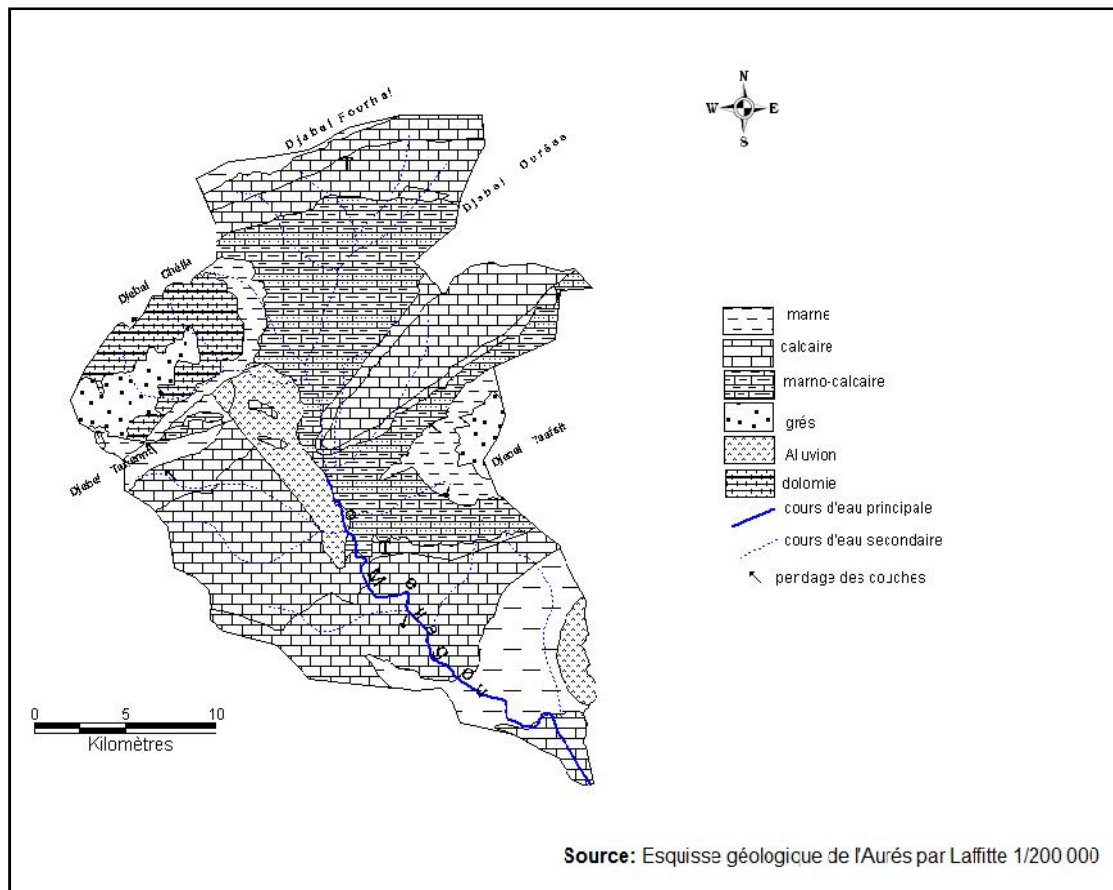


Fig.13 : la carte lithologique de bassin versant d'Oued Mellagou.

III Situation pédologique :

III.1 Pédologie régionale :

Les sols de la wilaya de Khenchela sont en grande partie, pauvres et peu profonds à l'exception des plaines du Nord où le sol est relativement plus profond. Ainsi, et mis à part quelques rares endroits isolés où la roche mère affleure, on rencontre au niveau des hautes plaines du Nord, là où le réseau hydrographique est très dense, des sols alluviaux profonds, de texture limoneuse ou argileuse. Ces sols peuvent porter des cultures très riches (DHW Khenchela, 2016).

Le Bassin versant est caractérisée par l'homogénéité des sols ; ou on observe généralement deux grandes classes :

III.1.1 Classe des sols :

Le sol le plus dominant est le brun calcaire qui domine généralement dans la plaine de Mellagou ; est caractérisé par :

Une texture argileuse limoneuse sableuse, le taux d'argile augmente avec la profondeur, le

pH varie entre 7.4 à 7.5 (légèrement alcalin). L'infiltration est élevée dans les premiers 90 cm, ce qui explique que le sol a tendance à très peu d'érosion s'il y a irrigation. Le sol est dépourvu des sels ; des teneurs élevées des carbonates causent des chloroses aux espèces sensibles et exigent l'apport d'engrais phosphatés sous forme granulé.

-une structure en général granuleuse à prismatique

-le taux d'argile augmente avec la profondeur.

-la conductivité électrique varie entre 0.1 à 1.2 et qui augmente avec la profondeur, ce qui indique que les sols sont dépourvus de sels (il n'y a pas de contact avec la nappe).

-riche en calcaire total avec un maximum en profondeur (jusqu'à 60%) .

-le teneur en calcaire actif varie entre 9.5% à 16% qui constitue un seuil important ; ce qui provoque l'inhibition de l'absorption de Fer et du Mg et par conséquent un jaunissement et des nécroses à l'extrémité des feuilles des espèces sensibles (l'apport d'engrais phosphatés est recommandé).

-le rapport C/N varie entre 9 à 11% ; ce qui explique que la matière organique est bien décomposée ; c'est à dire que l'humus est stable (cette valeur indique que le sol est sain où la vie microbienne est active).

- Le taux de matière organique varie entre 0.25 à 1 %.

- La capacité d'échange cationique varie entre 8.3 à 14.8 mg/100g du sol.

La plantation des espèces à racines profondes et si possibles des légumineuses qui augmenteraient la valeur de ces sols est recommandée.

III.1.2 Classe des Vertisols :

Ce type de sol domine généralement la plaine de kamouda (commune de chelia) et Assoul (Commune de M'Sara) qui est caractérisé par :

- Une texture argileuse.

- Le pH varie 7.1 à 7.2 ce qui explique le sol est légèrement alcalin.

- La structure en générale granulaire et schisteuse en profondeur.

- La conductivité électrique varie entre 1.9 de l'horizon de surface et 3.6 en profondeur ce qui présente une salinité faible de la surface et moyenne en profondeur.

-Le sol possède une stratification très stable, même des intensités très élevées d'averses ne mènent pas à l'érosion.

-Le sol est imperméable à partir de 01 m de profondeur.

- La teneur en calcaire total est élevé arrive jusqu'à 30%.

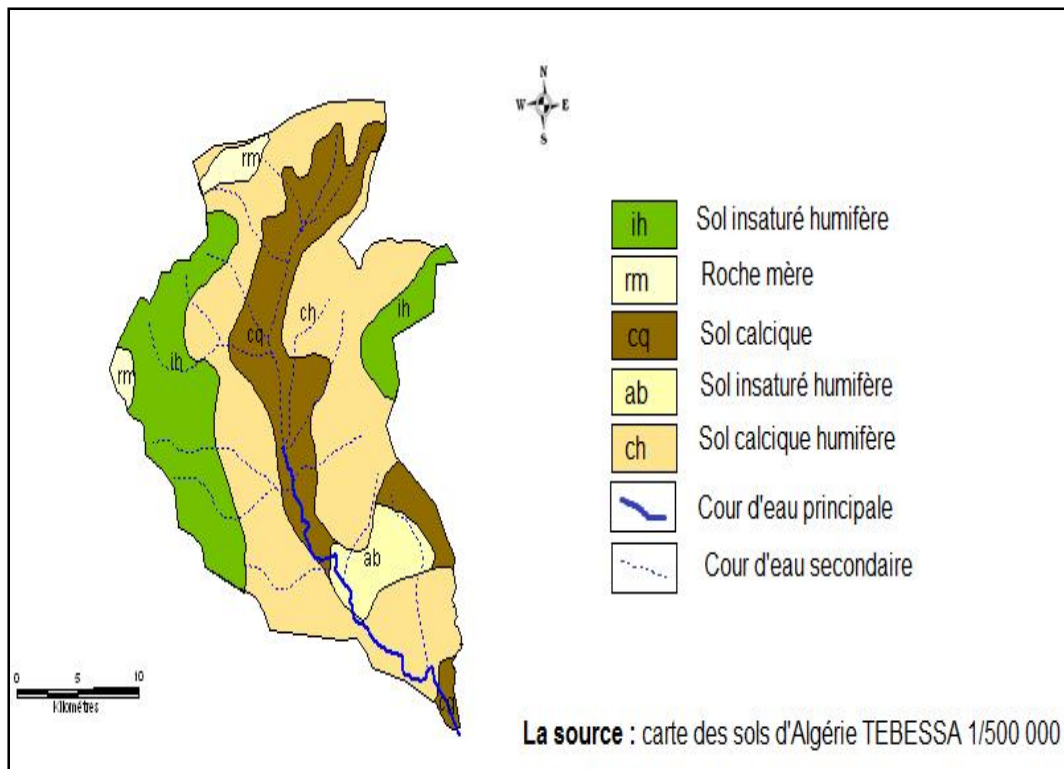


Fig.14 : la répartition des unités de sols à travers la zone d'étude.

IV Hydrogéologie de la plaine de Mellagou :

L'hydrogéologie des zones arides et semi-aride de l'Algérie, est un thème complexe. La région de Khenchela, qui se trouve touchée par une sècheresse chronique et un bilan climatique toujours négatif ne permet pas de justifier ou de préciser l'existence d'une recharge des nappes aquifères. Or cette recharge, même si elle est limitée, existe souvent dans ces régions arides où l'irrégularité du climat peut provoquer certaines années quelques événements pluvieux exceptionnels (Castany, 1982).

L'étude hydrogéologique repose sur l'identification du système aquifère, sa géométrie, ses limites et son alimentation. L'ensemble du système d'écoulement souterrain est défini par la piézométrie des différentes structures et unités géologiques représentées par quatre (04) types de nappes qui constituent le système aquifère de Khenchela :

La nappe superficielle : Il s'agit des nappes phréatiques dont la profondeur moyenne varie de 5 à 30m et sont exploitées essentiellement par des puits.

La nappe des plaines d'effondrement : Comblées par un remplissage d'alluvions importantes alimentées par les précipitations et les oueds qui les traversent. Leurs profondeurs variant de 100 à 200 m et son d'âge miopliocène. Dans ces plaines d'effondrement on peut

associer les nappes des calcaires fissurés du Turonien et du Miocène dont la profondeur dépasse les 300m.

La nappe des calcaires fissurés : L'épaisseur de certaines formations carbonatées dépassent les 250m et constituent la nappe des calcaires maestrichtiens.

La nappe des formations continentales : Localisées essentiellement dans la région Sud de la wilaya, leurs profondeurs varient de 200 à 600m (Chaffai et al, 2013).

La profondeur de ces formations aquifères varie de 5 à 600 m. Le volume total prélevé à partir de l'ensemble des aquifère est de 34 millions de m³/an (Boubelli, 2009).

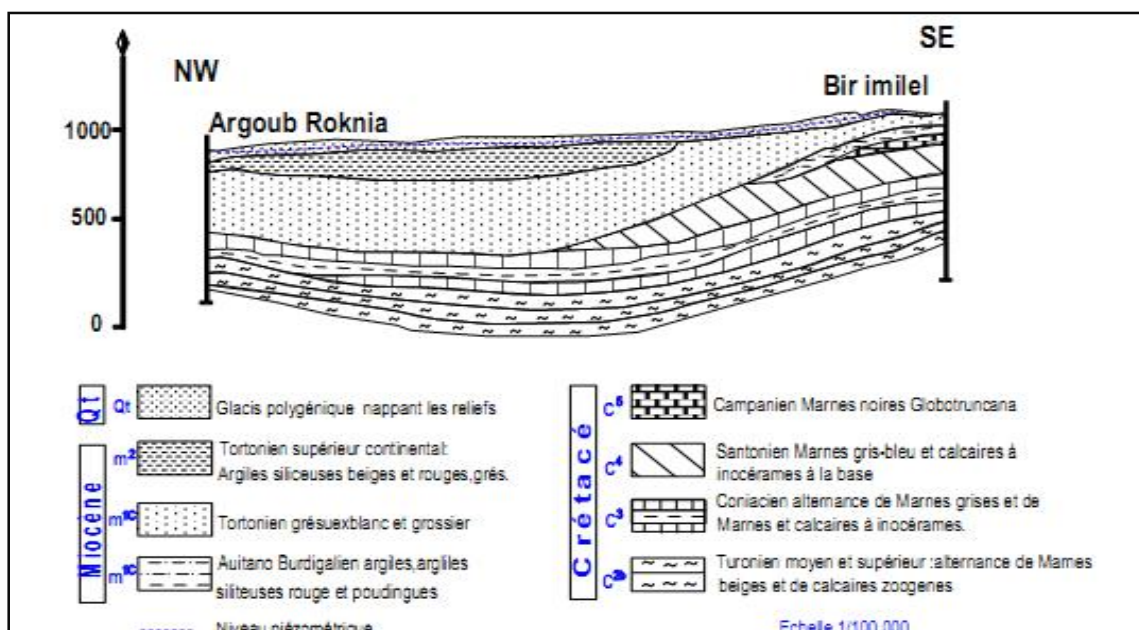


Fig.15 : Coupe hydrogéologique schématique.

Cette coupe de direction NW-SE est réalisée grâce à la carte géologique de Toufana (J.M Vila, au 1/50 000) et la carte piézométrique. La coupe hydrogéologique montre l'aquifère superficielle du Mio-Quaternaire qui est constitué par des Glacis polygénique du Quaternaire et des grés blanc grossiers du Tortonien Supérieur. Cela traduit, un aquifère a nappe libre dont le niveau piézométrique est subhorizontal et s'incline vers le Sud-Est (30m au NW et 5m au SE), il s'approche de plus en plus de la surface en s'avançant vers le massif du Djebel Islabor el Arouah.



Fig.16 : Carte des nappes aquifères (DHW Khanchela, 1992).

IV.1 Hydrogéologie de Bouhmama:

N'ayant pas de données hydrogéologiques précises, il est très difficile d'aborder l'estimation de la ressources en eau souterraine de cette commune, toutefois la présence d'écoulement superficiel matérialisé par l'Oued Mellagou et ses différentes branches secondaires et tertiaires pourrait supposer l'existence d'eau souterraine dans le sous-sol de la commune au moins sous forme d'aquifère quaternaire. Néanmoins, il faut bien souligner que la présence des eaux souterraines dans cette commune, comme pour l'ensemble des régions tello atlasiques, est tributaire des conditions hydrogéologiques qui relèvent de la nature des terrains (perméabilité et infiltration), de leur structuration géologique et des conditions climatiques (pluie, température et évaporation). La structuration géologique de cette zone, et plus particulièrement la fracturation des terrains, est en grande partie responsable de la présence ou de l'absence des aquifères.

Introduction :

L'étude climatique constitue un facteur important pour la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique qui influent d'une façon directe ou à long terme sur les variations des nappes.

Les conditions climatiques variées dépendent essentiellement des facteurs morphologiques, et biogéographiques du bassin versant.

L'objectif principal de toute étude hydroclimatique est l'établissement pour une période donnée d'un bilan hydrique dont les paramètres principaux nécessaires à son établissement sont : la précipitation et la température.

I Les données climatiques disponibles :

I.1 Le réseau de mesure et origine des données :

Pour effectuer l'étude des précipitations et des autres facteurs du climat, nous avons exploité des données recueillies et archivées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H). Il convient de signaler l'existence d'une station climatique de El Hamma, c'est une station météorologique professionnelle du réseau A.N.R.H considérée comme la plus représentative et qui dispose par ailleurs de données continues, récentes et fiables sur 20 ans (1997/2017). Cette période est suffisante pour définir les caractéristiques essentielles du climat, les caractéristiques de la station climatique de El Hamma sont représentées dans le tableau n°1.

Tableau.09 : Caractéristique de la station hydrométrique d'El Hamma

St El Hamma	Longitude	latitude	altitude	Période d'observation
	7°05'E	35°28'N	928.5m	1997/2017

II Les facteurs climatiques :

II.1 La température:

La température mesurée est un indicateur de l'ensemble des échanges thermiques qui existent en un lieu et à un instant donné. Sa répartition spatiale est en grande partie tributaire des apports énergétiques et des transferts par les fluides, mais d'autres facteurs interviennent notamment la disposition des masses continentales et océaniques et bien évidemment l'altitude. (Colin. A, 2007)

Tableau.10 : Température moyenne mensuelle enregistrée à la station d’El Hamma (1997-2017)

	T (C°) Moy min	T (C°) Moy max	T (C°) Moy	Amplitude M-m
janvier	2,4	12.8	7.6	10.4
février	3,4	12.43	8	9.03
mars	5	16.47	10.73	11.47
avril	7,6	11.62	9.61	4.02
mai	11,7	25.08	18.39	13.38
juin	15,9	30.9	23.4	15
juillet	18.95	34.9	26.9	16
août	18.6	34.22	26.41	15.62
septembre	15.01	26.4	20.75	11.39
octobre	11.9	21.53	16.71	9.63
novembre	6.30	16.04	11.17	9.74
décembre	3.33	11.5	14.83	8.17

Source (SMH, 2017)

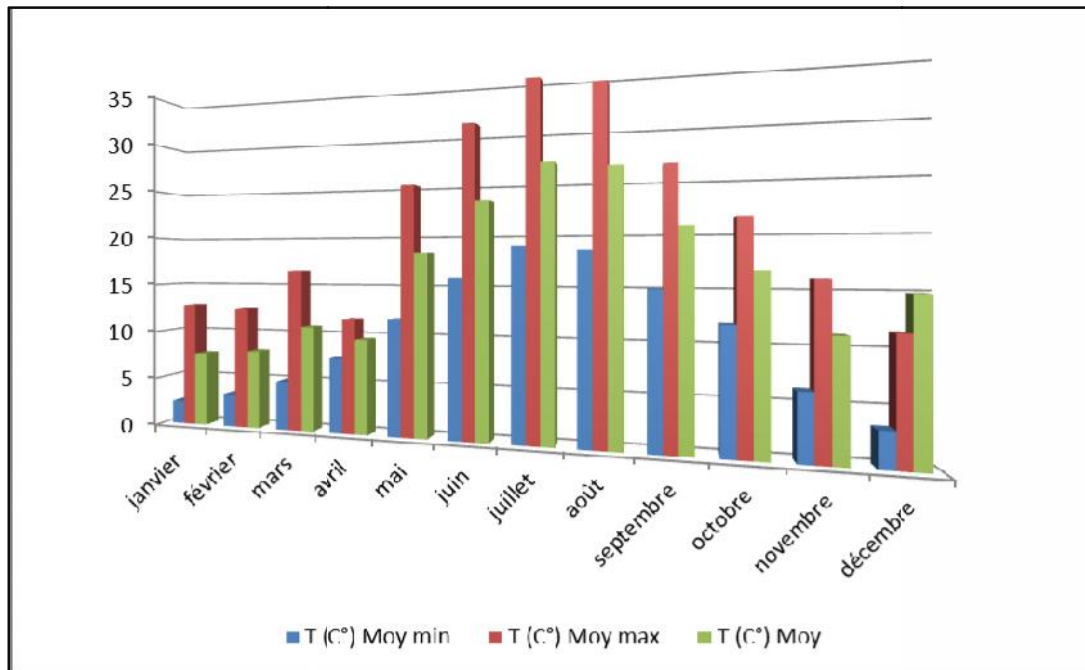


Fig.17 : Histogramme de variation des températures moyennes (1997-2017).

II.2. La précipitation:

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la Terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée, givre, ...).

Quelle que soit la forme de la précipitation, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement soit en millimètres (mm), soit en litres par mètre carré (l/m²). 1 mm de précipitations correspond à 1 l d'eau par m². L'intensité de la pluie est la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (généralement en mm/h) (Luyet. V, Vogel . J,2014).

II.2.1 Répartition mensuelle des précipitations:

Pour mesurer la Répartition mensuel des précipitations, il est nécessaire de connaître la quantité de précipitations dans les années successives.

Dans cette étude, nous avons utilisé les données de la station météorologique El Hamma entre 1997 et 2017.

Tableau.11 : La précipitation mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017).

mois	Précipitation (mm)
janvier	37,5
février	33,5
mars	40,2
avril	45,9
mai	63,3
juin	27,3
juillet	15,7
août	35
septembre	52,9
octobre	39,8
novembre	39,4
décembre	39,4

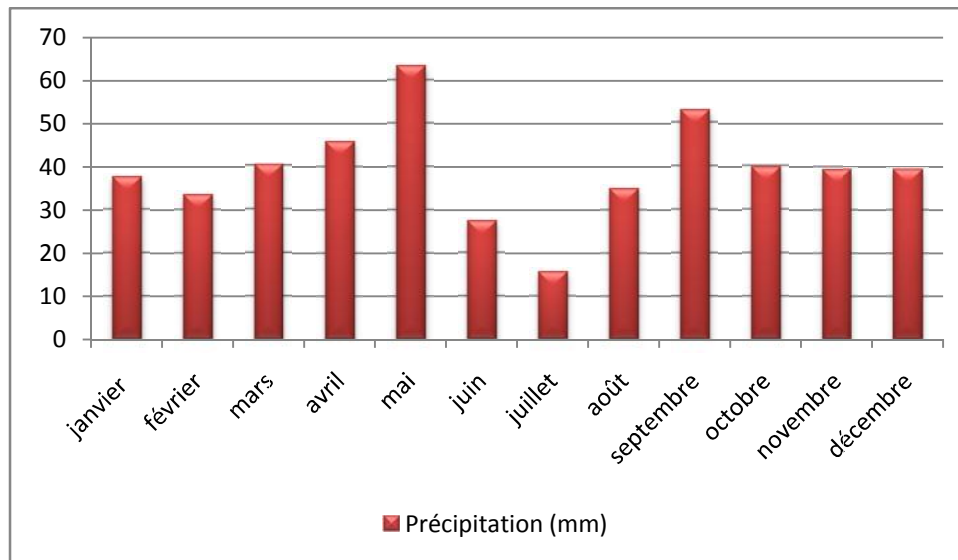


Fig.18 : Histogramme de variation des Précipitation moyennes mensuelles (1997-2017).

Les données pluviométriques (Fig.13) montrent que la moyenne mensuelle est environ de 35 mm. Le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec 15.7 mm, cependant, les quantités les plus élevées sont observées au mois de novembre avec 63.3 mm.

II.2.2 Répartition annuelle des précipitations:

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière.

On remarque qu'il y'a une irrégularité de la répartition annuelle des précipitations, l'année la plus pluvieuse est celle de (2011) avec une précipitation de 626,3 mm ; alors, que le minimum est enregistré en (2017) avec une précipitation de 276 mm.

Tableau.12 : Précipitation moyenne annuelle d'El Hamma (1997-2017).

Mois	Précipitation (mm)	Mois	Précipitation (mm)	Mois	Précipitation (mm)
1997	538	2004	623,6	2011	626,3
1998	413	2005	368,3	2012	388,3
1999	516,4	2006	583,6	2013	515,1
2000	311	2007	508,2	2014	394,9
2001	357,4	2008	520,5	2015	506,9
2002	417	2009	614,9	2016	318,4
2003	550,2	2010	529,1	2017	276

Source (SMH, 2017)

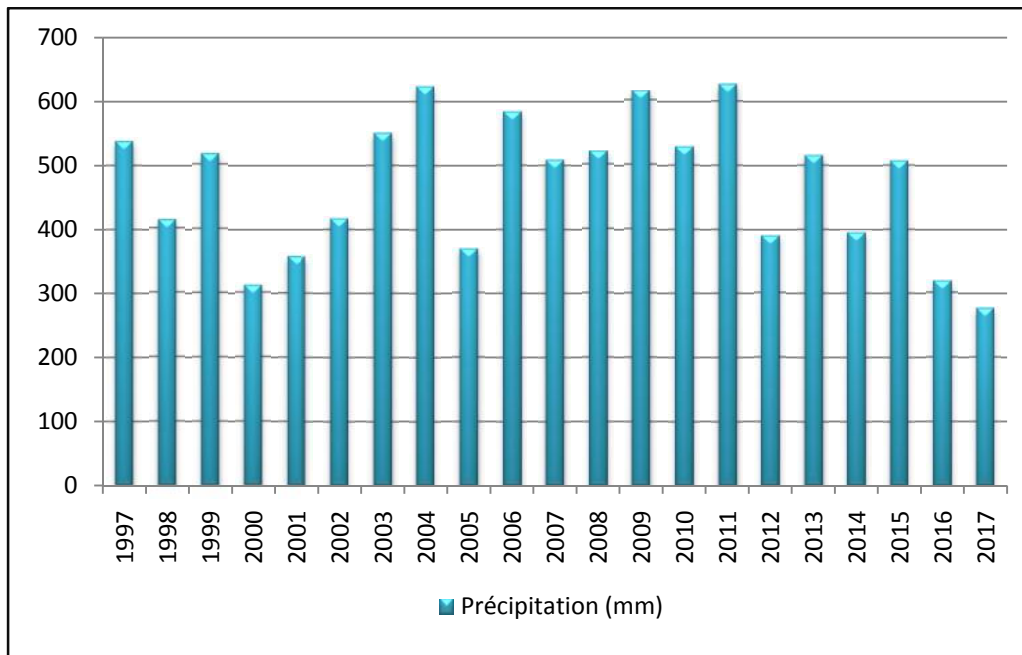


Fig.19 : Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1997-2017).

