



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITTE ABBESS LAGHROUR KHENCHELA

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et Environnement

MEMOIR

Présenté en vue de l'obtention de diplôme de Master

Spécialité : Ecologie fondamental et appliqué

Thème

**Contrôle de la qualité des eaux souterraines de la plaine de
Fkirina W. d'Oum El Bouaghi**

Soutenu le : 14/07/2021

Présenter Par :

Cekhab Abir

Massaoudi Nadjat

Encadrer par:

Mme. OUANES Miayada

Membres de Jury :

Président : Dr Larbaa Rabeh

MCB Univ.Abbes Laghrou Khenchela

Encadreur : Dr OUANES Miayada

MCB Univ.Abbes Laghrou Khenchela

Examinatrice : Dr Dib Dounia

MCB Univ.Abbes Laghrou Khenchela

Promotion : 2020/2021



REMERCIEMENTS

Avant tout un très grand merci à **ALLAH** le tout puissant de nous avoir guidé durant toutes nos années de formation et nous Adonné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous plus sincères remerciements: Notre encadreur " Mme. **OUANES Miyada** " pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience, sa gentillesse et pour les conseils infiniment utiles et l'encouragement et les nombreux conseils pour la réalisation de ce travaille.

Nous remercions aux honorables membres du jury d'avoir accordé le temps et la patience pour évaluer notre travail.

Notre gratitude va également à Mme. **ROUBAA SAMIA**

Nos remercier aussi le directeur de l'hydraulique de F'kirina **DJOUANI FIRAS**, avec son groupe précisément **HAMICH NADIA, YASSAD FAWZIA et FOZII.**

Enfin, merci à toutes les personnes qui nous aidé et contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Et merci pour tous les profs de la biologie en générale et les profs de l'écologie spécial.



DEDICACE

Dieu, la nuit n'est bonne qu'en vous remerciant, et la journée n'est bonne qu'en vous obéissant, et les moments ne sont bons que dans votre mémoire, et l'au-delà n'est bon que par votre pardon, et le ciel n'est bon qu'en vous voyant. Je veux dédier ce travail :

A qui Dieu a confié prestige et dignité je porte fièrement son nom à mon soutien dans cette vie après Dieu Tout-Puissant à la source de ma confiance et de ma force A celui qui m'a soutenu et m'a accompagné à chaque étape de ma vie et m'a soutenu dans les moments les plus difficiles A **Mon père EL Hadi**. Je demande à Dieu de vous protéger et de vous rendre heureux.

A la fontaine de patience, d'amour et de don constant qui ne s'est jamais arrêté, **Ma mère**, je ne trouverai jamais plus épanouissant de ton cœur. Tu resteras la plus belle reine que mes yeux aient jamais vue. Je demande à Dieu de te protéger et de te pourvoir avec santé et bien-être.

A **ma sœur Ghalia**, A **mon frère Abd ELRahim** et La source de mon rire **mon petit frère Abd Ennour** .

À mon premier professeur le propriétaire du bon cœur **mon oncle Chekhab Rachid**.

À **toute ma famille**, des grands aux petits.

Un spécial dédicace l'enseignante la plus honnête et la femme la plus gentille et la personne la plus importante est **ma professeur Ouenas miyada**.

À **mes meilleures amies Linda, Chaima, sara, romaissa, karima**.

À tous les amis d'écologie et environnement promotion 2021.

Au bon cœur et aux intentions sincères au compagnon du chemin **ma camarade Massoudi Nadjat**.

A.ËIR

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 et réaliser ce Modeste travail, fruit de plusieurs années d'études.

A celle qui m'a mise au monde, A celle qui n'a cessée d'écarter les épines tout au long de mon parcours,
A celle qui m'a entourée de sa tendresse et qui était toujours a mes cotés a la plus chère personne dans mon cœur. **A Ma Mère** que dieu la garde pour moi

A celle qui était mon soutien, à celui qui a semé en moi la volonté d'aller en avant ba celui qui ma manque beaucoup et que le destin n'a pas épargné pour être présent aujourd'hui et pour assister au recueil de fruits de ces efforts tant attendu à l'âme de **Mon chère Père** que dieu l'accueil dans son paradis

A mon bonheur et la bougie qui allume ma vie **Mes Sœurs Fatiha, Nassira, Karima, Meryem, Zina** et spécialement ma belle **Sanfoura**

A ma force et ma fierté du monde **Mes Frères Khir eddin, Djamel, Tarek, Rachid et Farouk**

A ma plus chère **belle sœur Farida**

A leurs enfants, a mes petits anges qui je souhaite suivront les trace de leur tante

A ma petite Bourgeon **Loudjain** qui j'aime beaucoup

A mes intimes Aida, Fatima

A ma Copine Compagnon de chemin **Abir** que nous travaillé ensemble pour accomplir ce travail

A mes copines que j'aime beaucoup et que je n'oublierai jamais même si notre chemine et termine **Linda, Chaima, Karima, Romaissa, Sara**

A Mme **OUANES Miyada** qui nous a conseillé et guidé

Nadjet

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	
<i>I. Partie bibliographique</i>	
CHAPITRE I : Description de la zone d'étude	<i>n°page</i>
Introduction	3
1. Présentation de la zone d'étude	4
1.1. La situation géographique et administrative	4
1.2. Le Cadre socio-économique	6
1.3. La Population	7
1.3.1. Développement de la population	7
1.4. Le cadre climatique	8
1.5. Le cadre géologique	9
1.6. Séismicité	10
1.7. La topographie de la région	11
1.8. Occupation agricole du sol	11
1.9. Couvert Végétal	12
1.10. Facteur orographique de la région	13
1.11. Relief	13
1.12. Structure et tectonique	14
1.13. L'hydrographie	15
1.14. Hydrogéologie	16
1.15. Cadre hydraulique	16
1.16. Assainissement	17
1.17. Appréciation géotechnique	17
1.18. Conclusion	18
CHAPITRE II : Etude géologique	
Introduction	20
1. Description stratigraphique et lithologique	20
1.1. Le Secondaire	20
1.1.1. Le Trias	20

Table des matières

1.1.2. Le Jurassique	22
1.1.3 Le Crétacé Basal	22
1.1.4. Le Barrémien et L'Aptien	22
1.1.5. L'Albien	22
1.1.5.1. L'Albien sup. à Cénomaniens inf	22
1.1.6. Cénomaniens sup	22
1.1.7 Turonien	23
1.1.8. Sénonien	23
1.1.8.1. Coniacien	23
1.1.8.2. Santonien	23
1.1.8.3. Campanien	24
1.1.8.4. Maestrichtien	24
1.1.8.4.1. Le Maestrichtien Inférieur à dominante marneuse	24
1.1.8.4.2. Le Maestrichtien Supérieur calcaire	24
1.2. Le Tertiaire	24
1.2.1. L'Eocène	24
1.2.1.1. Lutétien inférieur et supérieur – yprésien et thanétien	25
1.2.2. Le Miocène	25
1.2.3. Pliocène	26
1.3 Le Quaternaire	26
Conclusion	30
<i>II. Partie pratique</i>	
<i>CHAPITRE III : Etude Hydro climatologique</i>	
Introduction	31
1. Les facteurs climatiques	31
1.1 La Précipitation	31
1.2. La température	33
1.3 L'humidité	35
1.4. Evaporation	36
1.5. Le vent	37
1.6. L'orage	37
1.7. Brouillard	38
1.8. La Neige	39
1.9. La grêle	40
1.10. La gelée	40
1.11. La rosée	41
1.12. Le sirocco	42
2. Synthèse climatique	43