III. Diagramme Ombrothérmique de GAUSSEN:

Le diagramme Ombrothérmique permet d'estimer les éléments de climat d'une région de points de vue précipitation et température pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides

Selon Gausсен une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales inférieures ou égales au double de la température : $P \leq 2T \Rightarrow$ période sèche.

Une période humide est une période pendant laquelle les précipitations totales égales au double de la température :

Avec :

$$P=2T$$

P : précipitations moyenne mensuelle en (mm).

T : température moyenne mensuelle en (C°).

Le diagramme de Gausсен, fournit une représentation plus concrète du climat au cours de l'année.

Tableau.13 : La précipitation et la température moyenne mensuelle (1997-2017).

Mois	P	T(°C)
Jan	37.5	6.48
Fév	33.52	7.43
Mar	40.21	10.61
Avr	45.93	13.95
Mai	63.31	18.40
Jui	27.31	23.44
Juil	15.78	26.97
Août	35.04	26.21
Sep	52.98	21.46
Oct	39.82	16.90
Nov	39.41	10.99
Déc	39.46	7.29

Source (SMH, 2017)

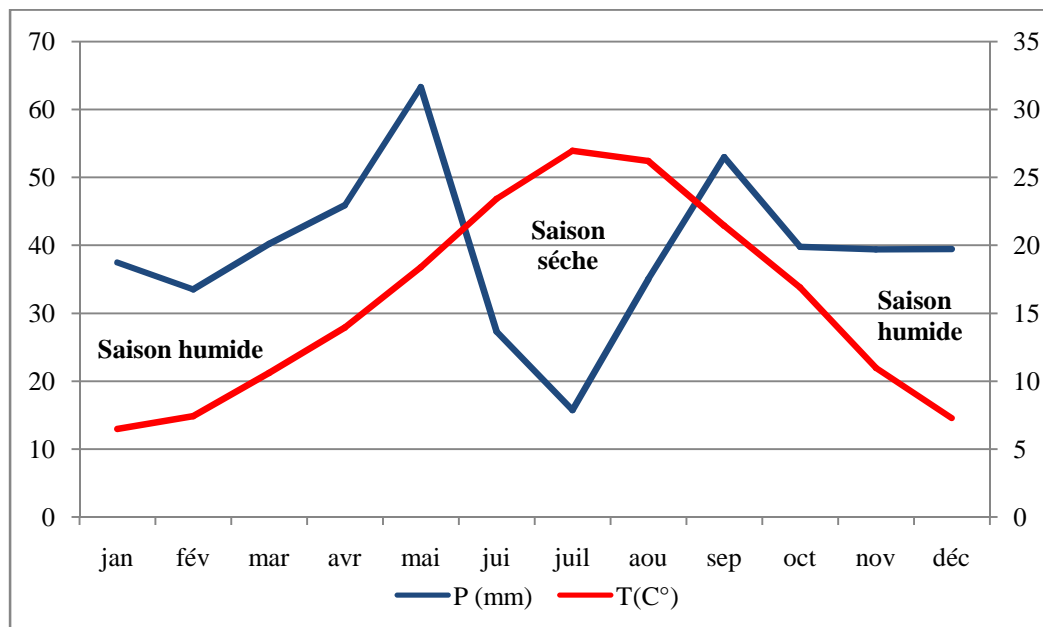


Fig.20 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen.

L'analyse de la courbe de Gaussen donne les remarques suivantes:

- Lorsque T passe au-dessus de P, la période correspondante est déficitaire (sèche). C'est ce qui se produit de juin à septembre.
- Lorsque P passe au-dessus de T, la période correspondante est excédentaire. Cela se produit d'octobre à fin mai

IV Détermination de l'étage bioclimatique :

Pour caractériser le climat de bassin versant étudiés on utilise le climagramme d'Emberger (Fig.21) qui permet de définir l'étage bioclimatique de la station.

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Avec :

P : Précipitations annuelles en mm .

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré absolu (k°).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré absolu (k°).

$$(T (K^{\circ}) = T (C^{\circ}) + 273.2).$$

Tableau.14 : Les valeurs de Q2

Station	P (mm)	M		m		Q2
		C°	K°	C°	K°	
EL Hamma	470,3	34.22	307.42	2.4	275.6	50.70

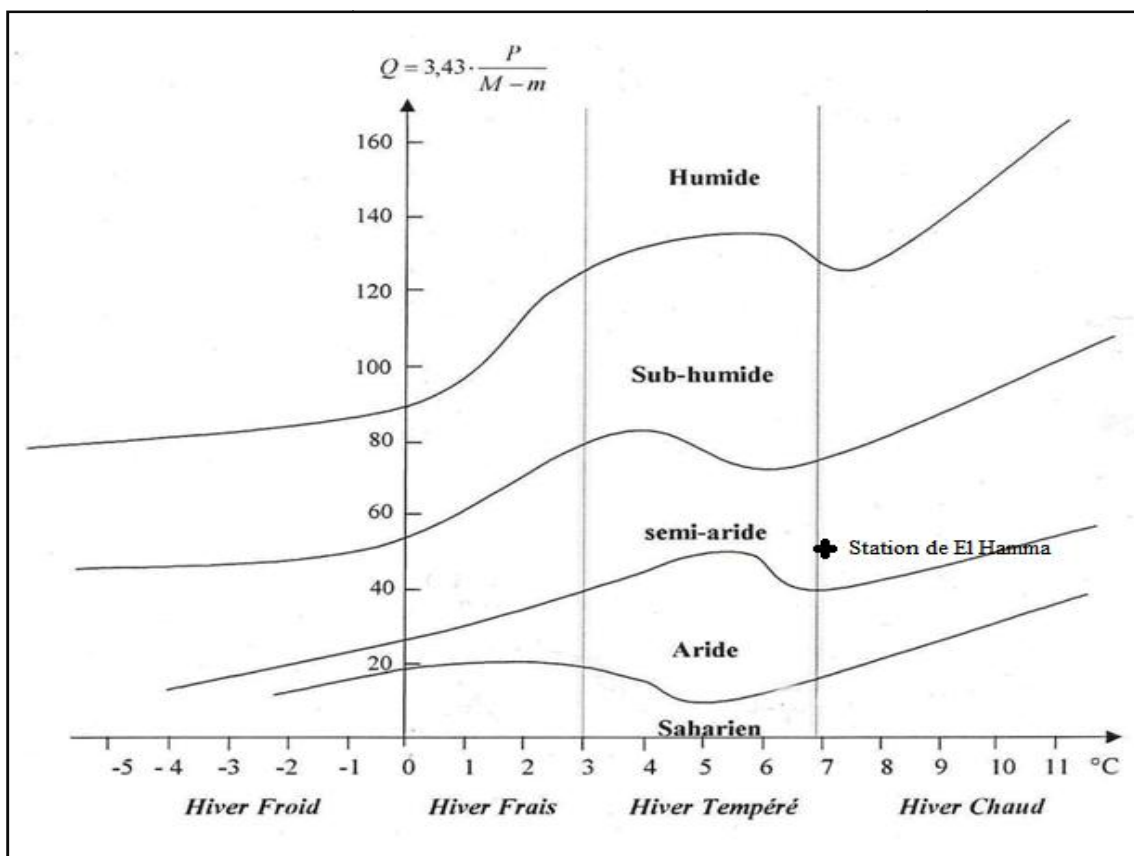


Fig.21 : Climagramme d'Emberger.

V Le bilan hydrique:

L'étude du bilan hydrique d'une région permet d'évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface entre ses différents composants (écoulement, infiltration et évaporation). Il est calculé par la méthode de THORNTHWAITE, cette dernière tient compte de la température, la pluie, l'ETP et la RFU, selon la formule suivante:

$$P = ETR + I + R$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm).

I : Infiltration moyenne annuelle (mm).

R : Ruissellement moyen annuel (mm).

V.1. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est en quelque sorte l'exemple de toutes les pertes en eau (la végétation, les nappes libre) par la transformation de cette dernière en valeur.

Donc l'évaporation résulte de deux phénomènes l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (transpiration). Elle est en fonction de plusieurs facteurs tels que climat, température, l'isolation et aussi végétation (Mehanna. S ,2016).

V.1.1 L'évaporation 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 ceux-ci contiennent en permanence la quantité d'eau suffisante. Elle est estimée par la formule de « THORNTHWAITE » utilisable pour les climats subhumides et semi-arides, selon la formule suivante :

$$ETP = 16 (10t / I)^a \cdot K$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en mm.

T : température moyenne mensuelle en °C.

I : somme des indices thermiques mensuels i.

K : facteur de correction mensuel, fonction de la durée de la journée.

$$i = (T / 5) 1.514$$

a= un exposant climatique où $a = 0.016I + 0,5$.

V.1.2 L'évapotranspiration réelle (ETR) :**V.2 Ruissellement:**

Le ruissellement est la quantité d'eau au cours d'une précipitation échappée à l'infiltration et l'évaporation, il a pour but d'apprécier l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol.(Mourad)

Ce paramètre est très important pour l'étude hydrologique du bassin versant, la lame d'eau ruisselée sera estimée par la formule de Tixeront-Berkaloff :

$$R = P^3 / 3*(ETP)^2 \text{ si } P < 600 \text{ mm}$$

Formule de Tixeront Berkaloff modifiée par Romantchouk (1974) ;

$$R = P^3 / 3 \text{ si } P > 600 \text{ mm}$$

V.3 L'infiltration (I)

L'infiltration est un paramètre très important du bilan hydrique, elle est définie comme la quantité d'eau franchissant la surface du sol. Elle renouvelle les réserves d'eaux souterraines et entretient le débit de l'écoulement souterrain des sorties après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous sol (Castany 1982).

On a:

$$P = ETR + R + I$$

Donc:

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

Avec :

I : L'infiltration en mm.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm.

R : Ruissellement en mm.

VI Calcul du bilan hydrique :

Les tableaux ci-dessous résument les bilans hydriques pour la station d'El Hamma, établies selon la méthode de Thornthwaite.

Tableau.15 : Bilan hydrique pour la station d'El Hamma
Selon la méthode de Thornthwaite.

Mois	P (mm)	Tc°	i	K	ETP (mm)	BH	RFU (mm)	ETR (mm)	DA	EXC
Jan	37.5	6.4	1.4	0.87	10.05	27.45	72.97	10.05	00	27.45
Fév	33.5	7.4	1.8	0.85	12.68	20.82	93.79	12.68	00	20.82
Mar	40.2	10.6	3.1	1.03	27.89	12.31	106.1	27.89	00	12.31
Avr	45.3	13.9	4.7	1.09	45.82	-0.52	105.58	45.3	0.52	00
Mai	63.3	18.4	7.1	1.21	86.9	-23.6	81.98	63.3	23.61	00
Juin	27.3	23.4	10.3	1.21	130.8	-103.5	00	27.3	103.5	00
Juil	15.7	26.9	12.7	1.23	162.28	-146.5	00	15.7	145.58	00
Août	35	26.2	12.2	1.16	153.6	-118.6	00	35	118.6	00
Sep	52.9	21.4	8.9	1.03	92.68	-39.78	00	52.9	39.78	00
Oct	37.9	16.9	6.3	0.97	57.56	-19.66	00	37.9	19.69	00
Nov	39.2	10.9	3.2	0.86	23.41	15.79	15.79	23.4	15.79	15.8
Déc	42.2	7.2	1.7	0.84	12.47	29.73	45.43	12.47	29.73	29.73
Tot	471	15.8	73.4		816.13	-346.13		363.89	496.77	106.11

DA: le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc : $DA=ETP-ETR$

EXC: l'excédant c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits

donc :

$$EXC=P-ETR$$

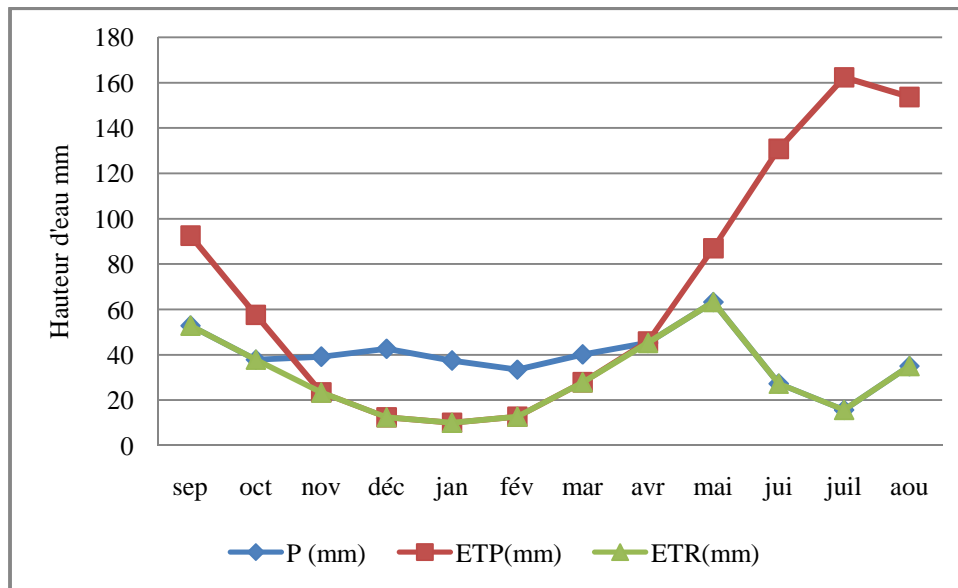


Fig.22 : Représentation graphique du bilan d'eau de Thornthwaite de la station d'El Hamma (1997/2017).

VI.1 Interprétation du bilan hydrologique :

Après avoir calculé le bilan d'eau de la station d'El Hamma et d'après la représentation graphique du bilan selon la méthode de Thornthwaite (Fig.06), on constate que :

Le bilan d'eau établi par la méthode de Thornthwaite a montré que l'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (162,28 mm) et son minimum au mois de Janvier (10,05 mm)

L'observation du graphe du bilan hydrologique nous permet de dire qu'il existe deux périodes la première est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois d'avril jusqu'au mois d'octobre, dans cette période les sols sont secs et leur niveau de la réserve hydrique est nul, rendant la nécessité de l'irrigation. La deuxième période est humide qui commence à partir du mois de novembre où les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de décembre et mai. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltré et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

VII Le vent :

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat car la sensation de chaleur ou le transfert d'énergie dépend principalement dans une large mesure de sa force, lui confère un intérêt important en matière de connaissance des vitesses maximal dont la région est

soumise. Les potentialités d'évapotranspiration sont également liées aux mouvements de l'air qui conditionnent les variations du bilan hydrique à l'échelle des valeurs moyennes mensuelles et annuelles. (Bahi. A ,2016)

Les vents sont caractérisés par leurs directions, leurs vitesses et leurs intensités.

Tableau.16 : La vitesse moyenne du vent (m/s) enregistrée à la station de D'El Hamma (1997-2017).

Mois	V _{moy} (m/s)
Jan	24,5
Fév	25,5
Mar	27,9
Avr	29
Mai	27,7
Jui	28
Juil	27,3
Août	27,06
Sep	27,1
Oct	25,7
Nov	27,5
Déc	24,4
Tot	24,5

Source (SMH 1997-2017)

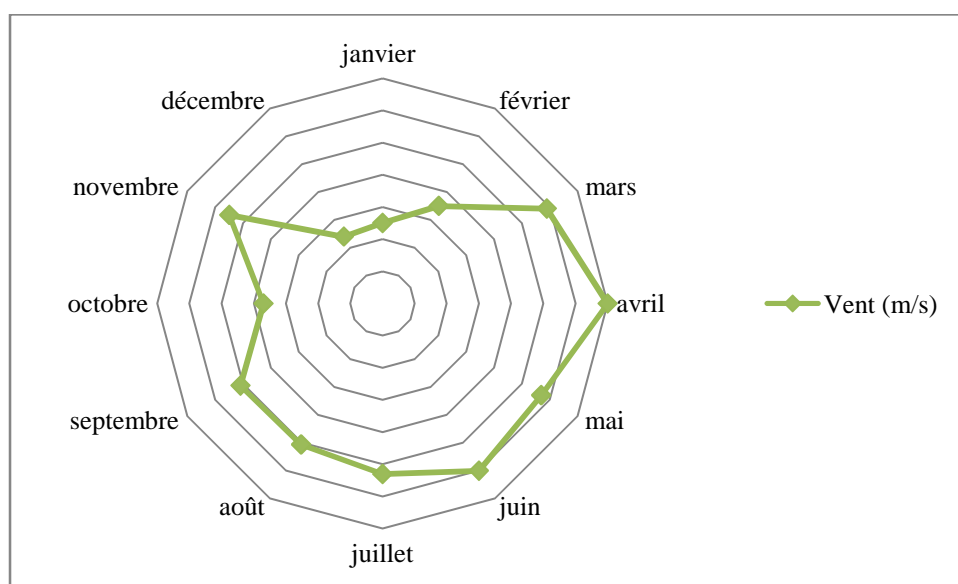


Fig.23: La répartition moyenne de la vitesse du vent (1997- 2017).

VIII L'Humidité :

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue. L'humidité relative joue un rôle sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages.

En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion à l'humidité relative exprimée en %. L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression. Ce rapport changera si on change la température ou la pression(Vincent. L et Vogel. J, 2014).

Tableau.17 :L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017)

Mois	Humidité %
Janvier	70,6
Février	64
Mars	60,6
Avril	57,25
Mai	53
Juin	42,5
Juillet	40
Août	41
Septembre	57.16
Octobre	55
Novembre	65.33
Décembre	69

Source (SMH, 2017)

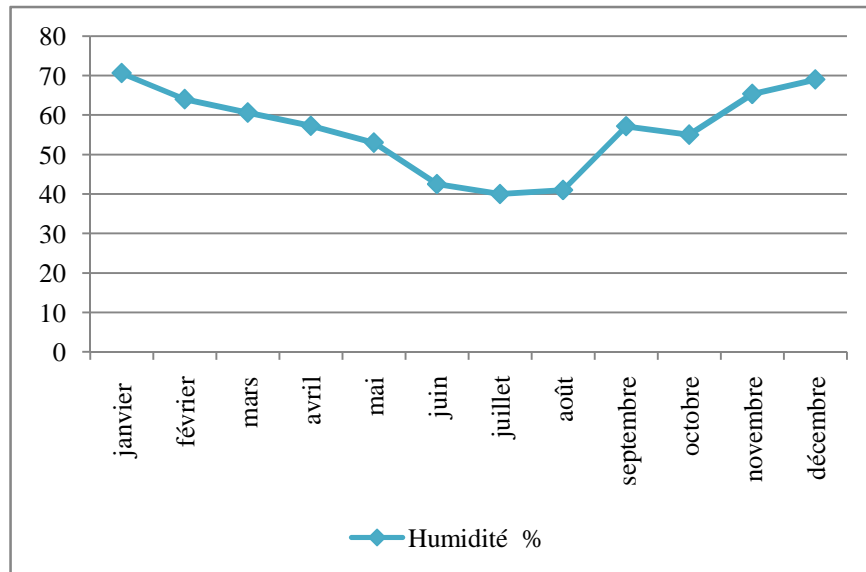


Fig.24 : L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017).

Les valeurs de l'humidité relative sont relativement homogènes elles varient entre 40% et 70.6%. L'humidité de l'air dans la plaine de Mellagou est caractérisée.

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 40 à 42.5% et inversement, durant la nuit par dissipation de la température ambiante et l'humidité tend à augmenter.

Par contre, durant la période hivernale (janvier, février, décembre), la température étant faible et nous remarquons une humidité élevée et atteindre entre 69 à 70.6%.

Introduction :

Les eaux naturelles constituent un milieu complexe. Mais c'est surtout depuis l'essor de la chimie au cours du XX^{ème} siècle et la mise sur le marché de plusieurs dizaines de milliers de substances de synthèse au travers de l'agrochimie, de la pharmacie humaine et vétérinaire, des produits phytosanitaires, des solvants, des matériaux, etc. que la contamination des eaux naturelles s'est diversifiée. Ceci explique l'inflation, au cours des dernières décennies, du nombre de paramètres utilisés pour définir la qualité des eaux.

I Matériel et méthode:

I.1 Echantillonnage :

Un plan de travail a été adopté pour atteindre nos buts, il consiste à réaliser un suivi des eaux (surface et souterraine), avec une analyse complète des paramètres physico-chimiques pour expliquer l'origine et l'évolution de chaque élément.

Une campagne de prélèvement a été effectuée en mars 2018 réalisée sur 13 points, répartis sur la totalité de la zone d'étude comme suit : 09 forages au niveau de la plaine de Mellagou ,01 source et 03 au niveau d'Oued Mellagou (Fig.27).

Les analyses effectuées sont faites au niveau du laboratoire Ain M'Lila et ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivants :

Les paramètres physiques: la température (T°C), le pH, la conductivité électrique (CE)

Les paramètres chimiques: se sont les éléments majeurs; cations, anions, et les métaux lourds dans le but de mieux suivre l'évolution de la qualité chimique des eaux.



Oued Mellagou

Eau d'source

Forage

Fig.25: Photos des ressources en eau dans la plaine de Mellagou.



Fig.26 : Echantillonnage d'eau.

Tableau.18 : Les points des prélèvements au niveau de la plaine de Mellagou (Mars ,2018).

Point de prélèvement	Nom de point
F1	Gabal lahjar
F2	Ahroun
F3	Ch5
F4	Azizi Hossin
F5	Bougara Mouhamed assalah
F6	Bouzwamel
F7	Khwaldi
F8	Sawli
F9	Sayghi
ES1	Oued Mellagou
ES2	Oued Mellagou
ES3	Oued Mellagou
Eau de source	Hamam jaarir

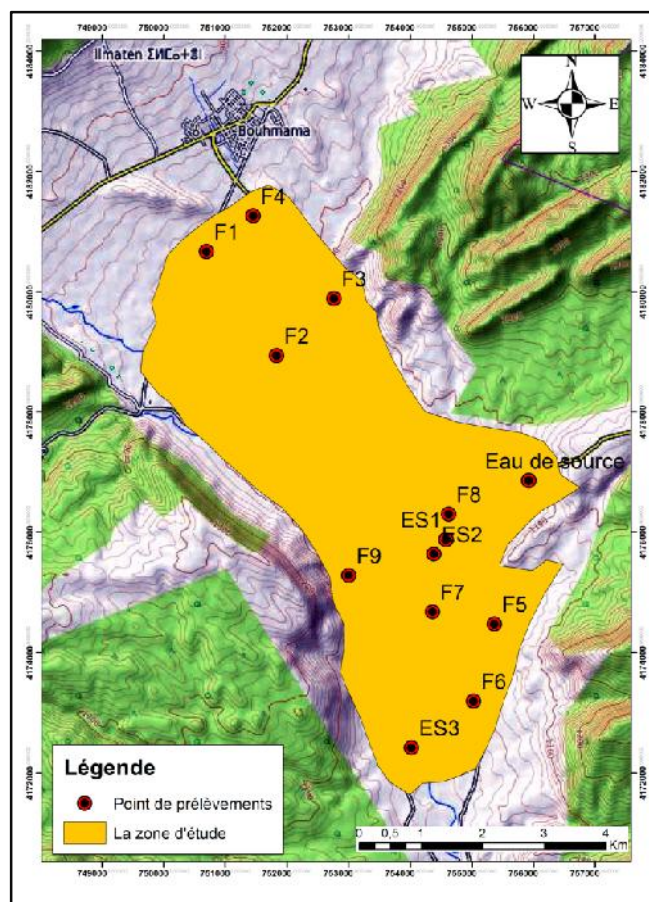


Fig.27 : Carte d'inventaire des points de prélèvements des eaux dans la plaine de Mellagou (Mars 2018).

I.2 Etude des paramètres physique :

La mesure des paramètres physicochimiques, à savoir le pH, la conductivité électrique(CE), et la température (T) ont été effectuées in situ.

I.2.1 Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH c'est la mesure la concentration des ions H^+ dans l'eau (Salghti ,2006). Il dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, Bermond *et al.* 1966).

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9 (Metahri ,2012).

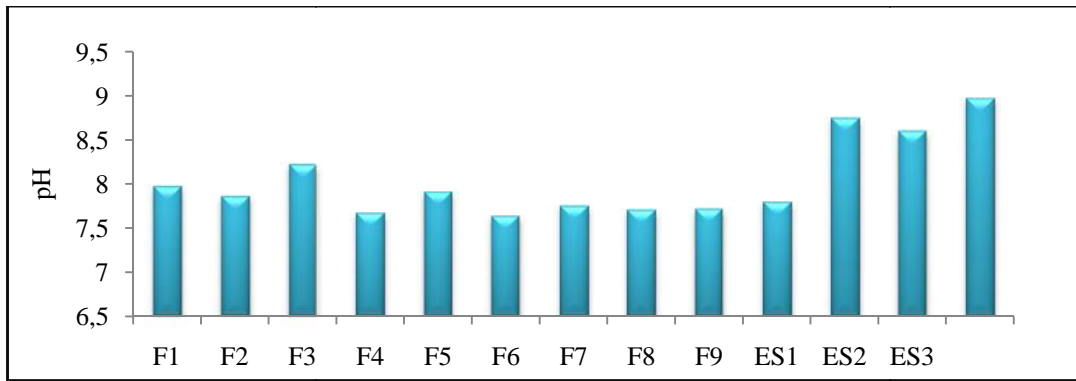


Fig.28 : Histogramme de variation du pH (Mars, 2018).

L'historgramme de variation du pH des eaux de la plaine de Mellagou montre que tous les points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixé par l'OMS concentration minimale acceptable 7 à 8,5 et concentration maximale admissible 6,5 à 9,5.

Au niveau de l'oued Mellagou, le pH varie entre 8,7 et 8,6, il augmente jusqu'au 8,95 pour l'eau de la source. Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs du pH varient de 7,6 à 8,2 avec un minimum dans le forage F4 et F6 et maximum dans le forage F3. En fin un minimum est enregistré au niveau du forage F4 et F6, et un maximum est enregistré au niveau de la source. et les eaux de surface (Fig.28).

Tableau.19 : Classification des eaux selon leur pH

pH	Acidité forte (présente d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles)
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée (majorité des eaux de surface)
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

I.2.2 Conductivité électrique:

La conductivité Électrique (CE) mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bio-indicateur du degré de minéralisation de l'eau (Nisbet et Verneaux, 1970).

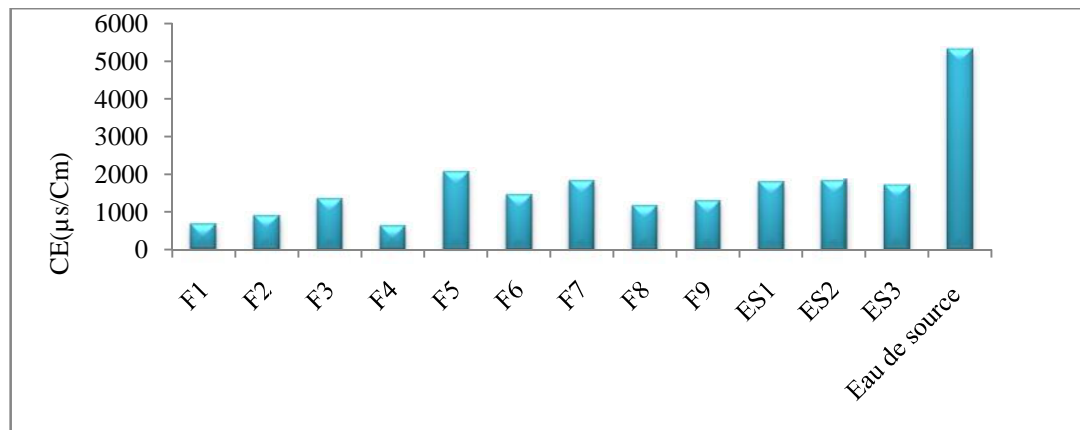


Fig.29 : Histogramme de variation de la Conductivité électrique (Mars ,2018).

D'après l'histogramme de variation de la Conductivité Electrique, on remarque que dans l'intervalle de concentration guide fixés par l'OMS concentration minimale acceptable 180 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) et concentration maximale admissible 1000 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) mais les valeurs des prélèvements sont très variables :

Au niveau de l'Oued Mellagou la CE varie entre 1692 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 1826 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Mais il représente 5319 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans la source dépasse largement la norme admissible(Fig.29)

Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs de la CE varient de 644 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 2063 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En fin un minimum est enregistré au niveau du forage F1 et F4 avec les valeurs de 644 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 628 $\mu\text{s}/\text{cm}$, et un maximum est enregistré au niveau du F5 (2063), les eaux de la source présentent une CE assez élevée une valeur de l'ordre de 5319 a été détectée .

Ces différences sont dues aux apports pluvieux qui diluent les concentrations et à l'effet de la dissolution des évaporites

I.2.3 La température :

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et l'évaporation des eaux ; elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Moussa, 2005; OMS, 2006).

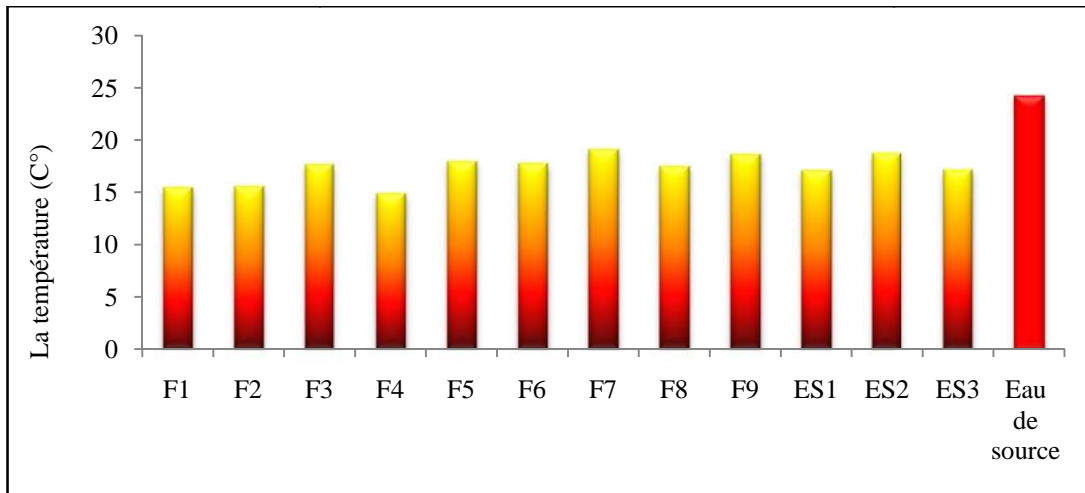


Fig.30 : Histogramme de variation des températures (Mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation des températures des eaux prélevées, les valeurs varient de 15°C à 24°C, elles sont inférieures à la norme de l’OMS (25°C). La valeur la plus élevée enregistrée au niveau de la source (24°C) mais elle reste inférieure à la norme de l’OMS.(fig.30)

I.3 Etude des paramètres chimiques :

I.3.1 Les éléments majeurs :

I.3.1.1 Le Potassium (K⁺):

On trouve le potassium en grandes quantités dans la nature. Il est rencontré sous forme de chlorure double dans nombreux minerais. Tels que la carnallite de Stassfurt et la sylvinite. On le trouve également dans les cendres des végétaux sous forme de carbonate (Allali, 2004).

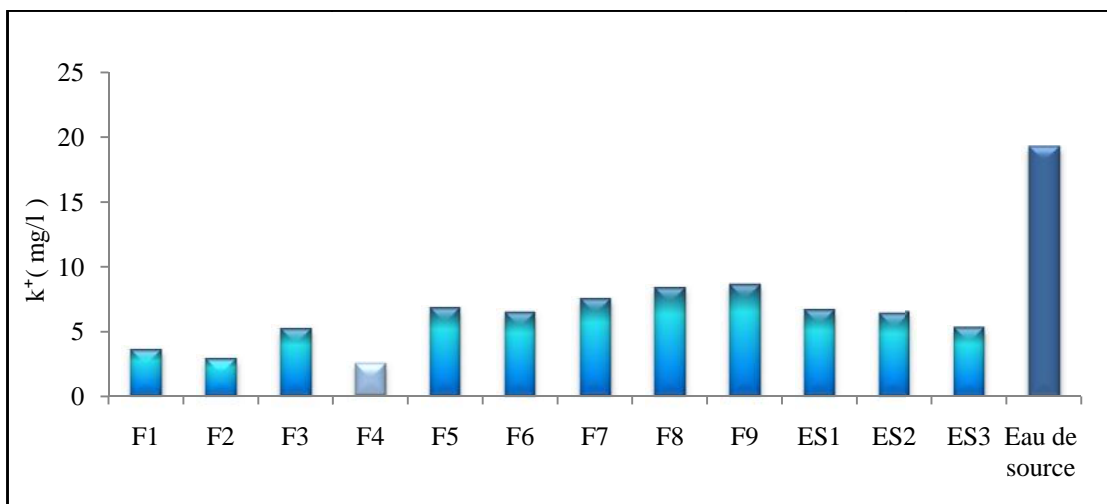


Fig.31: Histogramme de variation du potassium dans les eaux de la plaine de Mellagou (Mars, 2018).

Les valeurs observées dans le diagramme montre que la plupart des points ont des concentrations inférieurs à la limite de potabilité, sauf dans la source où les concentrations est maximale 19.2 mg/l .Mais tous les autre points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixés par l'OMS concentration minimale acceptable 10 mg/l et concentration maximale admissible 12 mg/l).(fig.31).

Au niveau de l'Oued Mellagou la concentration varie entre (5.3 et 6.4) mg /l. dans les eaux souterraines, les concentrations varient de (2.4 à 8,5) mg /l avec un minimum qui est enregistré au niveau du forage F4 2,4 mg /l, des maximums sont enregistrés au forage F9 et source (8,5 et 19,2) mg /l . Cela est lié aux formations argileuses riches en potassium.

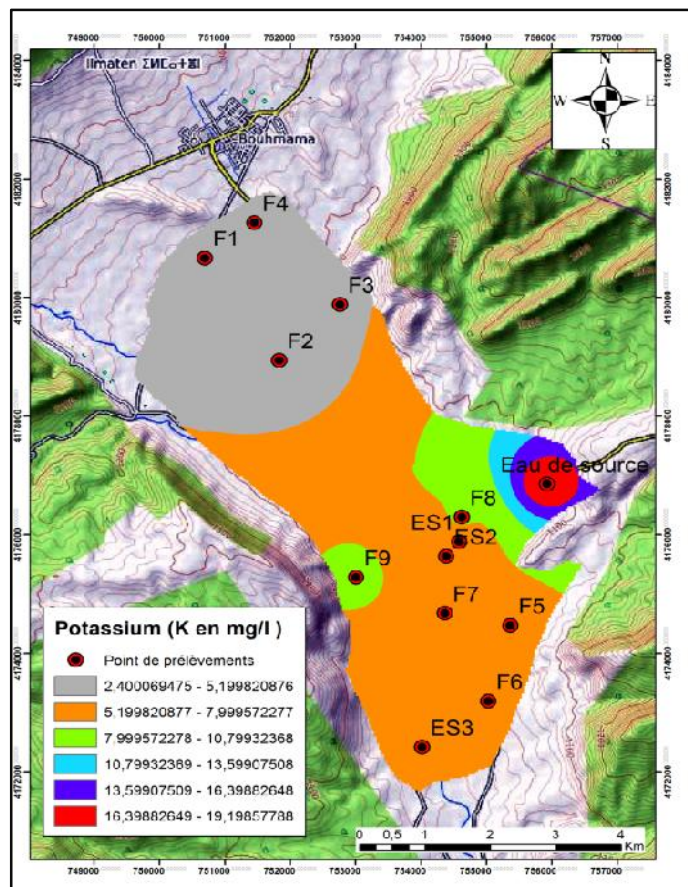


Fig.32 : Carte de concentration de Potassium (Mars, 2018).

La carte de concentration du Potassium montre que Les eaux les moins chargées se localisent au Nord (2.40 ; 5.19) mg/l dans les forages F1, F2, F3 et F4. L'eau le plus chargée, se trouvent dans l'eau de source (16.39 ; 19.19) mg/l. (fig.32).

I.3.1.2.Sodium (Na⁺)

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 du lessivage de sels, ou de la

percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres. (Bermond et al, 1979).

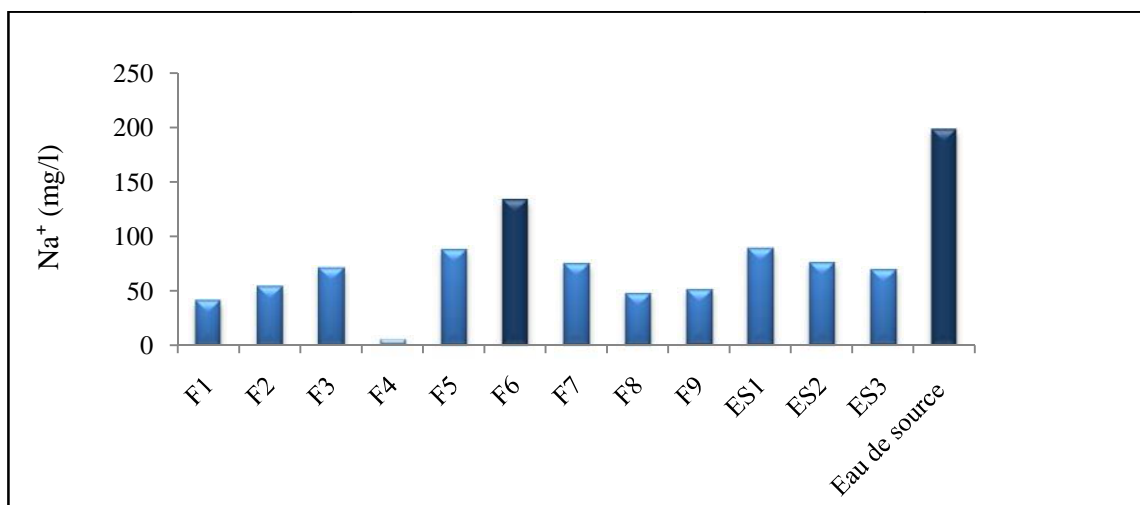


Fig.33 : Histogramme de variation du sodium (Mars, 2018).

L'histogramme de variation de sodium montre que la plupart des points ont des concentrations inférieures à la limite de potabilité, sauf dans la source avec 198.4 mg/l et le forage (F6) 133.3 mg/l où la concentration minimale est enregistrée au niveau du forage F4 avec une valeur de l'ordre de 5.27 mg/l. Mais tous les autres points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixés par l'OMS concentration minimale acceptable 20 mg/l et concentration maximale admissible 150 mg/l avec des valeurs variables. (fig.33).

La carte de concentration du Sodium montre que les concentrations augmentent en allant vers le Sud-Est avec (5.27 ; 41.62) mg/l au Nord comme valeur minimale enregistrée dans le forage F1 F2, et (144.61 ; 198.38) mg/l comme valeur maximale enregistrée au l'eau de source, cette forte concentration est liée présence de la dissolution des formations salifères. (fig.34).

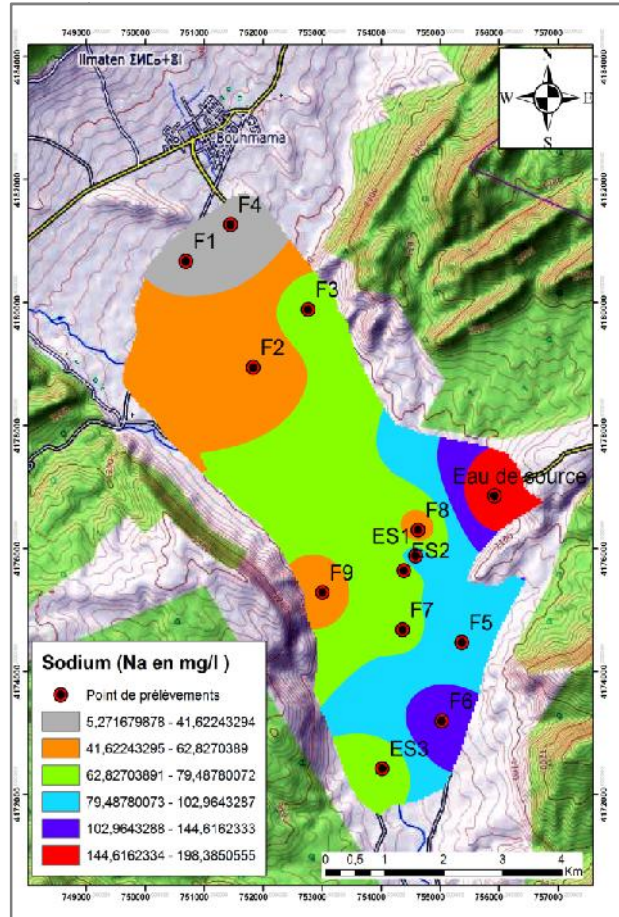


Fig.34 : Carte de concentration de Sodium (Mars, 2018).

I.3.1.3 Le Magnésium (Mg^{2+}) :

La dissolution des ions des Mg^{2+} résulte principalement lors du ruissellement et lessivage des calcaires et des dolomies par les eaux de pluies à la provenance du gaz carbonique (Tardat et al ,1984).

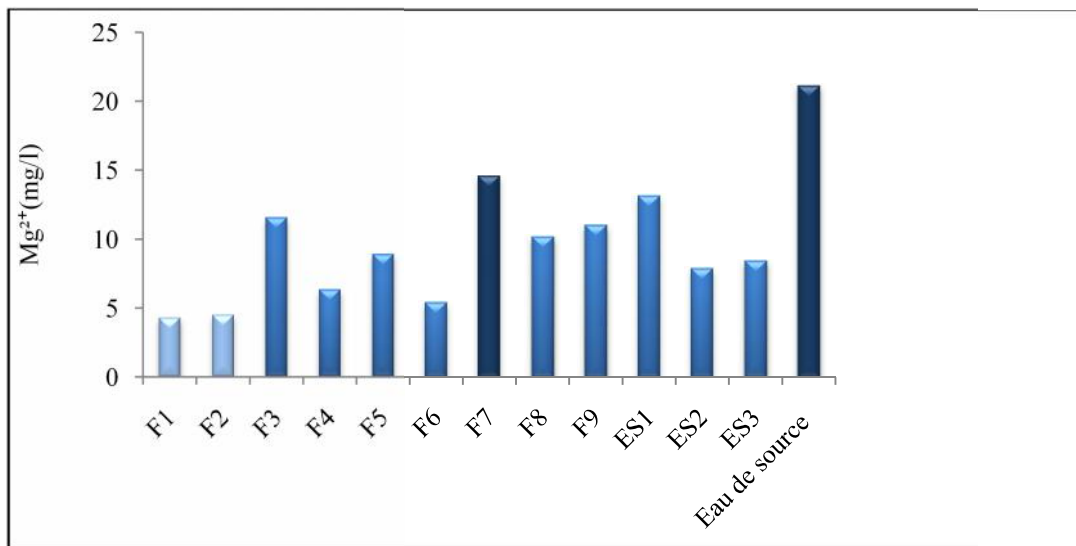


Fig.35 : Histogramme de variation du magnésium (Mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation de magnésium au niveau de l'Oued Mellagou la concentration varie entre 7.88 mg/l à 13.22 mg/l.

Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs de concentration varient de 4.3 mg/l à 14.55 mg/l avec un minimum dans les forages F1, F2 (4,3 et 4,51) mg/l, le maximum dans le forage F7 au niveau de la source (14,55 et 21,26) mg/l.

Ces teneurs sont dues à la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en Mg^{2+} (magnésite, dolomite,...). (fig.35).

La carte de concentration Magnésium de montre que les concentrations se localisent dans le Nord vers le Sud les forages F1, F2, F4, F6, enregistres les plus faibles valeurs (4.30 ; 7.12) mg/l. Les eaux les plus chargées, se trouvent dans l'Est la valeur la plus élevée enregistrée dans l'eau de source (18.43;21.25) mg/l, cette forte concentration est dû probablement à la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite). (fig.36).

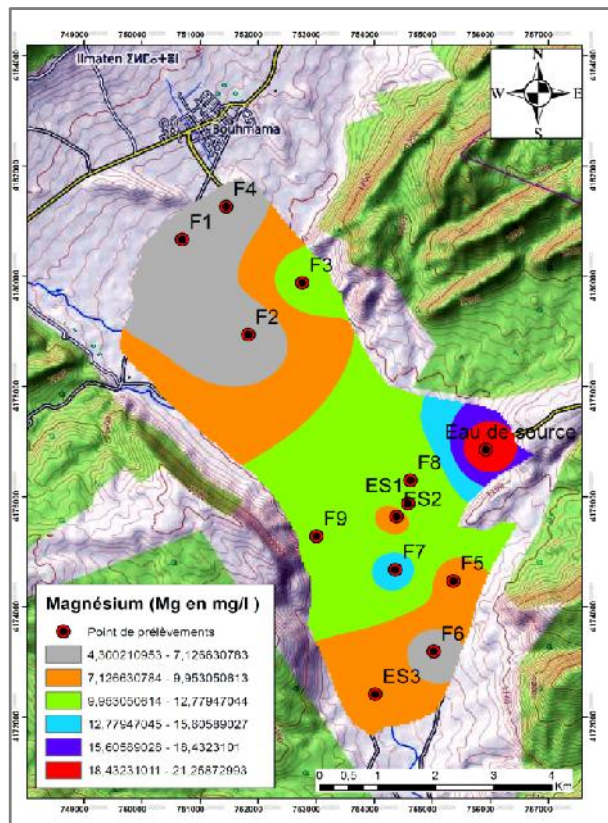


Fig.36 : Carte de concentration du Magnésium (Mars, 2018).

I.3.1.4 Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement réparti dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. (Khelili .R, Lazali .D, 2015).

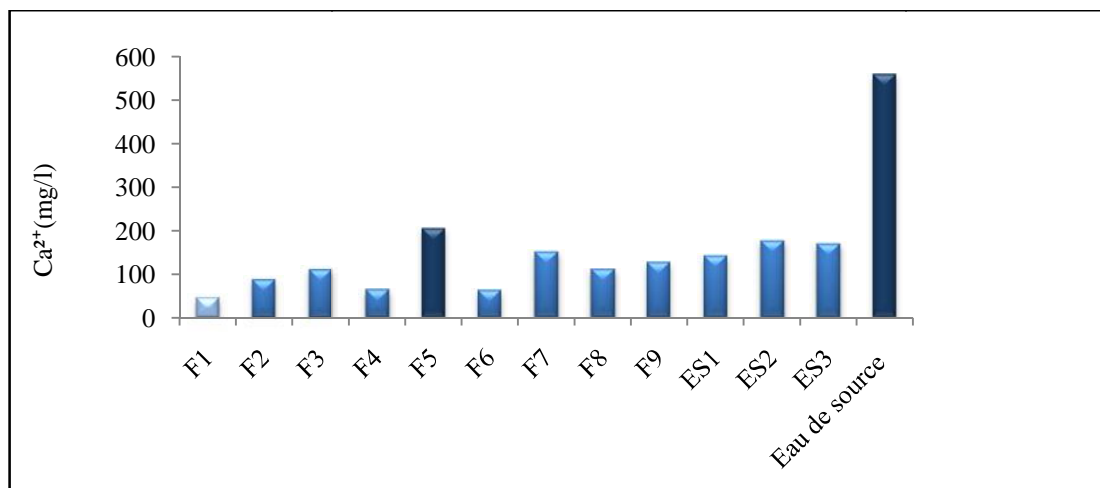


Fig.37 : Histogramme de variation du calcium (Mars, 2018).

L'histogramme montre que la valeur maximale de 556.75 mg/l est enregistré au niveau de la source, tous les autres points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixés par l'OMS concentration minimale acceptable 75 mg/l et concentration maximale admissible 250 mg/ mais avec des valeurs variables :

Au niveau de l'Oued Mellagou la concentration varie entre (142,63 à 177,29) mg/l. Aux niveaux des eaux souterraines, les concentrations varient de (45,68 à 204,66) mg/l avec un minimum dans le forage F1 et maximum dans le forage F5. (fig.37).

La carte de concentration de calcium montre que les eaux les moins chargées se localisent dans le Nord se propageant de Sud les forages F1, F2, F3, F4, F6, F8, et F9 enregistres les plus faibles valeurs (45.68 ;130.85) mg/l. Les eaux les plus chargées, se trouvent dans l'Est la valeur la plus élevée enregistrée dans l'eau de source (471.53 ; 556.70) mg/l, cette forte concentration est probablement liée au lessivage des formations métamorphiques (cipolins) ainsi que la dissolution des formations carbonatées et gypseuses traversées par les eaux. (fig.38).

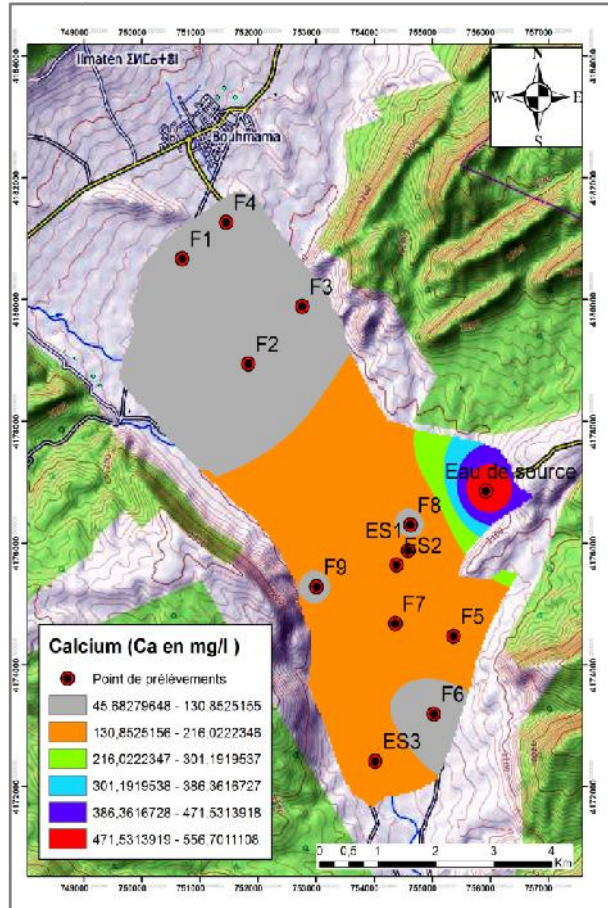


Fig.38 : Carte de concentration de Calcium (Mars, 2018).

I.3.1.5. Les Bicarbonates:

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. L'ion bicarbonate réagit avec un acide minéral et libère du gaz carbonique dans la solution (Rodier, 2009).

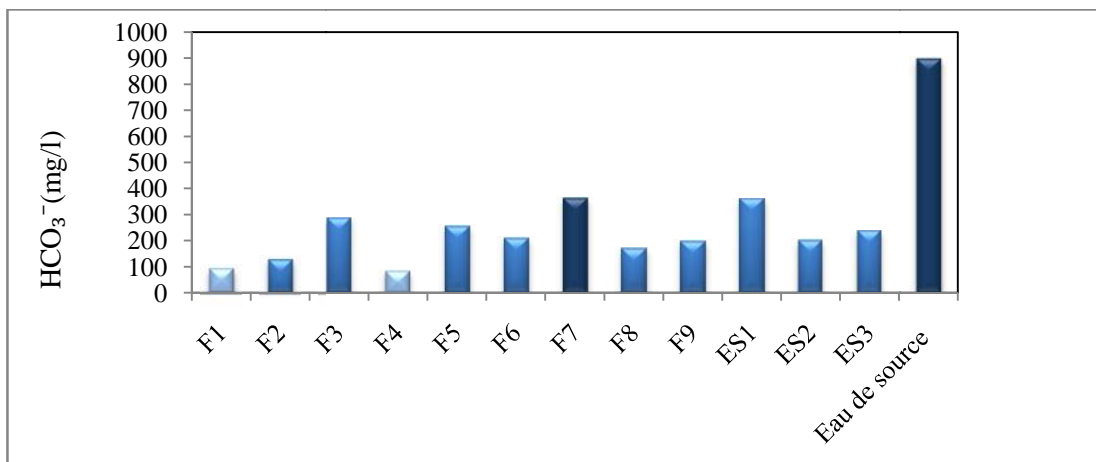


Fig.39 : Histogramme de variation des Bicarbonates (Mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation de bicarbonate (Fig.44), les résultats varient entre 82.28mg/l à 895.66mg/l avec des valeurs variables :

Au niveau de l'Oued Mellagou, la concentration varie entre 199.92mg/l à 355.07mg/l. Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs de concentration varient de 82.28 mg/l à 363.32 mg/l avec un minimum dans le forage F1 et F4 et un maximum est enregistré au niveau de la source. (Fig.39).

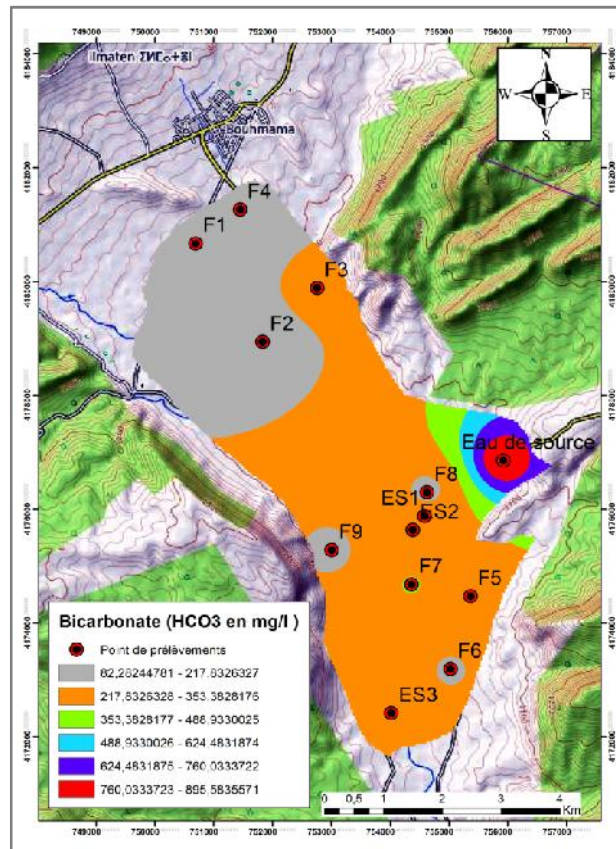


Fig.40 : Carte de concentration de Bicarbonate (Mars, 2018).

La carte de concentration de Bicarbonate montre que les eaux les moins chargées (82.28; 217.83) mg/l se localisent au Nord F1, F2 et F4 avec quelques autres points au Sud-Est F8, Sud-Ouest F9 et au Sud F6. L'eau la plus chargée, se trouve dans l'Est qui représente l'eau de source (760.03 ; 895.58) mg/l cette forte concentration est liée à la dissolution des roches carbonatées et gypsifères. (Fig.40).

I.3.1.6 Chlorure (Cl⁻) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh .M ,2011).

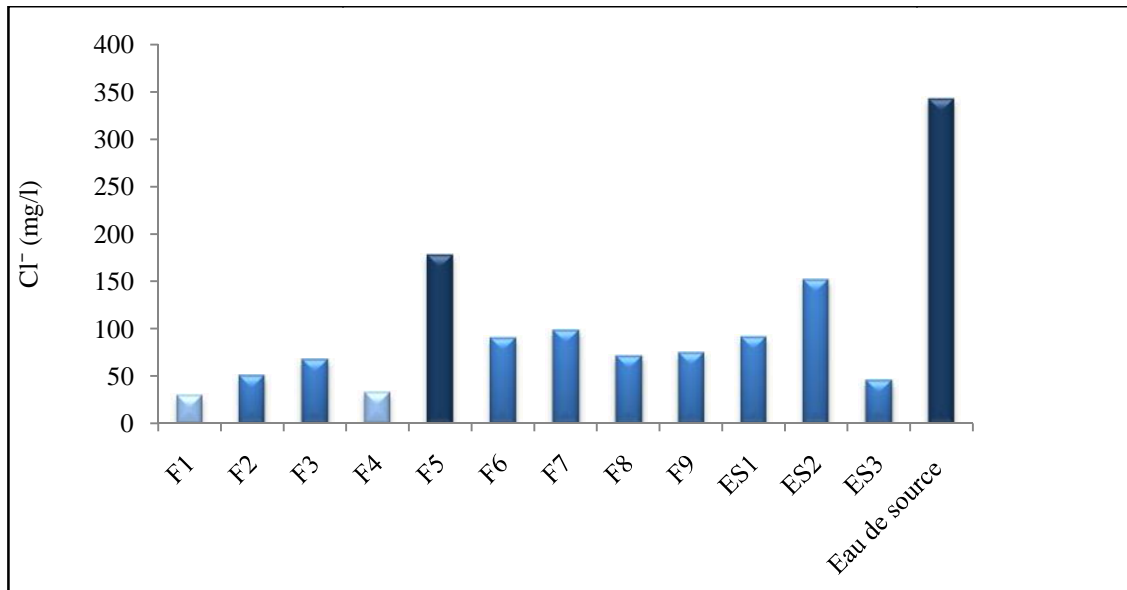


Fig.41 : histogramme de variation du Chlorure (Cl⁻) (mars, 2018).

L'histogramme montre que tous les points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixés par l'OMS, la concentration minimale acceptable est de 200 mg/l et concentration maximale admissible est de 600 mg/l la variation des concentrations en chlorures sont comme suit:

Au niveau de l'Oued Mellagou les concentrations varient entre 45.61 mg/l et 150.27 mg/l. Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs de concentration en chlorure varient de 29.31 mg/l à 176.87 mg/l, un minimum est enregistré dans les forages F1 et F4 (29,31 et 32,12) mg/l, et un maximum dans le forage F5 et au niveau de la source (176,87 et 342,88) mg/l. (fig.41).

La carte de concentration de chlorure montre que les eaux les moins chargées en chlorures se localisent dans le Nord et le Sud-Ouest au niveaux de F1, F2, F3, F4, F8, F9, ES3 avec une valeur de (29.31 à 81.56) mg/l. Les eaux les plus chargées, se trouvent au l'Est dans la source avec une valeur de (290.59 ; 342.85) mg/l cette forte concentration est liée à la dissolution de l'halite se traduit par une augmentation de la concentration en ions Chlore (Cl⁻) et Sodium (Na⁺). (fig.42).

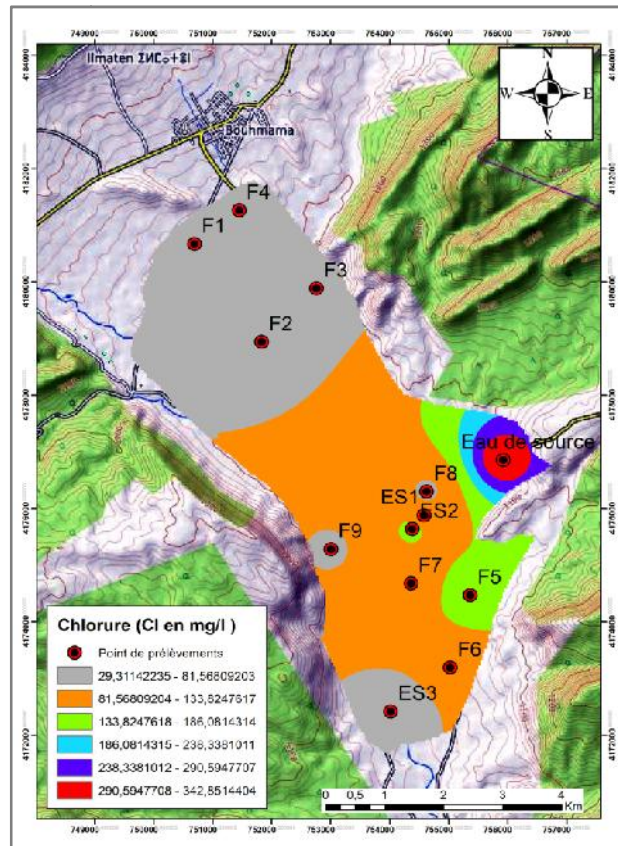


Fig.42 : Carte de concentration de Chlorure (Mars, 2018).

I.3.1.7 Les Sulfates (SO₄²⁻) :

Les eaux naturelles contiennent, pratiquement, des ions sulfatés, dont les proportions très variables. Leurs présences résultent de la légère solubilité des sulfates de calcium dans les roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures se trouvant dans les roches. Cependant, ils peuvent aussi provenir de l'oxydation dans l'atmosphère, de l'anhydrite sulfureuse par combustion des hydrocarbures (Bakalowicz, 1979).

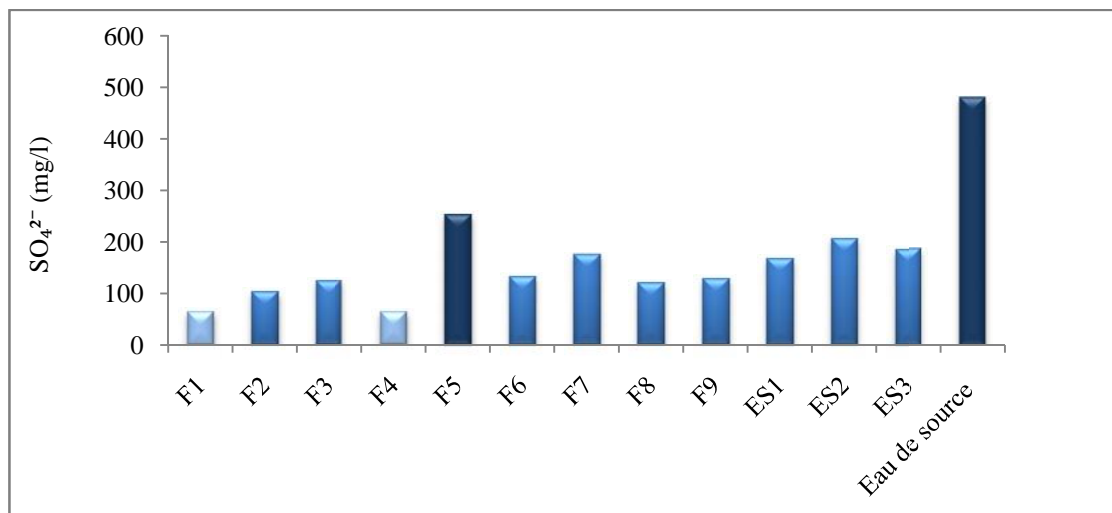


Fig.43 : histogramme de variation des Sulfates (Mars, 2018).

L’histogramme montre que tous les points d’eau se trouvent dans l’intervalle de concentration guide fixés par l’OMS concentration minimale acceptable 200 mg/l et une concentration maximale admissible 400 mg/l (Fig.43) sauf dans la source où la concentration est maximum (481,44 mg/l) Au niveau de l’Oued Mellagou la concentration varie entre (481.44 et 205.72) mg/l.

Aux niveaux des eaux souterraines, les concentrations varient de 62.32 mg/l à 252.27 mg/l avec des minimums dans le forage F1 et F4 (342,88 et 62.32) mg/l et des maximum dans le forage F5 et au niveau de la source(252,27et 481,44) mg/l .

Ces fortes teneurs sont liées, en plus de la présence de formations gypsifères, à la dissolution en cette période des hautes eaux, ce qui augmente la concentration des sels dissous dans l’eau, notamment les sulfates.

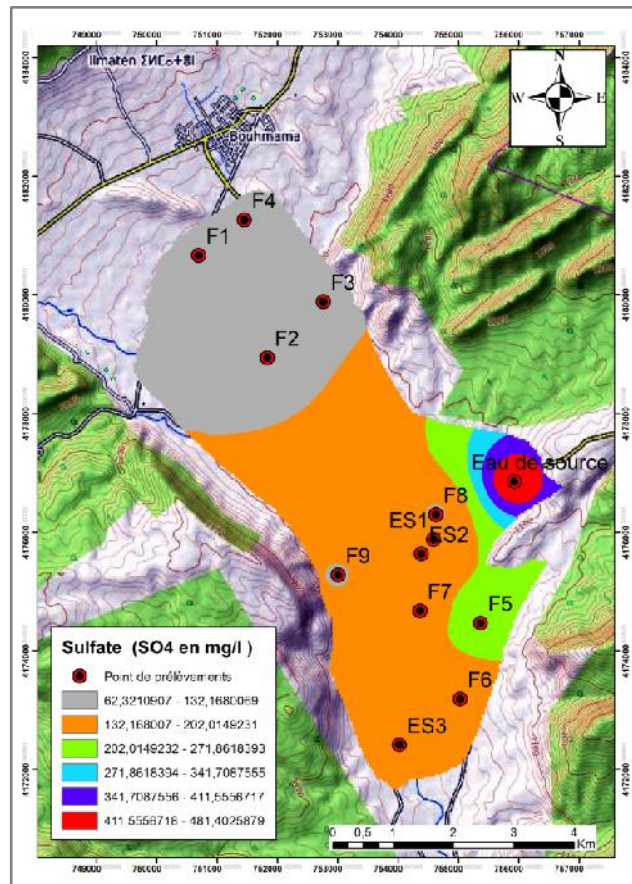


Fig.44 : Carte de concentration des sulfates (Mars, 2018).

Carte de concentration des Sulfates montre que Les eaux les moins chargées (62.32 ; 132.16) mg/l se localisent au Nord F1, F2, F3 et F4 avec quelque d’autres points au Sud –Est F8 et Sud-Ouest F9. L’eau le plus chargée, se trouvent dans l’Est qui représente l’eau de source (411.55 ; 481.40) mg/l cette forte concentration est liée à la dissolution du gypse conduit à une augmentation des ions calcium Ca^{2+} et sulfate SO_4^{2-} (Fig.44).

I.3.2 Intensification agricole et risque de pollution azotée des ressources en eau :

Pour optimiser les rendements agricoles, l'agriculture intensive nécessite une utilisation massive d'intrants agricoles dont les engrais chimiques, potentiellement sources de pollution des ressources en eau. La croissance de la production agricole au moyen de l'agrochimie et de la mécanisation durant ces dernières décennies a entraîné des dégradations des sols et des eaux (Halimi. S, 2017).

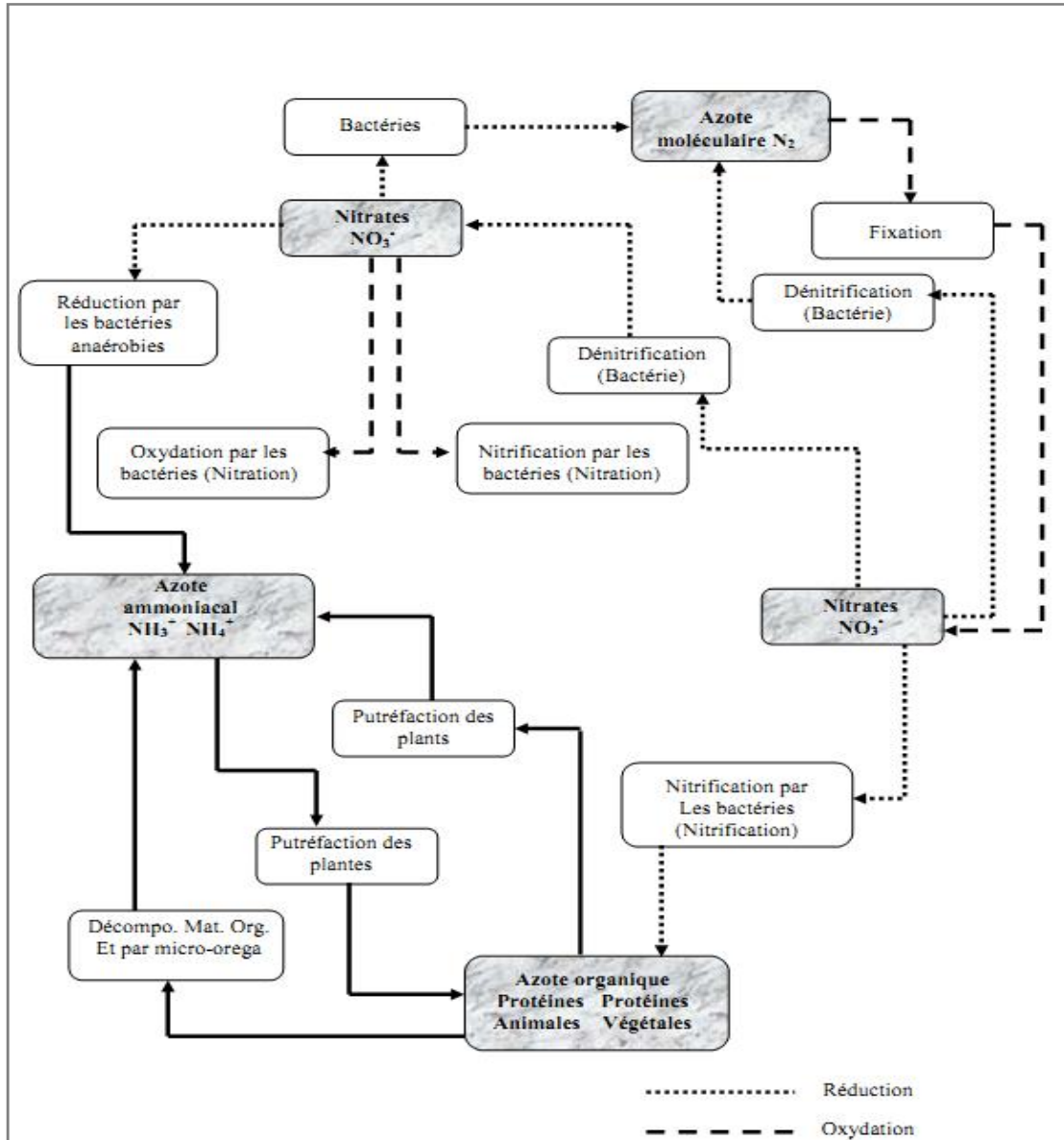


Fig.45 : Cycle de l'azote.

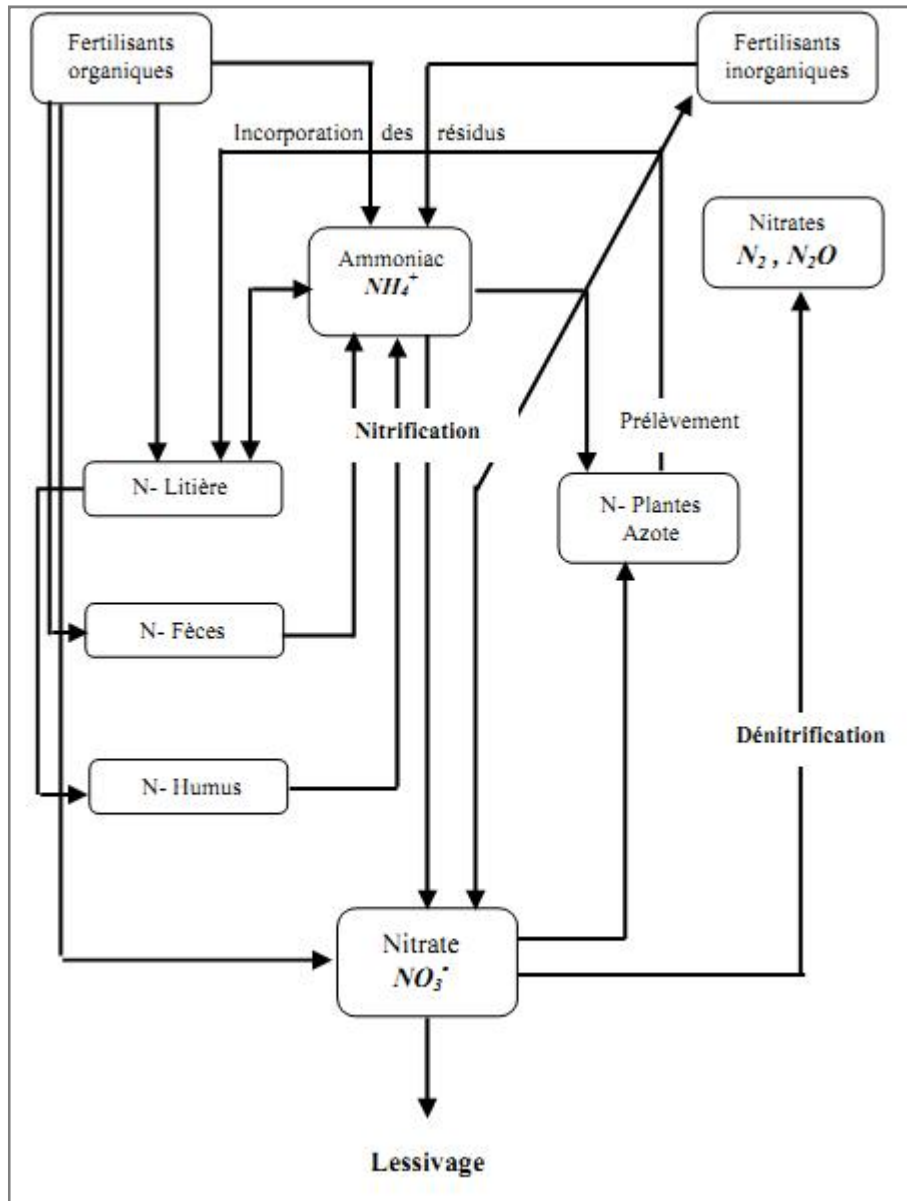


Fig.46 : Cycle des nitrates.

I.3.2.1. Les nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voies chimique et bactérienne). (Brémond. R et Vuichard. R, 1973).

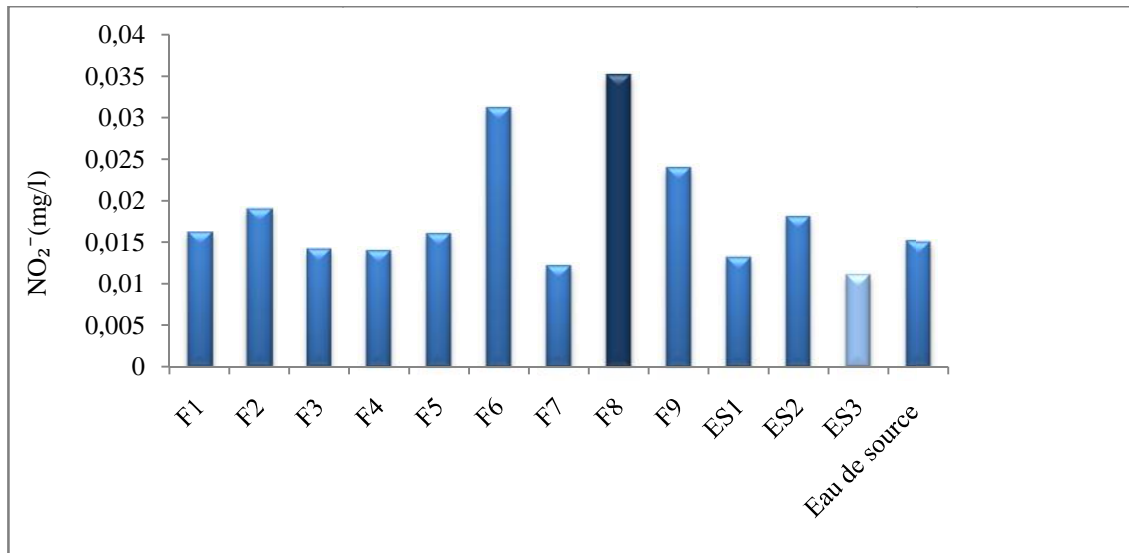


Fig.47 : Histogramme de variation des nitrites (Mars, 2018).

L’histogramme montre que tous les points d’eau se trouvent dans la concentration guide par l’OMS 3 mg/l mais avec des valeurs variables :

Au niveau de l’Oued Mellagou la concentration varie de 0.011 mg/l à 0.018 mg/l. Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs varient de 0.008 mg/l à 0.1 mg/l avec un minimum dans le forage F7 0,012 mg/l et un maximum dans le forage F8 0,035 mg/l .En fin un minimum est enregistré au niveau d’Oued Mellagou (ES3) 0,011 mg/l , et un maximum est enregistré au niveau de F8. (fig.47).

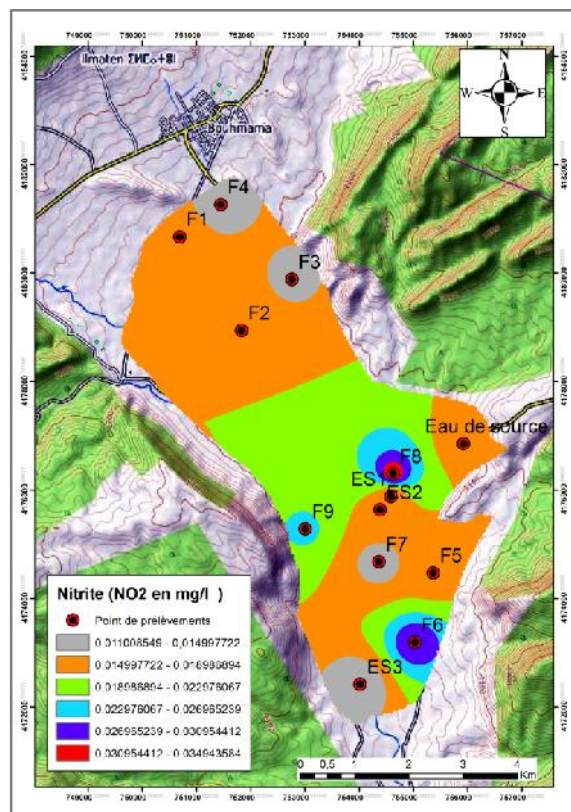


Fig.48 : Carte de concentration des Nitrites (Mars, 2018)

La carte de concentration de Nitrite montre que Les eaux les moins chargées (0.011;0.014) mg/l se localisent au Nord-Est F4,F3 avec quelque d'autre points au Sud –Ouest F7 et ES3. L'eau le plus chargée, se trouvent dans l'Est qui représente F8 (0.030; 0.034) mg/l. (Fig.48).

I.3.2.2 Les Nitrates:

L'azote (N) est l'un des éléments essentiels à la vie. C'est aussi l'élément le plus abondant dans l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère du système terrestre (Massad, 2009). En revanche, les ions nitrate, NO_3^- , seule forme d'azote minéral assimilable par les plantes avec les ions ammonium, sont très instables et sont facilement lessivables. (Bchitou, 2001).

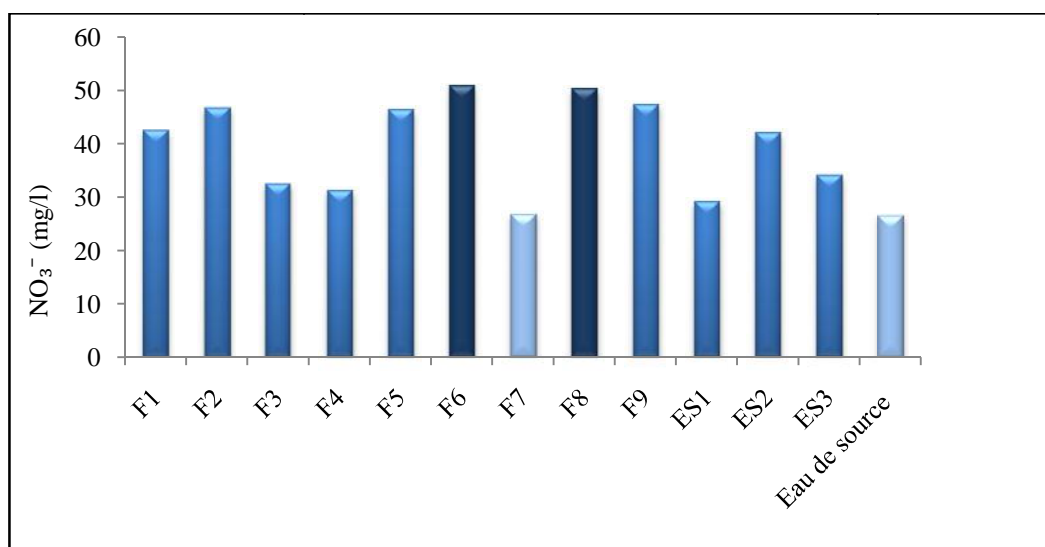


Fig.49 : Histogramme de variation des nitrates (Mars, 2018).

Pour les variations des concentrations des nitrates des valeurs varient de 29.17 mg/l à 42.08 mg/l au niveau de l'Oued Mellagou. Pour les eaux souterraines les concentrations varient de 26.81 mg/l à 50.06 mg/l, un minimum est enregistré dans le forage F7 et la source, et maximum dans le forage F6 et F8. (Fig.49).

Tableau.20 : Variation des concentrations des nitrates (Mars 2018).

Classe	Intervalle	Nombre	%
1	$200 < \text{NO}_3^- < 600$	0	0
2	$100 < \text{NO}_3^- < 200$	0	0
3	$50 < \text{NO}_3^- < 100$	1	7.69
4	$10 < \text{NO}_3^- < 50$	12	92.31
5	$\text{NO}_3^- < 10$	0	0

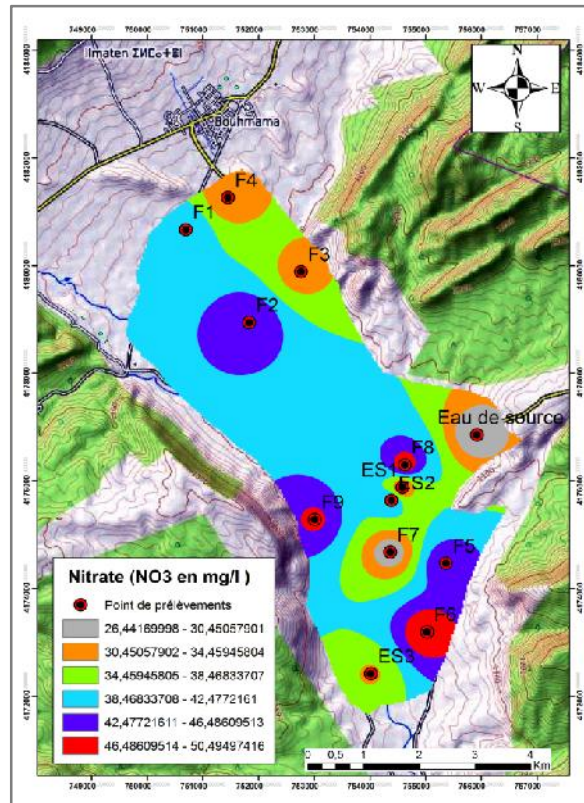


Fig.50 : Carte de concentration de Nitrate (Mars, 2018).

La carte de concentration de Nitrate montre que la localisation des concentrations varie. On trouve que les eaux les moins chargées se localisent au Sud et au Sud-Est (26.44; 30.45) mg/l dans F7 et eau de source. L'eau la plus chargée, se trouve dans le F6 au Sud, et F9 au Sud Ouest (46.48 à 50.49) mg/l. Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans les couches de sol et par la décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse et/ou naturels. (Fig.50).

I.3.2.3 Evolution des nitrates en fonction des nitrites :

La relation nitrates-nitrites (Fig.51) montre que la forme nitrite suit une évolution identique aux teneurs en nitrates. Les nitrites représentent la forme réduite de l'azote, par contre le nitrate représente la forme oxydée de ce dernier (Debieche 2002).

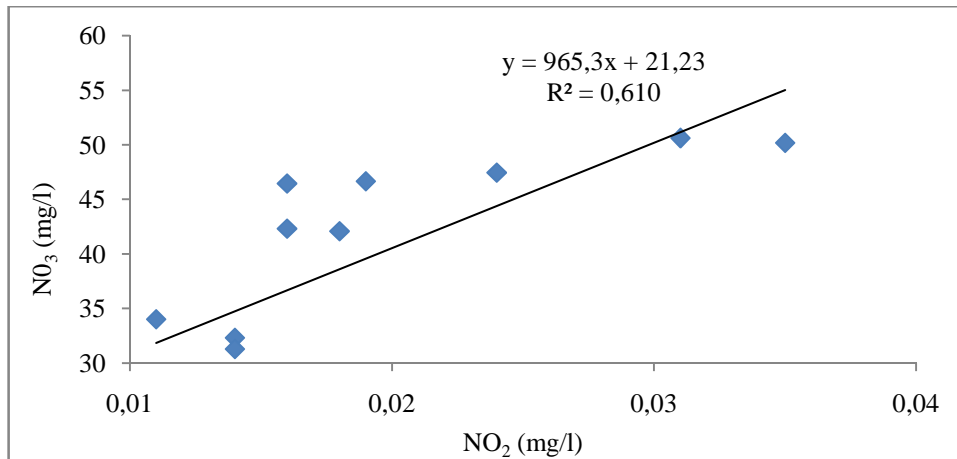


Fig.51 : Evolution des nitrates en fonction des nitrites (Mars 2018).

L'interprétation de l'évolution des formes de l'azote en fonction de l'hydrodynamique des eaux conduit aux conclusions suivantes:

- La contamination des eaux souterraines de la plaine de Mellagou est liée aux apports des fertilisants azotés en quantité supérieure aux besoins des plantes ; les eaux de l'irrigation et celles de la pluie jouent un rôle majeur dans le transport des ions des nitrates vers la nappe souterraine ;
- Les intercalations argileuses qui peuvent exister au toit de la nappe superficielle protègent la nappe contre les infiltrations des flux de polluants azotés vers la nappe et favorisent des conditions réductrices, ce qui permet au nitrate d'apparaître sous la forme d'ammonium.

I.3.2.4 L'ammonium (NH₄⁺) :

L'ammoniac est présent dans l'air, le sol et l'eau; il a pour origine des processus naturels ou des activités industrielles, dont certains types d'agriculture intensive. L'ammoniac est une source importante d'azote, élément essentiel pour les végétaux et les animaux et jouant un rôle essentiel dans la synthèse des protéines (Xia et coll., 2011; Zehr et Kudela, 2011).

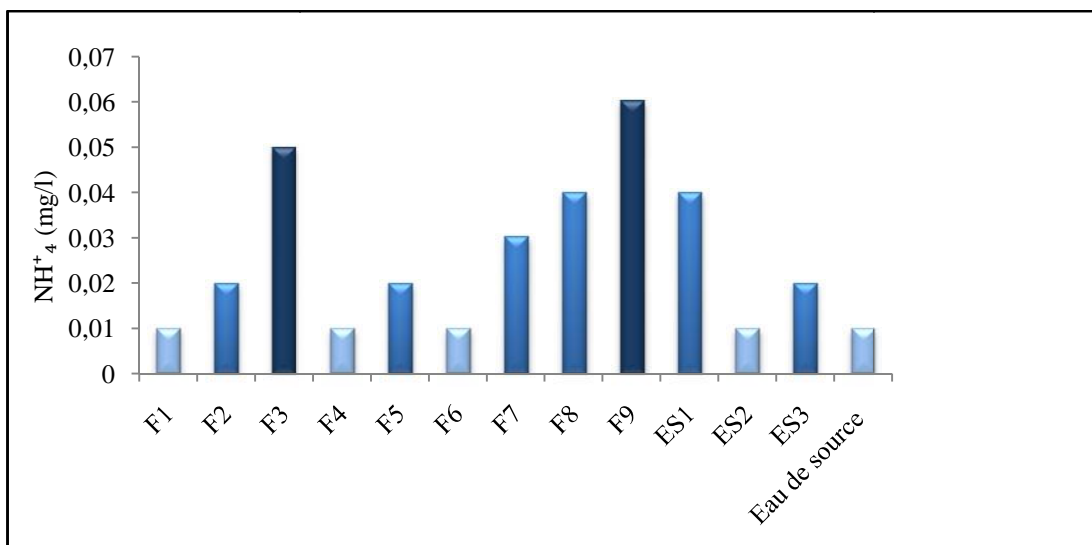


Fig.52 : Histogramme de variation d'ammonium (Mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation de l'ammonium dans les eaux souterraines analysées des valeurs varient très peu : entre 0.01mg/l et 0.06 mg/l. Ces valeurs sont très faibles par rapport à la valeur maximale admissible en ammonium indiquée par l'OMS < 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3 mg/l dans une eau anaérobique).

Au niveau de l'Oued Mellagou la concentration varie entre (0.01-0.04) mg/l, dans les eaux souterraines, les concentrations varient entre 0.01-0.06 mg/l avec. Un minimum est enregistré au niveau du F1, F4et F6 (0,01 mg/l), et un maximum est enregistré au niveau de F9 0,06 mg/l. (Fig.52).

I.3.3 Les métaux lourds :

I.3.3 1 Plomb (Pb) :

Certaines eaux de surface peuvent contenir naturellement, suivant la teneur en plomb des minerais contenus dans le sol, des concentrations de l'ordre de 0,2 à 0,6 mg/l de plomb. Généralement, la présence de plomb dans les eaux est due à des rejets d'eaux usées ou à l'action de l'eau sur les canalisations en plomb. Le plomb ne devrait pas rester très longtemps en solution dans les eaux de surface car si certains sels sont très solubles comme les acétates et les chlorures, d'autres sont insolubles (carbonate et hydroxyde) ou très peu solubles (sulfates). (Brémond .et Vuichard. R ,1973)

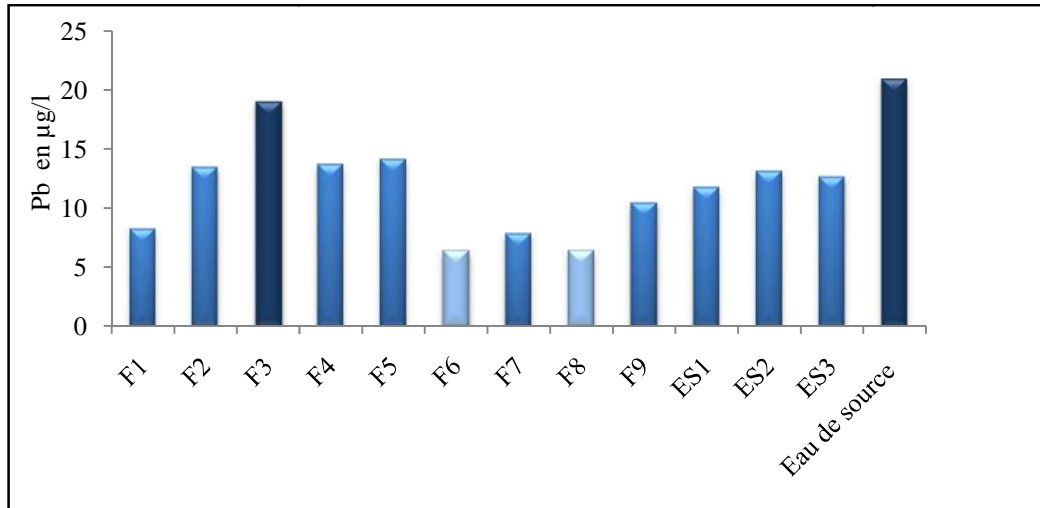


Fig.53 : Histogramme de variation du Plomb (Mars, 2018).

L'histogramme montre que tous les points d'eau se trouvent dans les normes de concentration 50µg/l avec des valeurs variables.

Au niveau de l'Oued Mellagou les concentrations varient de 11.7µg/l à 12.6µg/l. pour les eaux souterraines, les valeurs de la concentration varient de 6.3 µg/l à 13.6µg/l avec un minimum dans les forages F6 et F8 6,3 mg/l et maximum dans le forage F3 et la source (19, 20,8) mg/l. (Fig.53).

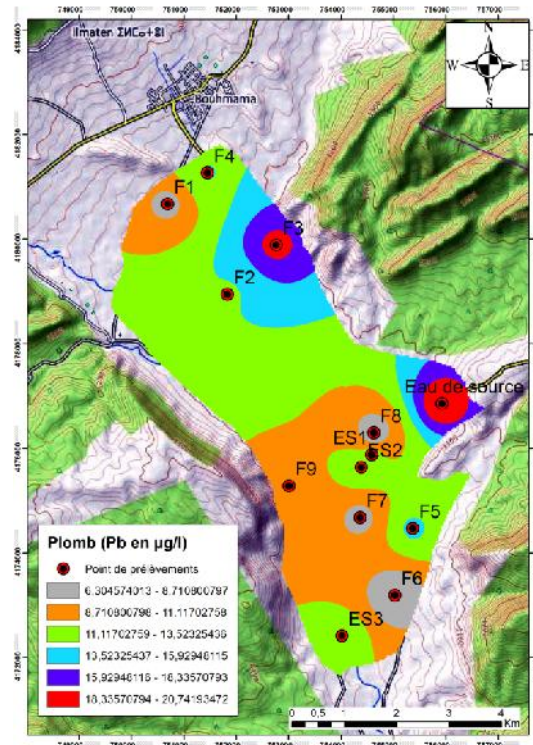


Fig.54 : Carte de concentration du Plomb (Mars, 2018).

La carte de concentration du Plomb montre que les concentrations augmentent en allant vers le Est avec $(18.33;20.74) \mu\text{g/l}$ comme valeur maximale enregistrée dans le forage F3 et eau de source, avec $(6.30;8.71) \mu\text{g/l}$ comme valeur minimale enregistrée au Sud F6, F7 et F8 et au Nord F1. (Fig.54).

I.3.3.2 Le zinc (Zn) :

Le zinc est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol mais les concentrations en zinc de façon non naturelle du rejet de zinc par les activités humaines. La plupart du zinc est rejeté par les activités industrielle, telles que l'exploitation minière la combustion du charbon et des déchets et l'industriel de l'acier (Zerhouni, 2003).

Tous les points d'eau se trouvent dans les Normes de concentration européenne admissible ($100 \mu\text{g/l}$) avec des valeurs variables :

Au niveau de l'Oued Mellagou la concentration varie de $10.5 \mu\text{g/l}$ à $12 \mu\text{g/l}$. Aux niveaux des eaux souterraines des concentrations varient de $6.7 \mu\text{g/l}$ à $21.3 \mu\text{g/l}$ avec un minimum dans le forage F1 6.7 mg/l , et un maximum dans le forage F7 21.3 mg/l .

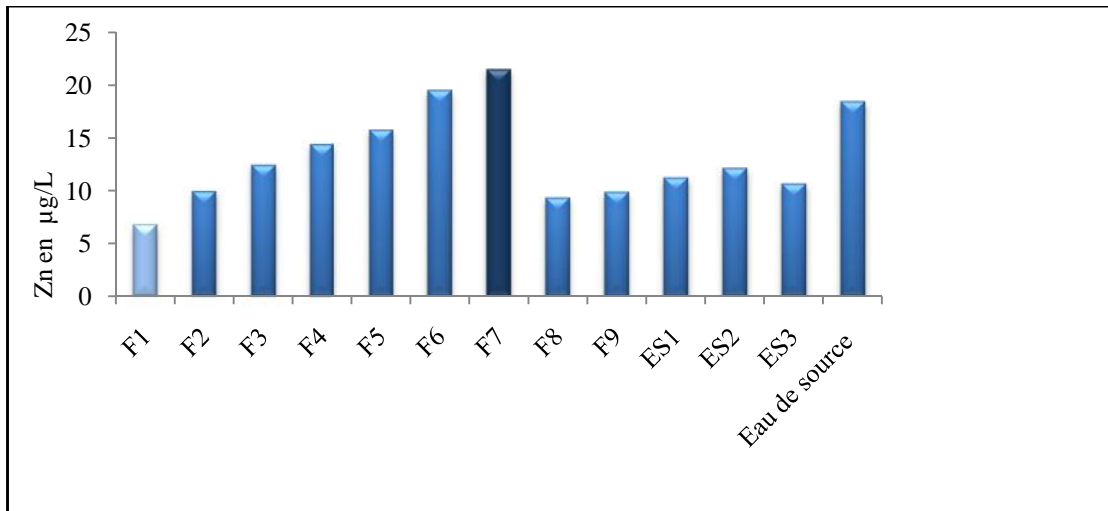


Fig.55 : Histogramme de variation du zinc (Mars, 2018).

La carte de concentration du zinc montre que les concentrations augmentent en allant vers le Sud avec (18.81;21.23) µg/l comme valeur maximale enregistrée dans le forage F6et F7, avec (6.70;9.12) µg/l comme valeur minimale enregistrée au Nord F1. (Fig.56).

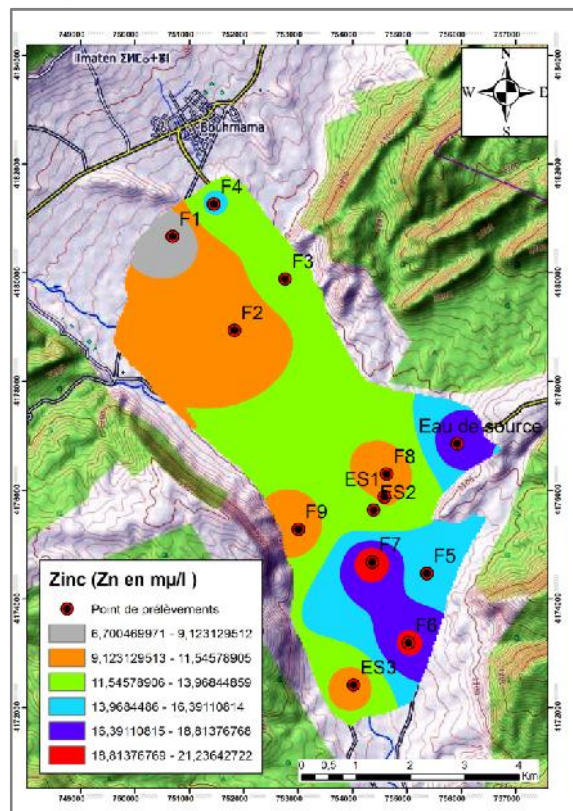


Fig.56 : Carte de concentration de zinc (Mars, 2018).

I.3.3.3 Cadmium (Cd) :

Le cadmium est un métal insoluble dans l'eau sous sa forme élémentaire. On le trouve sous forme de sels (généralement sous forme de sulfure) dans certains minerais. On l'utilise en métallurgie dans de nombreux alliages avec le cuivre, le plomb, l'aluminium, l'argent et le nickel. On l'utilise également dans l'industrie des traitements de surface, la fabrication des céramiques, l'industrie des colorants, dans l'industrie photographique et dans les réacteurs nucléaires. (Brémond .R et Vuichard. R ,1973)

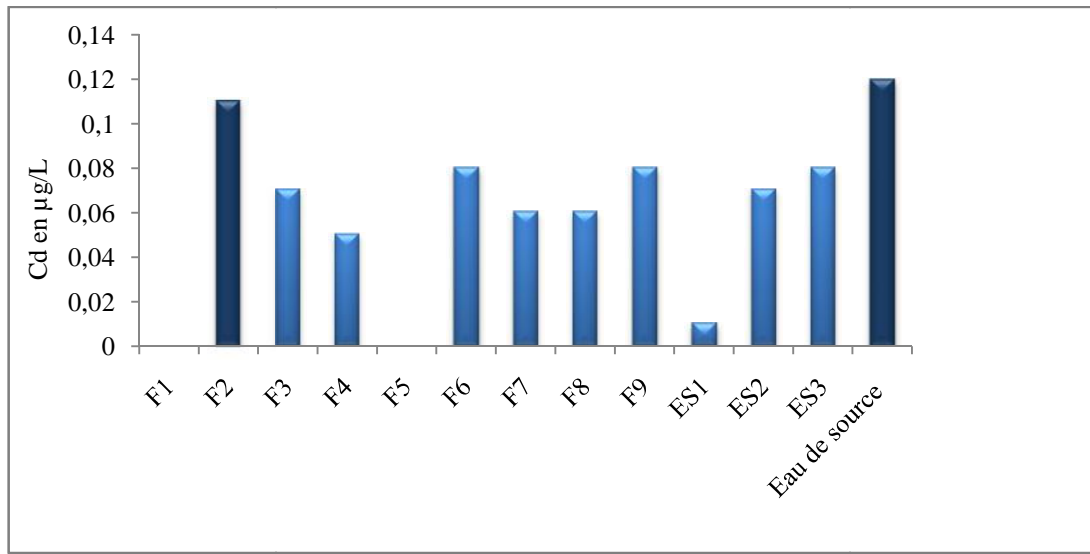


Fig.57 : Histogramme représente la concentration de cadmium (Mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation de cadmium tous les points d'eau se trouvent dans les normes de concentrations européennes admissible ($5\mu\text{g/l}$) avec des valeurs variables : Au niveau de l'Oued Mellagou les concentrations varient entre $0,01\mu\text{g/l}$ à $0,08\mu\text{g/l}$. pour les eaux souterraines, les valeurs de concentration en cadmium varient de $0\mu\text{g/l}$ à $0,11\mu\text{g/l}$ avec un minimum dans le forage F1 et F5 0 mg/l , et un maximum dans le F2 et la source ($0,11$ et $0,12\text{ mg/l}$). (Fig.57).

La carte de concentration du Cadmium montre que les concentrations augmentent en allant vers le Sud-Est avec ($0,09;0,11$) $\mu\text{g/l}$ comme valeur maximale enregistrée dans le forage F2et eau de source, avec ($0,01;0,02$) $\mu\text{g/l}$ comme valeur minimale enregistrée au Nord F1 et au Sud-Est F5. (Fig.58).

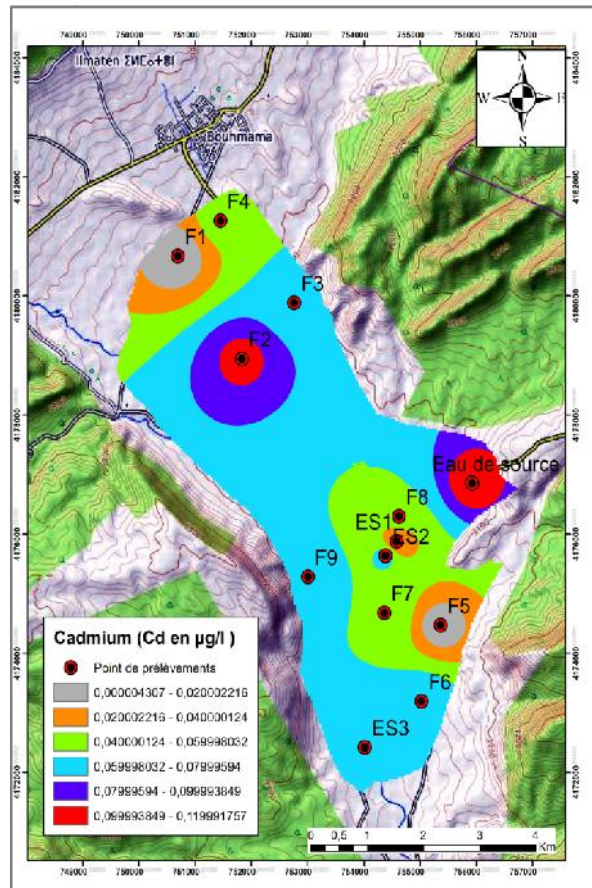


Fig.58 : Carte de concentration de Cadmium (Mars, 2018).

I.3.3.4 Le cuivre (Cu) :

La cuivre est l'un des ETM présent en quantité non négligeable dans les rejets urbains, il est très employé dans las alliage (laiton, bronze, maillechort) l'industrie électrique, le traitement de surface, la galvanoplastie ainsi que dans les traitements agricoles (Zouita ,2002)

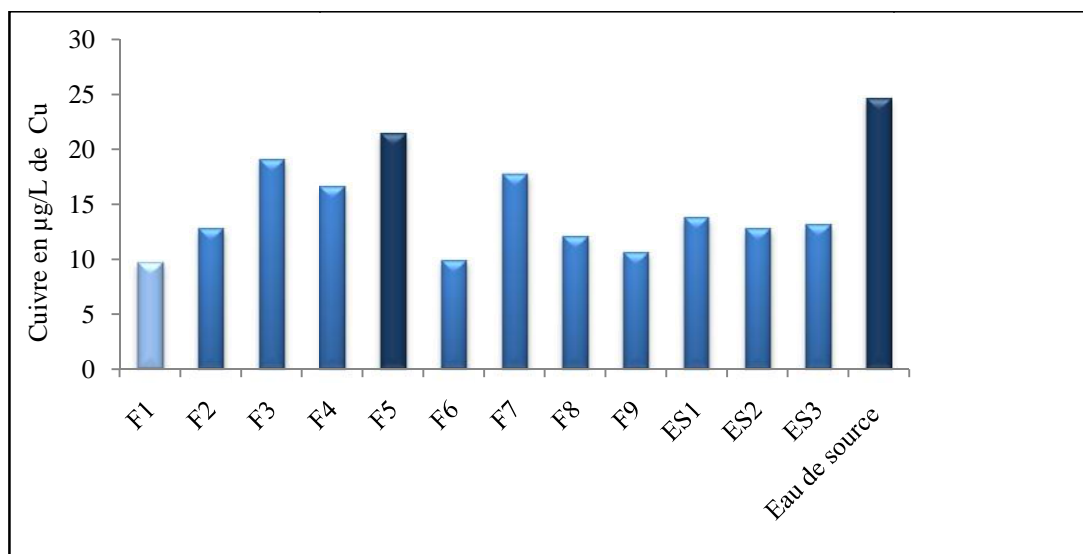


Fig.59 : Histogramme de variation du cuivre (Cu) étudiés (mars, 2018).

D'après l'histogramme de variation du cuivre, les points d'eau se trouvent dans les normes de concentration européenne admissible ($50\mu\text{g/l}$) avec:

La concentration au niveau des eaux de l'Oued Mellagou varient entre $12.7\mu\text{g/l}$ à $13.8\mu\text{g/l}$. Aux niveaux des eaux souterraines, les valeurs de la concentration varient de $9.6\mu\text{g/l}$ à $21.4\mu\text{g/l}$, un minimum est enregistré au niveau du forage F19, 6 mg/l , et maximum dans le forage F5 et au niveau de la source ($21,4$ et $24,5\text{ mg/l}$). (Fig.59).

La carte de concentration de cuivre montre que les concentrations augmentent en allant vers le Est avec $(22.01;24.49)\mu\text{g/l}$ comme valeur maximale enregistrée dans l'eau de source, avec $(9.60;12.08)\mu\text{g/l}$ comme valeur minimale enregistrée au Nord F1 et au Sud-Est F9 et au Sud F6. (Fig.60).

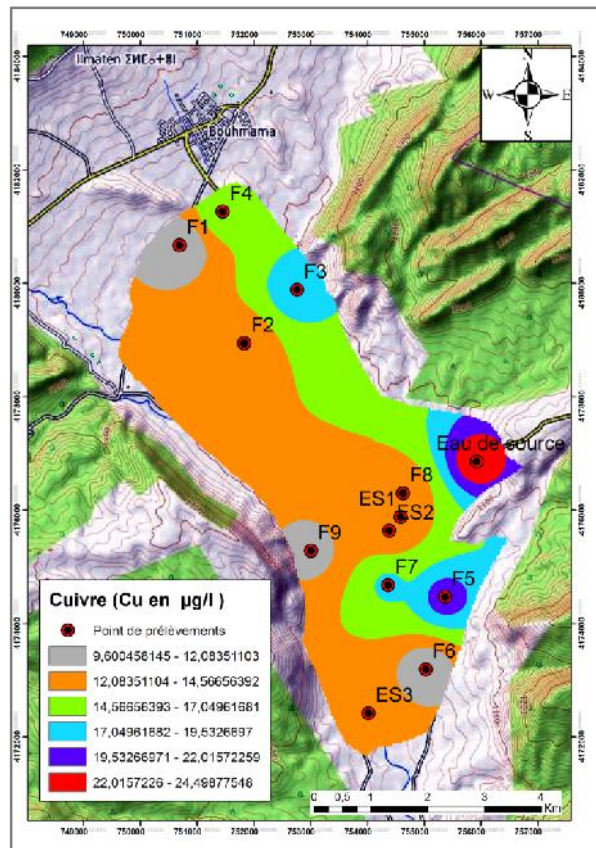


Fig.60 : Carte de concentration de cuivre (Mars, 2018).

I.3.3.5 Le Mercure (Hg) :

Le mercure est un composé que l'on peut trouver dans la nature, on peut le trouver sous forme métallique, sous forme de sels ou dans des composés organiques. Le mercure métallique est utilisé dans beaucoup de produits ménagers, tels que les baromètres, les thermomètres, ampoules des lampes fluorescentes.

D'après l'histogramme de variation de mercure, les teneurs présentes dans les eaux analysées varient très peu : entre 0µg/l et 0.3 µg/l avec des valeurs très faibles par rapport à la valeur maximale admissible par les normes européenne.

En générale un maximum est enregistré au niveau du F5 (0,3 µg/l) , et un minimum est enregistré au niveau de F1,F2,F4, F6, F7, F8 et ES3 les concentrations en Hg sont nulles, alors que le reste des points (F3, F9, ES1, ES2 et l'eau de sources) ont des valeurs respectivement: 0.01 à0.02. (Fig.61).

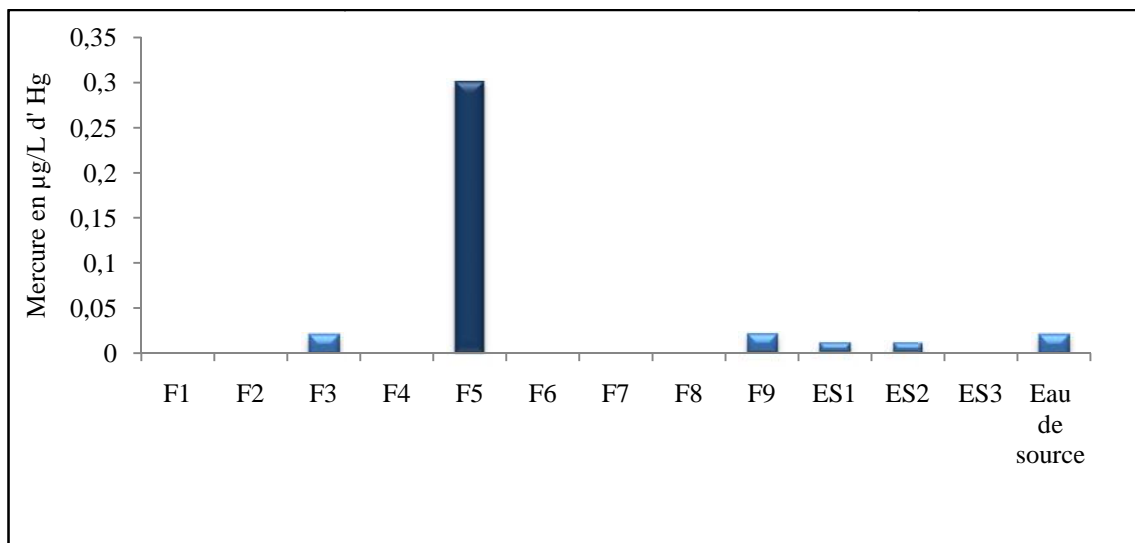


Fig.61 : Histogramme de variation du Mercure (mars, 2018).

II. Le taux des sels dissous (TDS) :

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre électrique qui permet de mesurer également les solides totaux dissous. Le TDS est une mesure de concentration globale utilisée pour évaluer la teneur en minéraux aqueux (Dietrich et Gallagher, 2013).

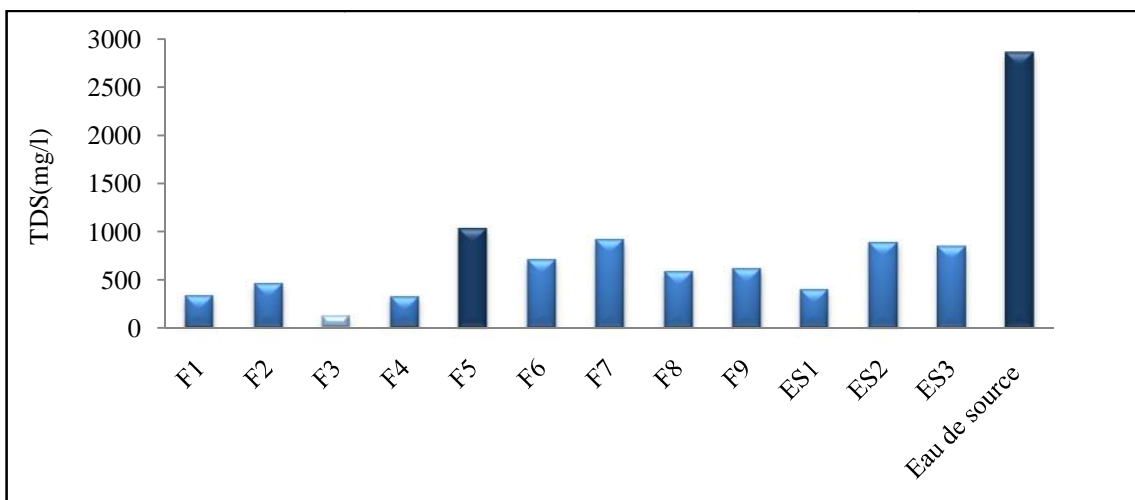


Fig .62 : Histogramme de variation de TDS (Mars, 2018).

La salinité se définissant comme la somme des sels dissous non volatils (non évaporables) est représentée par le TDS (Freeze et Cherry, 1979) donnée par la relation :

$$\text{TDS} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{Cl} + (0.5)$$

Sur la base de cette expression nous allons déterminer le TDS pour l'ensemble des points de prélèvements sur la totalité de la plaine de Mellagou. Les valeurs du taux des sels dans les eaux de la plaine se différent d'un point à un autre à cause du lessivage des évaporites. Un maximum est enregistré au niveau de la source avec une valeur de plus de 2500 mg/l et un minimum au niveau du F3 avec une valeur de 100mg/l.

III. Identification des faciès chimiques des eaux :

Pour une meilleure vision de l'aspect qualitatif des eaux souterraines ainsi que l'évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse reste un outil incontournable.

III.1. Diagramme de PIPER :

Ce diagramme est un autre mode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques (Rouabhia, 2006).

Ce diagramme est un autre mode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. De forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de faciès (Fig.63).

Ce diagramme est une autre méthode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. De forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de. Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques (Medji. I, Medji. Z 2015).

La représentation des concentrations est exprimée en pourcentage. La représentation des données de l'analyse de l'eau sur le diagramme de Piper a permis de distinguer les faciès chimiques suivants :

- Le faciès sulfaté calcique représente 92% des échantillons ;
- Le faciès chloruré sodique qui représente 8% des échantillons.

Tableau.21 : Evolution statistique des faciès

Faciès chimique	Mars 2018	
	N ^{bre}	%
Sulfaté Calcique	12	92
Chloruré sodique	1	8

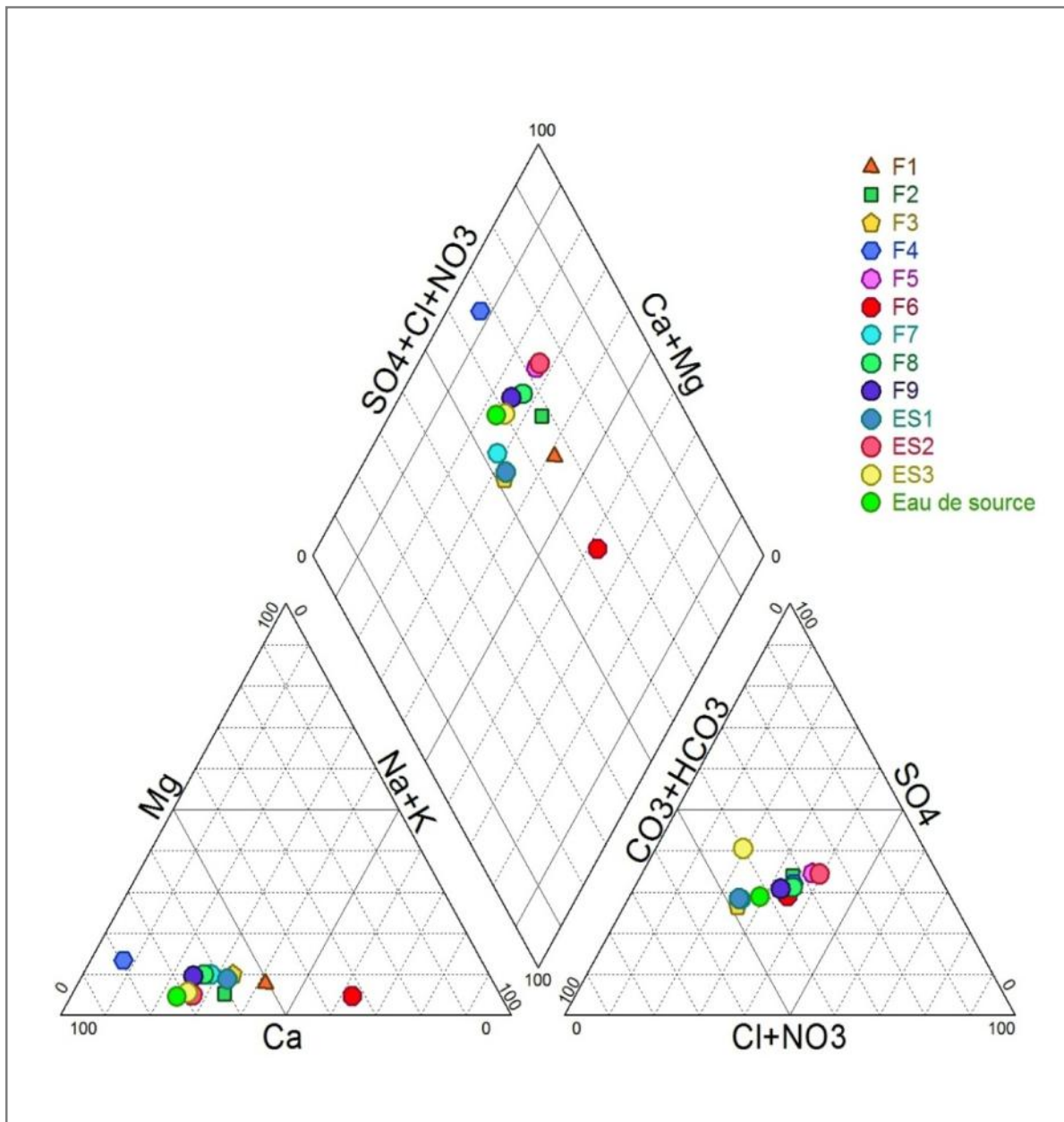


Fig.63 : Diagramme de Piper.

III.2 Diagramme de Schöeller Berkaloff :

Ce type de représentation Schöeller est repris par Berkaloff, consiste à reporter sur les axes logarithmiques les éléments chimiques (anions et cations), les concentrations des éléments chimiques en mg/l pour chaque point de prélèvement (Halimi, 2016), nous allons reporter les résultats de 13 échantillons sur la période de Mars 2018. Le diagramme de Schöeller Berkaloff permet de représenter les faciès chimiques de plusieurs échantillons d'eaux dans un seul graphe.

La figure des différents points met en évidence les faciès chimiques suivants:

- faciès bicarbonaté calcique au: F1, F3, F4, F6, F7, F8, ES1.
- faciès sulfaté calcique au: F2, F5, ES3.

- faciès chloruré calcique au: ES2.
- faciès bicarbonaté sodique au: F9.

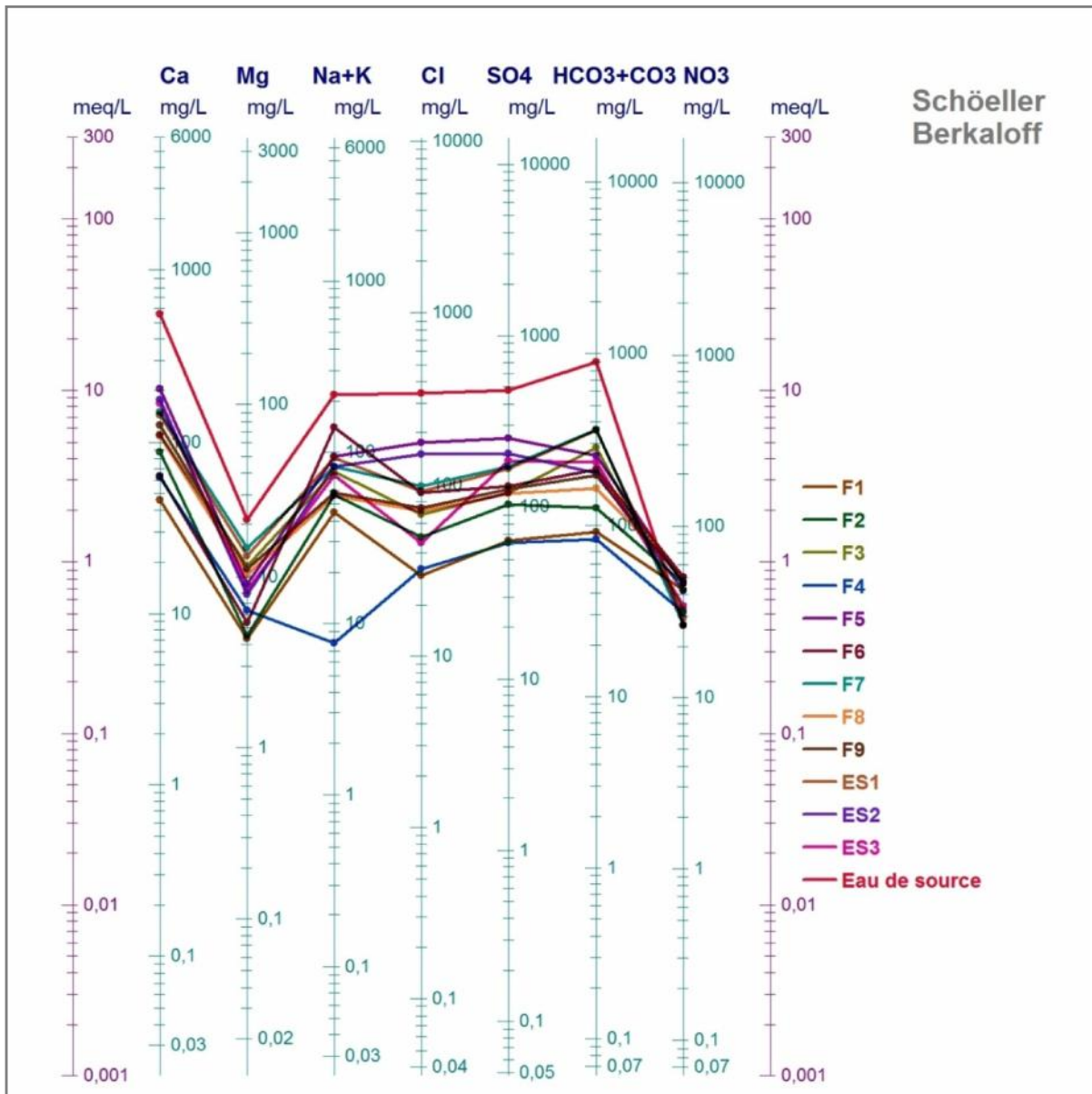


Fig.64 : Diagramme de Schöeller Berkaloff.

IV Etude des processus hydrogéochemiques :

Une fois en contact avec la roche réservoir, l'eau de la nappe peut s'enrichir de nouveaux éléments provenant du réservoir géologique. Cette interaction (eau/roche réservoir) est d'autant plus importante que le temps de résidence est long.

L'objectif de ce chapitre est de cerner les différents mécanismes qui sont à l'origine de la minéralisation des eaux souterraines en se basant sur les différentes corrélations éléments majeurs, de la saturation vis-à-vis de certains minéraux, les corrélations éléments majeurs et la salinité et sur les résultats d'analyse de composantes principales.

IV.1 Origine de la minéralisation :

La détermination de l'origine de la minéralisation des eaux souterraines et la compréhension de ses comportements hydrologiques et géochimiques, ont été approchées par l'étude des corrélations établies entre les principaux éléments majeurs d'une part et entre ces derniers et le résidu sec d'autre part ainsi que par la saturation de l'eau vis-à-vis des minéraux et de la charge saline. **IV.1.1 Les relations ioniques :**

IV.1.1.2 Le couple Na^+ - Cl^- :

Dans les eaux naturelles, ces deux éléments chimiques sont souvent liés à la dissolution de l'halite (NaCl). L'évolution de Na^+ est étudiée en fonction des teneurs en chlorure, car ce dernier est considéré comme un traceur stable et conservatif des évaporites, très soluble, entrant rarement dans les précipitations salines, n'intervenant pas dans les phénomènes d'oxydoréduction et peu influencé par l'intervention des bactéries (Debieche, T 2002)

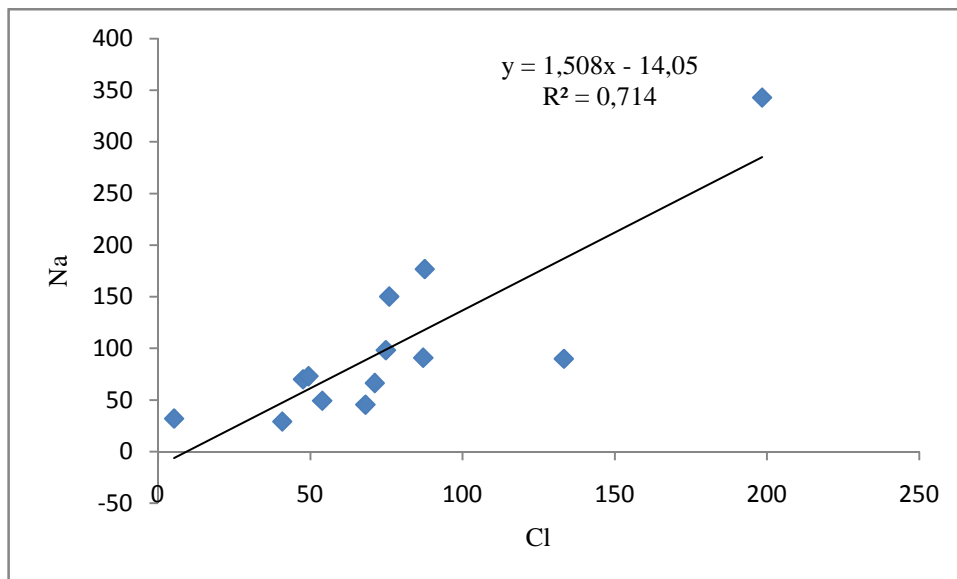


Fig.65 :Le couple Na^+ vs Cl^- .

Les points d'observation présentent une tendance d'alignement, ce qui voudrait dire que l'origine de ces deux éléments est commune, il s'agit de la dissolution de l'halite (NaCl). (Fig.65).

IV.1.1.2 Le couple Ca^{2+} vs HCO_3^- :

On examine ici l'origine du calcium en fonction de deux éléments chimiques (bicarbonates et les sulfates) qui indiquent ses deux origines principales (carbonates et le gypse). La représentation graphique de l'évolution de calcium en fonction des bicarbonates montre que les points d'observation présentent une tendance d'alignement, ce qui confirme l'origine de ces deux éléments (géologie).

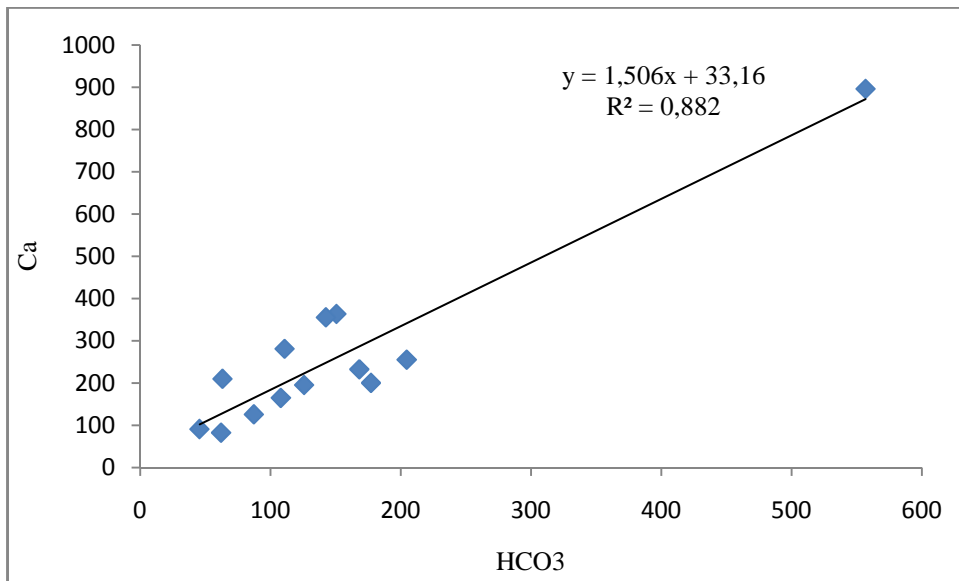


Fig.66 : Le couple Ca^{2+} vs HCO_3^- .

IV.1.1.3 Couple Mg^{2+} -vs SO_4^{-2} :

Selon la figure (Fig.67) nous constatons qu'il y a une corrélation entre ces deux éléments ce qui nous permet de dire qu'ils ont la même origine (origine carbonatée), L'examen de cette relation montre une évolution proportionnelle des sulfates et du magnésium Cette relation traduit la dissolution d'un sulfate de magnésium d'origine salifère.

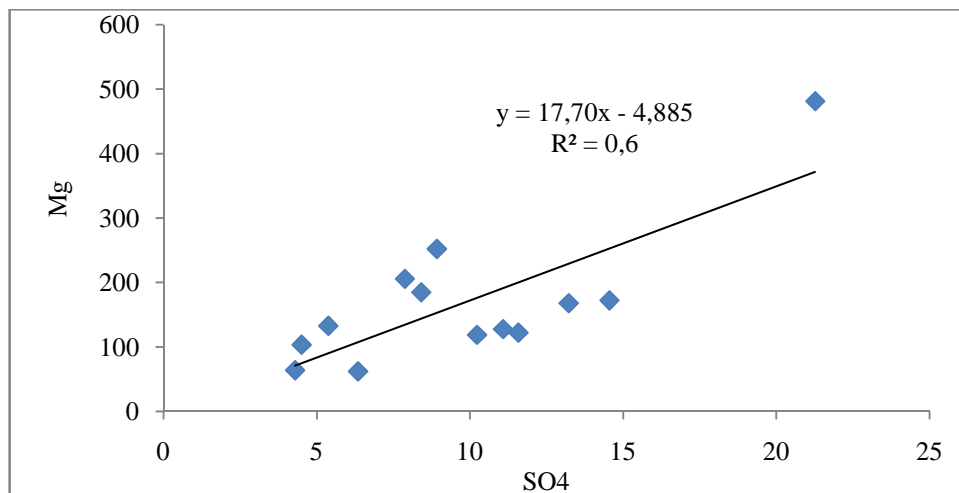


Fig.67 : Couple Mg^{2+} vs SO_4^{-2} .

IV.1.1.4 Couple Na^+ vs SO_4^{-2} :

L'examen de cette relation montre une évolution proportionnelle des sulfates et du sodium. Cette relation confirme également l'existence du faciès sulfaté sodique et que les deux éléments ont la même origine.

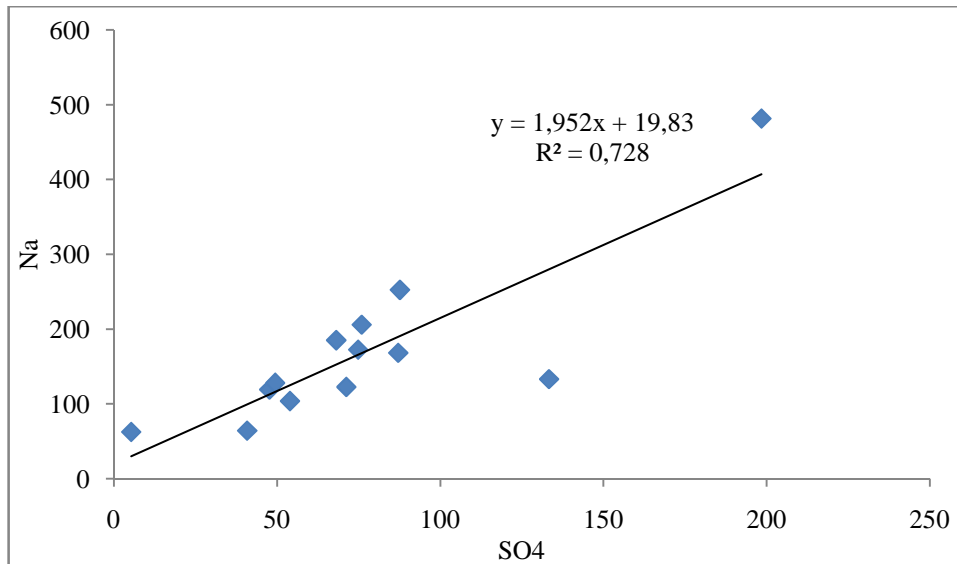


Fig.68 : Couple Na^+ vs SO_4^{-2}

IV.1.1.5 Le couple $\text{Ca}^{+2} / \text{Mg}^{+2}$ vs HCO_3^- :

Les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- se produisant dans les eaux au cours des processus comme dissolution, précipitation, dolomitisation des roches carbonatées, l'étude de la relation entre les concentrations dissoutes de Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- dans les eaux ; permettre de faire une distinction entre les principales réactions carbonate minéral (Aouidane. L 2017)

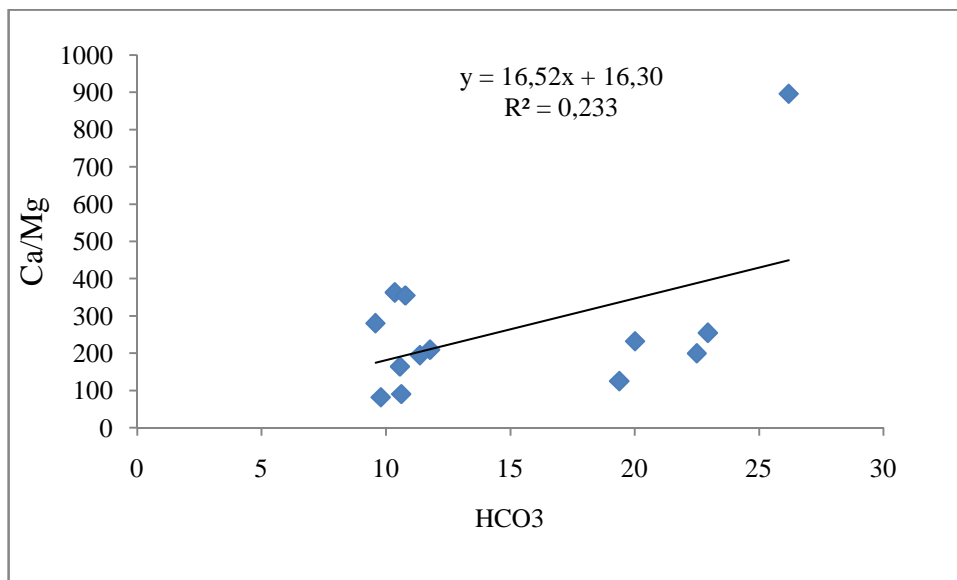


Fig.69 :Le couple $\text{Ca}^{+2} / \text{Mg}^{+2}$ vs HCO_3^- .

D'après les résultats des deux diagrammes binaires (Fig. 71) nous remarquons que le comportement ionique où l'augmentation de la concentration Ca^{2+} et Mg^{2+} n'est pas corrélé avec les HCO_3^- . (Fig.69).

IV.1.1.6 Le couple $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{+2}$ vs SO_4^{-2} :

Ce rapport permet de déterminer la manière selon laquelle évolue la mise en solution des ions Na^+ et Ca^{+2} en fonction SO_4^{-2} . D'une autre manière l'influence de ces ions sur le SO_4^{-2} a été vérifiée à l'aide du graphe (Fig.70) on note que le SO_4^{-2} est influencée par les Na^+ et Ca^{+2}

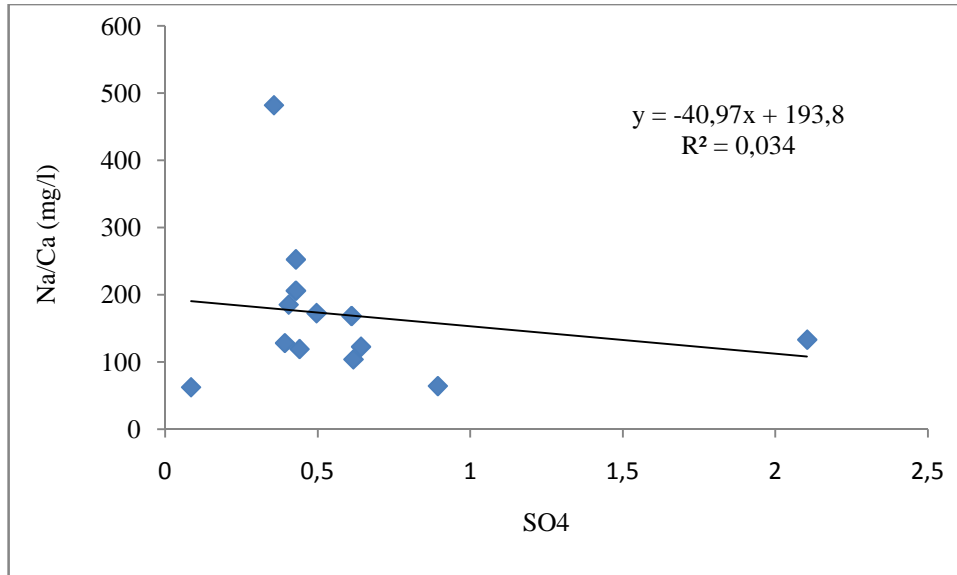


Fig.70 : le couple $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{+2}$ vs SO_4^{-2} .

IV.1.2 Corrélation des éléments majeurs et la minéralisation totale des eaux :

Les différentes corrélations entre les valeurs du TDS avec les principaux éléments majeurs (Cl^- , SO_4^{-2} et Na^+) permettent de constater parmi ces derniers ceux qui conditionnent cette minéralisation. En effet, les chlorures et sodium et les sulfates présentent une corrélation linéaire positive avec le taux des sels où le coefficient de corrélation $R^2 > 0,5$ ce qui confirme la mise en solution de l'halite. Ce qui prouve l'origine de la minéralisation par dissolution de certains minéraux de la roche réservoir lors du transit de l'eau. (Fig.71).

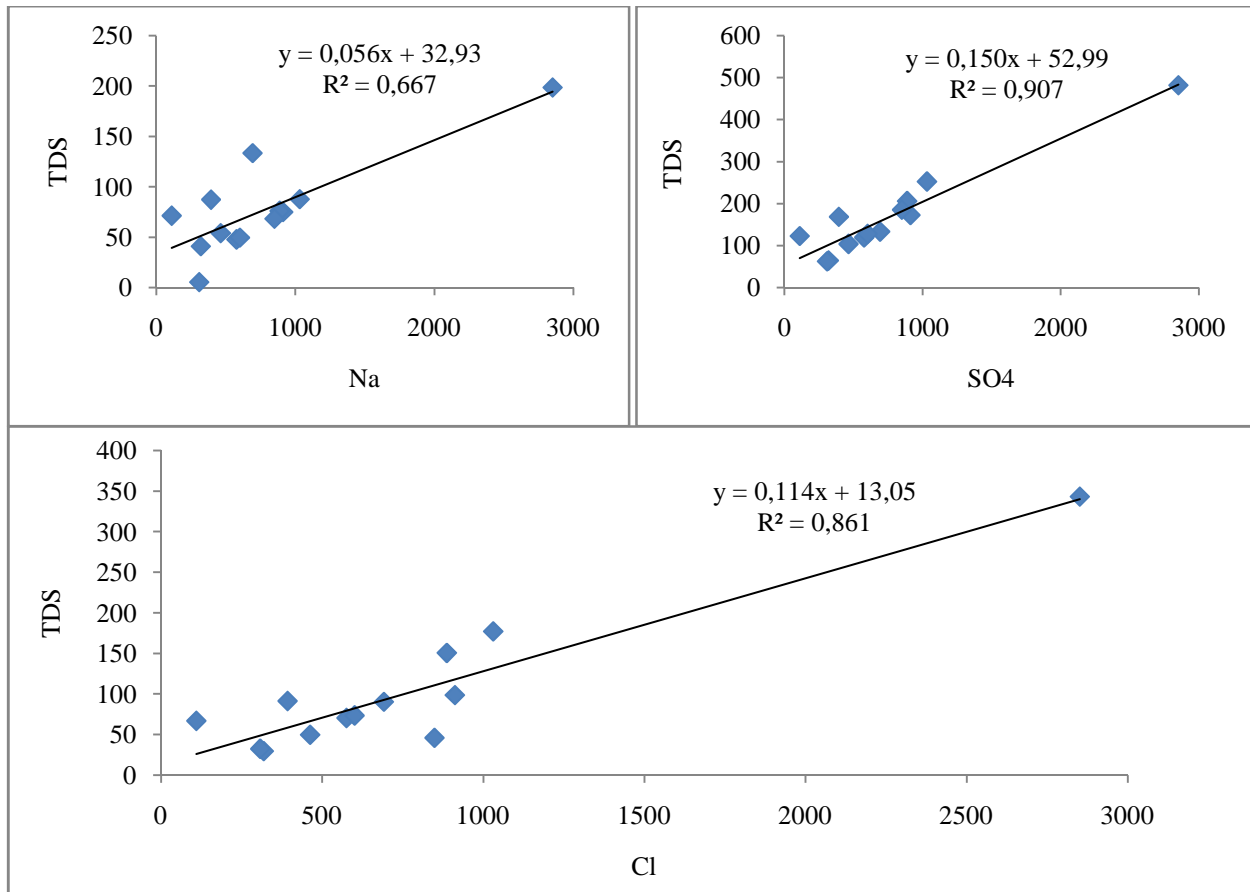


Fig.71 : variations de TDS en fonction de Na^+ , SO_4^{-2} et Cl^- .

V. Aptitude des eaux de la plaine de Mellagou à l'irrigation :

Introduction :

Les sels peuvent perturber le développement physique des plantes. Du fait de l'absorption de l'eau, on peut observer des effets sur les processus osmotiques, ou du point de vue chimique par des réactions métaboliques, telles que celles causées par les constituants toxiques.

En plus les sels causent des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante (Rouabhia, 2006).

Dans cette partie nous allons mettre en évidence l'utilisation à des fins agricoles des eaux de la région, et pris en compte dans les calculs la période de Mars 2018. Les méthodes de Richards et Wilcox, les plus fréquemment utilisées seront développées.

1. Risque de sodicité et de salinité :

La salinité peut entraîner des effets nocifs conséquents en raison de la fixation du sodium des sels de chlorures de sodium par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation, de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol. De part cette action, les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes (Tood D.K, 1980). Lorsque la concentration des ions Na^+ à l'état soluble dans le sol est importante, ces ions remplacent

fréquemment les cations Ca^{2+} dans le complexe absorbant. Une eau chargée en sels peut provoquée cet effet.

Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable, « Sodium Absorption Ratio : SAR ». Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. L'aptitude de l'eau à l'irrigation peut être jugée non seulement à partir de la concentration totale en sels, mais aussi par le type de sels et les ions qui la constituent. Il est donc impératif d'étudier les paramètres qui définissent les caractéristiques des eaux destinées à l'irrigation (Halimi, 2017).

2. Calcul des paramètres des eaux à usage agricole :

Les principaux facteurs qui dégradent la qualité des eaux pour l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous exprimés par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques (Fig.).

L'effet primordial de la salinité totale est de réduire la croissance des cultures et leur production, elle est généralement exprimée par la minéralisation globale ou par la conductivité électrique (CE). Cette dernière est liée au résidu sec (RS) et à la pression osmotique par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{RS (mg/l)} &= 0.7 \text{ CE } (\mu \text{ s/cm}) \\ \pi_{\text{atm.}} &= 0.00036 \cdot \text{CE} \end{aligned}$$

La salinité du sol est constituée par tous les sels de chlorures, de sodium et des sulfates de magnésium, par conséquent la salinité potentielle (S_p) pourrait être estimée par la formule qui se suit (Tous les termes sont exprimés en mé /l):

$$SP = Cl + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$$

Pour le sodium, il a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des sols. La présence de Na^+ a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Cet effet est interprété par différents auteurs en calculant plusieurs paramètres tels que le SAR déjà signalé :

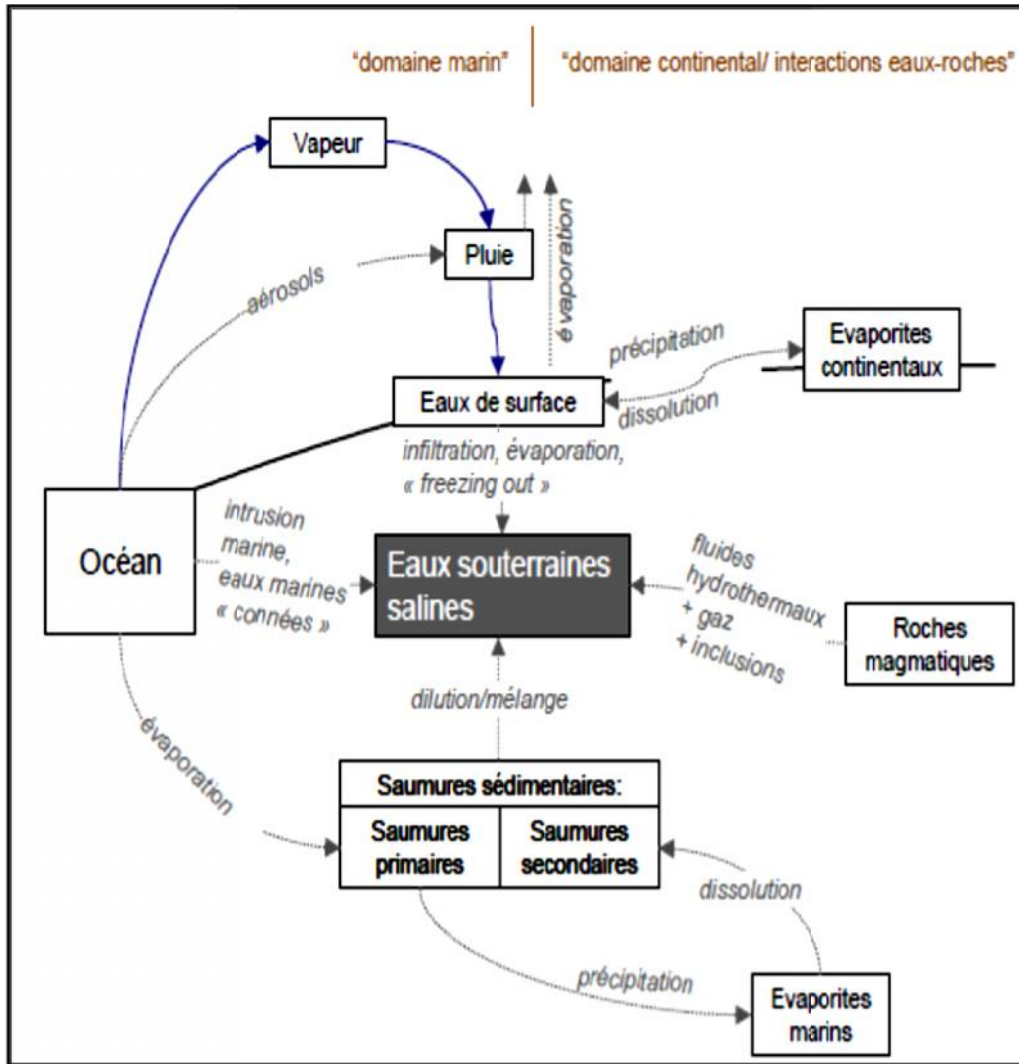


Fig.72 : Mécanismes naturels de salinisation des eaux de surfaces et souterraines (Kloppman et al. 2011).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Le pourcentage en sodium est donné par

$$\%Na = \frac{(Na^+ + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \times 100$$

Le pourcentage d'échange de sodium ;

$$ESP = 100 \frac{[-a + b(SAR)]}{1 + [-a + b(SAR)]} \quad \text{Où } a = 0,0126 \text{ et } b = 0,01475$$

Dans les formules ci-dessus, tous les éléments sont exprimés en mé/l. De plus, des études récentes ont indiqué que la perméabilité du sol dépend de plusieurs autres facteurs tels que la concentration totale de l'eau, la quantité de sodium, la concentration en bicarbonates et la nature du sol lui-même. Les trois premiers termes ont été combinés dans une seule formule donnant ce qu'on appelle l'indice de perméabilité (IP) défini par (Doneen, 1961) :

$$IP(\%) = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \times 100$$

Parmi les éléments reconnus toxiques, on note les concentrations en bore et en chlore. Le bore est généralement présent dans certaines eaux d'irrigation en quantité indésirables mais pas tellement toxiques. Quant au chlore, sa présence excessive dans le sol exerce des effets défavorables sur la végétation et la qualité de certaines cultures. Ces différents paramètres peuvent agir séparément ou de façon combinée dans la classification des eaux à usage agricole.

VI. Résultats et discussions :

Les résultats des analyses portés sur le diagramme de pourcentage de sodium en fonction de la conductivité (fig.76) montrent la répartition des points d'eau dans différentes classes comme suit :

- 23.07% des points d'eau tombe dans la classe d'eau de qualité excellente.
- 61.54% d'échantillons tombe dans la classe bonne à l'irrigation.
- 7.69% d'échantillons tombe dans la classe admissible à l'irrigation.
- 7.69% d'échantillons tombe dans la classe admissible à l'irrigation.

Tableau.22 : Classification des eaux d'irrigation des eaux de la plaine de Mellagou.

Points d'eau	%	Qualités d'eaux
F1, F2, F4	23,07	Excellente
F3, F5, F8, F7, F9, ES1, ES2, ES3	61,53	Bonne
F6	7,69	Admissible
Eau de source	7,69	Mauvaise

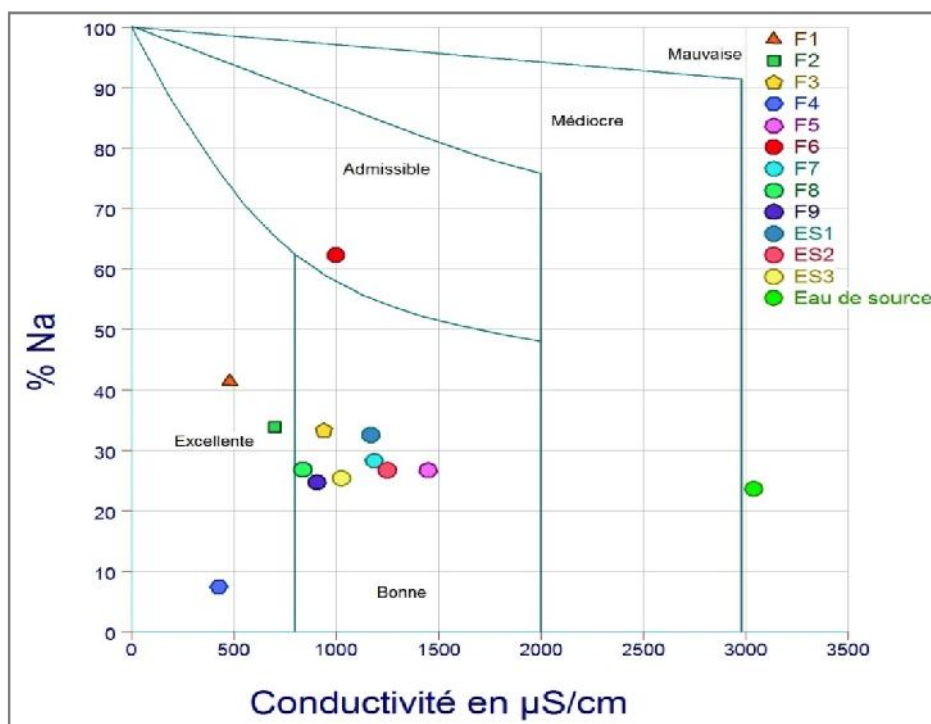


Fig.73 : Classification des eaux d'irrigation des eaux de la plaine de Mellagou.

Le diagramme de Richards est une représentation graphique du SAR en fonction de la conductivité électrique, permettant de déterminer le risque de salinité des eaux. La classification définie cinq classes d'eau (Tableau.21). Pour notre étude les résultats sont résumés dans le tableau ci après (Tableau.23).

Tableau.23 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR).

Degrés	Qualité	Classes	Etat d'utilisation
1	Excellente	$C_1 - S_1, C_1 - S_2$	Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols
2	Bonne	$C_2 - S_1, C_2 - S_2$	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
3	Admissible	$C_3 - S_1, C_2 - S_3, C_3 - S_2$	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	$C_4 - S_1, C_2 - S_1, C_3 - S_3$	Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
5	Mauvaise		Inutilisable

Tableau.24 : la classification des eaux selon Richards.

Points d'eaux	Classes d'eau	%	Etat d'utilisation
F1, F4, F3	C2-S1	69,23	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (généraliser des problèmes pour les argiles)
F2, F5, F6, F7 F8, F9, ES1, ES2, ES3	C3-S1	23,07	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés.
Eau de source	C4-S1	7,69	Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)

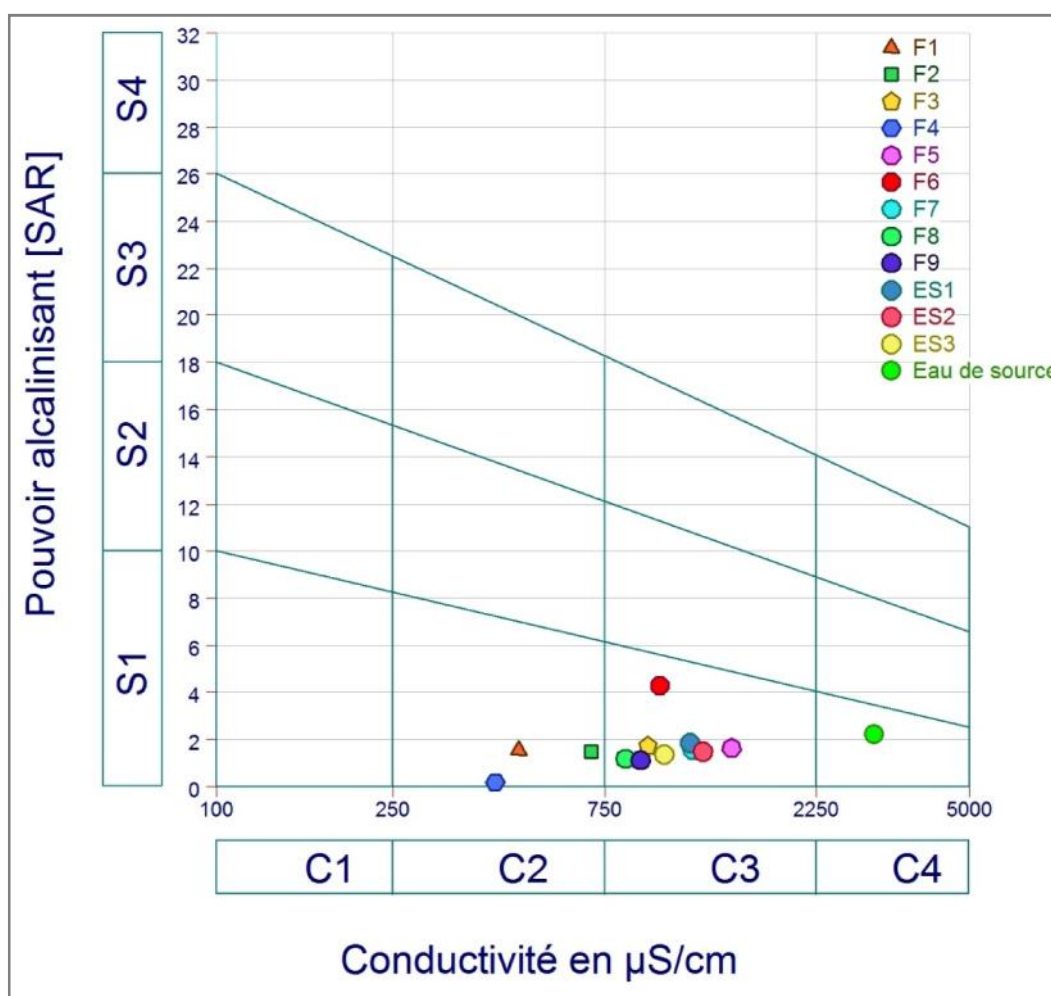


Fig.74 : Diagramme de Richards des eaux de la plaine de Mellagou.

IV.2 Traitement par analyse en composantes principales :

Une autre technique à caractère statistique, pouvant être d'un apport appréciable dans la compréhension du mécanisme chimique d'un milieu ainsi que l'évolution est la méthode par analyse en composantes principales dite ACP.

Le but de cette analyse statistique (ACP) est de faire ressortir les différents points d'eau qui possèdent des concentrations élevées en éléments chimiques par rapport à l'ensemble des points d'observation. Il sera ainsi possible d'avoir une idée sur le comportement hydro chimique et les sites de pollution. L'aboutissement de cette méthode est la représentation graphique sur des cercles suivants des plans à axes bidimensionnelles, les variables concernées sont les éléments cationiques, anioniques et les métaux lourds en relation avec les points de prélèvements qui constituent les individus de notre série statistique (Halimi, 2017).

VI.3 L'espace des variables :

Le cercle de l'ACP est déterminé par les axes F_1 et F_2 , qui fournissent 82,03% d'information (Fig.75).

- Selon l'axe F_1 , qui exprime 68,96% d'information, oppose les eaux faiblement minéralisées riches en bicarbonates aux eaux fortement minéralisées polluées par les nitrites
- Selon l'axe F_2 qui représente 13,07% d'information une opposition des eaux chargées en Cl^- , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} (eau fortement minéralisées) aux eaux polluées en nitrites, nitrates et ammonium.

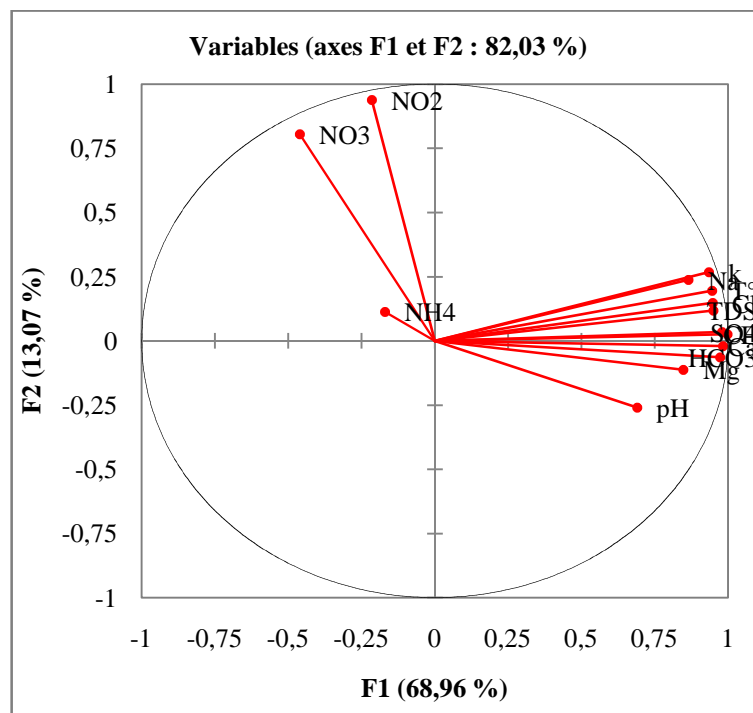


Fig.75 : Espace des variables.

VI.4 Etude des individus :

Deux ensembles d'individus sont observés :

- L'ensemble des eaux riches en chlorures et sodium, représentant les points d'eau situés l'Ouest du terrain (eau de source).
- L'ensemble des eaux polluées par les nitrates faiblement minéralisées caractérise les points d'eau qui se trouvent généralement à l'intérieur des parcelles irriguées, ce qui met en évidence une origine exogène des nitrates (d'origine anthropique due à l'utilisation anarchique des engrais).

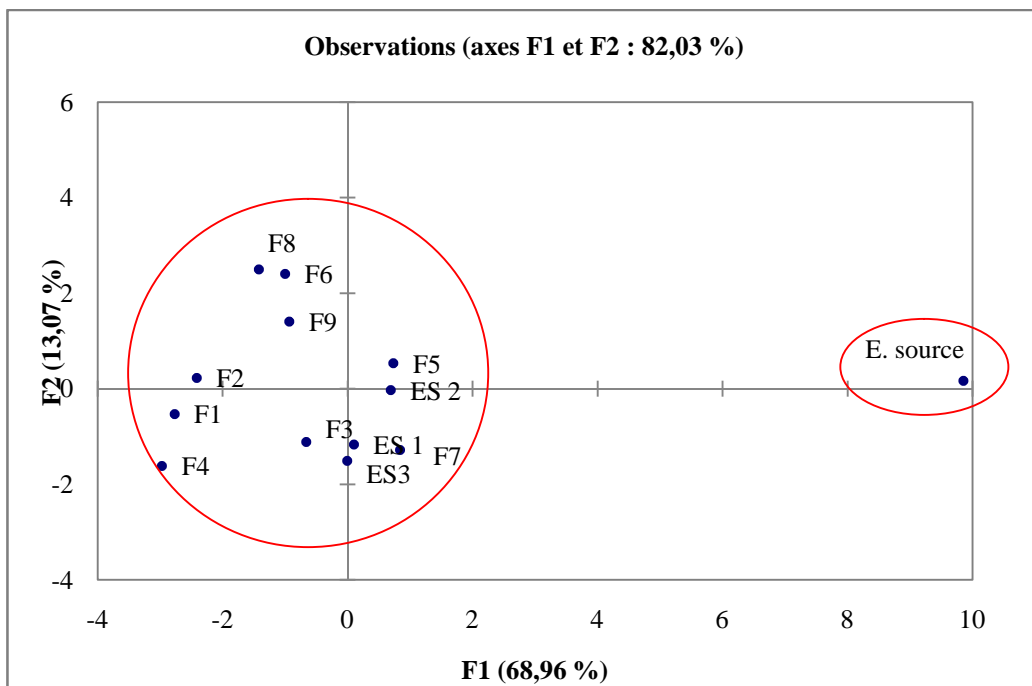


Fig.76 :Répartition des individus.

VI.5 Matrice de corrélation :

Selon le tableau (Tableau.25) qui présente les différentes corrélations entre les variables pris deux à deux, la signification du coefficient (r) est fonction du nombre des individus traités (n), ce qui permet de dégager plusieurs associations.

Tableau.25 :Matrice de corrélation des eaux de la plaine de Mellagou (Mars, 2018)

	pH	T°	CE	TDS	Na	Mg	Ca	HCO3	NO3	Cl	SO4	NO2
pH	1											
T°	0,604	1										
CE	0,673	0,929	1									
TDS	0,640	0,893	0,955	1								
Na	0,513	0,837	0,881	0,817	1							
Mg	0,415	0,846	0,824	0,704	0,628	1						
Ca	0,713	0,902	0,983	0,956	0,791	0,813	1					
HCO3	0,581	0,9066	0,969	0,883	0,859	0,902	0,939	1				
NO3	-0,37	-0,304	-0,433	-0,303	-0,211	-0,622	-0,436	-0,561	1			
Cl	0,609	0,900	0,953	0,928	0,845	0,730	0,940	0,883	-0,270	1		
SO4	0,697	0,905	0,984	0,952	0,853	0,771	0,978	0,921	-0,367	0,965	1	
NO2	-0,389	-0,012	-0,195	-0,107	0,016	-0,236	-0,240	-0,252	0,781	-0,101	-0,213	1

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Cette étude a été menée dans le but de déterminer l'évaluation de la qualité des eaux de plaine de Mellagou, la commune de Bouhmama wilaya de Khenchela (Nord Est Algérien) :

- Après avoir étudié les différentes composantes du milieu physique de bassin versant d'Oued Mellagou qui occupe une superficie de 577.8 Km². Il ressort que la zone d'étude offre des caractéristiques spécifiques et particulières à la région montagneuse. On peut conclure les principaux caractéristiques des composantes du milieu physique de bassin versant de Oued Mellagou par une lithologie variée (marne – calcaire – Alluvion ancienne et récente).
- La végétation dans la zone d'étude se divise en deux parties majeurs couverture naturelle (cèdre, chaîne vert, pin d'Alep, alpha) et couverture végétale anthropique (arboriculture, céréale ...) le pourcentage de taux de recouvrement 61.37% de la surface totale du bassin, dont la majorité de cette couvert végétale tend vers la dégradation.
- Les données climatiques montrent que le climat du bassin versant d'Oued Mellagou c'est de type aride caractérisé par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations. Les résultats de température et de précipitation définissent deux saisons typiques du climat : une saison sèche et une seconde humide.
- La représentation des données sur le diagramme de Piper a permis de distinguer les faciès chimiques suivants : Le faciès sulfaté calcique représente 92% des échantillons et le faciès chloruré sodique qui représente 8% des échantillons.
- Les concentrations des éléments chimiques majeurs (Cl, SO₄, HCO₃, Na, Ca, Mg ...etc.) dépassent parfois les limites fixées par l'OMS, surtout le sulfate et le calcium qui due aux natures géologiques des terrains traversés (gypseux et carbonatés). Ceci est accentué par l'existence des sources thermales, tel que Hammam Djaarir.
- La contamination des eaux souterraines de la plaine de Mellagou par les nitrites est liée aux apports des fertilisants azotés en quantité supérieure aux besoins des plantes ; les eaux de l'irrigation et celles de la pluie jouent un rôle majeur dans le transport des ions des nitrates vers la nappe souterraine, la domination des chlorures, sulfates et calcium met en évidence la salinité des eaux qui sont soit riches en NaCl, soit en CaSO₄.
- Les concentrations des éléments traces métalliques (Pb, Zn, Cu, Cd et Hg) restent dans les normes de portabilité fixer par l'OMS.

- Les résultats des analyses portés sur le diagramme de Na% en fonction de la CE montrent la répartition des points d'eau dans différentes classes comme suit : 23.07% des points d'eau tombe dans la classe d'eau de qualité excellente, 61.54% d'échantillons tombe dans la classe bonne qualité, 7.69% d'échantillons tombe dans la classe admissible à l'irrigation et 7.69% d'échantillons tombe dans la classe mauvaise à l'irrigation.
- Selon le diagramme du SAR en fonction de la CE, ils existent trois classes d'eau : C2S1, C3S1 et C4S1.
- L'analyse en composantes principales fait ressortir les constatations suivantes: L'ensemble des eaux riches en chlorures et sodium, représentant les points d'eau situés à l'Ouest du terrain (eau de source) et l'ensemble des eaux polluées par les nitrates faiblement minéralisées caractérise les points d'eau qui se trouvent généralement à l'intérieur des parcelles irriguées, ce qui met en évidence une origine exogène des nitrates (d'origine anthropique due à l'utilisation anarchique des engrais).



LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIE



- **ALLALI. A., (2004):** *Ahmed 2004 Cartographie de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des zones humide de la Numidie.*
- **AOUIDANE. L .,(2017):** *Origines de la salinisation des eaux et des sols d'une zone à climat semi-aride : Cas de Remila (W. Khenchela) thèse de doctorat 186p.*
- **BAHI .A.,(2016) :** *Achèvement des travaux de l'étude d'impact sur l'environnement et qualité des eaux du petit barrage lazreg wilaya de Khenchela 93p*
- **BAKALOWICZ., (1979) :** *Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la certification. Thèse Doctorat Es. Sciences.*
- **BCHITOU, R., 2001.** « *Le suivi des métaux lourds dans les eaux et les sédiments du moyen Sebou : Elaboration d'un plan d'expérience afin d'éliminer le chrome* », Thèse d'Etat, Faculté des Sciences Université Mohammed V-Agdal Rabat.
- **BCHITOU. R., (2001) :** « *Le suivi des métaux lourds dans les eaux et les sédiments du moyen Sebou : Elaboration d'un plan d'expérience afin d'éliminer le chrome* », Thèse d'Etat, Faculté des Sciences Université Mohammed V-Agdal Rabat.
- **BERMOND. R et PERRDON .C (1979) :** *Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement Paris, 259pages.*
- **BOUALI .H ; BERKANE .W., (2015):** *Contribution à l'étude hydro chimique des eaux souterraines de la plaine de Mellagou,(Bouhmama N-W Khenchela),mémoire de master. Université de Khenchela. 82p*
- **BREMOND. R ; VUICHARD. R., (1973):** *Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris, 179.*
- **CAVALLARO, N., M.B. MCBRIDE., (1978):** *Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 550-556*
- **COLIN. A., (2007):***les climats, 200p.*
- **Conservation des forets 2018.**
- **D.H.W.K:** *direction d'hydraulique de la wilaya de Khenchela, service des statistiques Mai 2016.*
- **D.R.E:** *Direction des Ressources en Eau. Khenchela (2016).*

- **DEBIECHE, T.,(2002):***Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle application à la basse plaine de la seybouse - nord-est algérien- université de Constantine 197p.*
- **-DEBIECHE. T.H., (2002) :** *Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution agricole et industrielle.Thèse de doctorat en hydrogéologie de l'environnement. Université de France- Comté. France. 312p*
- **DIETRICH A.M. ; GALLAGHER.C.D ,(2013):** *Capacité du consommateur à détecter le goût des solides dissous totaux. Journal AWWA / mai 2013. American Water Works Association. 263p.*
- **DUDLEY, L.M.; MCLEAN, J.E.; FURST, T.H.; JURINAK, J.J., (1991).** *Sorption of Cd and Cu from an acide mine waste extract by two calcareous soils: column studies. Soil Sci.,151, 121-135.*
- **DUSSART. B., (1966):** *Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed.,Paris.*
- **DPSI :** Direction de planification statistique 2016.
- EMC - Toxicologie-Pathologie professionnelle 1995 ; 16-002-B-15, 2 p.
- **GUIRAUD. R., (1973) :** *Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Thèse Doctorat, Univ. Nice, 270 p.*
- **Halimi. S (2017) :** *Evaluation de l'impact du trafic routier sur les aquifères des régions traversées (Application à la plaine d'Annaba (RN44, RN21 et RN16) Nord Est Algérien. These de doctorat, université Annaba, 153 pp.*
- **HOUBIBI. H.,(2013):** *Analyse Multicritères des composantes du Milieu à l'aide des techniques de la géomantique pour un aménagement intégré de la vallée de Oued Mellagou- Bouhmama -W. KHENCHELA . mémoire de magister Université de Batna.180p*
- **HOUHA. B., (1996) :** *Quantité et qualité des eaux souterraines de la région de Khenchela (Garât Tarf). Mémoire de Magister, F.S.T Annaba, Algérie, 114p.*
- **JEAN RODIER ; BERNARD LEGUBE ; NICOLE MERLET ET COLL., (2009) :** *L'analyse de l'eau. 9^{ème} Edition , Paris ,Dunod, 1579p.*
- **KHELILI .R, LAZALI .D (2015):** *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).*
- **LAFFITTE. R., (1939) :** *Etude géologique de l'Aurès. Thèse, Paris, Bull Serv. Carte Géol. Algérie, 2e série. 484p.*

- **LUYET. V ; VOGEL . J.,(2014):** *Climat, météo et atmosphère 47p.*
- **MAKHOUKH .M, M. SBAA, A. BERRAHOU, M. VAN. CLOOSTER2 ., (2011):**
Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc 2011.
- **MARTIN AMBROISE, AFSSA .,(2001):** *Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3^e Ed Lavoisier, 593 p.*
- **MASSAD. R.S., (2009) :** « *Le point de compensation stomatique de l'ammoniac : Comprendre et modéliser la relation au métabolisme azote de la plante* », *Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie.*
- **MEDJI. I ; MEDJI. Z., (2015):** *Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien) et leurs aptitude à l'irrigation mémoire de master, Université de Khenchela .*
- **MEHANNA. S; MEGUELLATI K., (2016):***Qualité physico-chimique de la nappe phréatique et son impact sur les sols de la plain de Remila(Khenchela) université Batna mémoire master.*
- **MOURDI.W.,(2011):** *Pollution urbaine, impact sur l'homme et l'environnement« cas de l'agglomération de Annaba et ses environs » mémoire magister, Université Annaba 136p.*
- **MOUSSA, M.D.H., 2005.** *Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines.11 9p.*
- **NISBET. M ET VERNEAU. J, (1970) :** *Composant chimiques des eaux courantes, discussions et propositions des classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annale de limnologie : 1.6 fasc. 2, 161-190p.*
- **R.G.P.H .,(2016):** *Le recensement général de la population et de l'habitat*
- **ROUABHIA. A .,(2006):** *Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocène de la plaine d'El Ma El Abiod. N.E Algérie. Thèse de doctorat en sciences, Université d'Annaba .210page*
- **S.A.B., (2018):** *Subdivision agriculture Bouhmama*
- **SAIGHI O., (2005):** *Composition isotopique des précipitations d'Alger et d'Assekrem. Section de l'hydrologie isotopique Agence internationale de l'énergie atomique, octobre 2005. Pp 5-18.*
- **TARDAT et BEAUDRY .,(1984) :** *Chimie des eaux, Ed. Le griffon d'argile, INC, Québec*

- **VILA J.M., (1977) :** *Carte géologique de l'Algérie et notices explicatives.*
- **LES SITES INTERNET CONSULTES**
- <http://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/dioxyde-de-silicium/>
- <https://www.canada.ca> document-technique-sodium
- <http://www.inrs.fr/htm/ft27.pdf>
- https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.pdf

:

يعتبر	البسيطة	لها	الحياة	تساهم
زيادة	المياه	توفيرها	يشكلان	التحديات تواجه
يهدف هذا	نوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية و السطحية	نوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية و السطحية	سهل	-
ولهذا الغرض تم أخذ 13 عينة	1	9	3	الكيميائية. الفيزيوكيميائية وتحديد
الثقيلة للعينات	شأنها	المياه حيث	92%	هذه العينات
نوعية	(كلوريد الصوديوم).		نوعية جيدة (سيلفات الكالسيوم) 8
تحليل تقارير	الكيميائية	المياه يتعلق	الركيزة الجيولوجية.	
المفتاحية :	المياه الجوفية، نوعية فيزيوكيميائية ،الركيزة الجيولوجية ,			

RESUME :

L'eau, molécule simple, est indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. L'augmentation des besoins en eau et la disponibilité de l'eau de bonne qualité demeure un challenge d'actualité, particulièrement pour l'Algérie.

Le présent travail a pour objet d'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines et de surface de la plaine de Mellagou -Bouhmama- nord-ouest de Khenchela,

Dans ce but, on prélavées 13 échantillons d'eau 01 source, 09 forages, et 03 au niveau d'Oued Mellagou .Ces prélèvements ont fait l'objet d'un dosage des paramètres chimiques, physico-chimiques et métaux lourds qui constituent les critères déterminants de la salubrité, de la sécurité des eaux.

L'analyse de la qualité globale des eaux a révélé que 92 % des points contrôlés sont de bonne qualité (faciès sulfaté calcique), 8% sont de qualité moyenne (forte minéralisation, appartiennent au faciès chloruré sodique).

L'interprétation des rapports de corrélation des éléments chimiques montre que l'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines dépend du substrat géologique traversé.

Mot-clé: Khenchela, Mellagou, eaux souterraines, la qualité physico-chimique, substrat géologique, d'Oued Mellagou.

ABSTRACT:

Water, simple molecule, essential for the continuity of any kind of life and it is important for the development of populations. The increase of water demands of a good water quality present a current challenge for governments including Algeria.

This work aims to evaluate the physico-chemical quality of Groundwater and the surface water in the basin of Mellagou -Bouhmama- north-west of Khenchela, For this aim, we have taken 13 samples of water 1 source 9 Wells and 3 in the Mellagou valley ,Chemical, physicochemical parameters and heavy metals were investigated in treated water. These are the determinants of safety criteria, water.

The overall water quality Analysis has revealed that 92% of controlled drillings of good quality (sulphated calcic facies), 8% are of average quality (strong mineralization, belong to chlorinated sodic facies).

The interpretation of correlation ratios of chemical elements shows that the acquisition of the groundwater mineralization depends on the crossing geological substratum.

Keywords: Khenchela, Mellagou, Groundwater, the physico-chemical quality, geological substratum, the valley of Mellagou.

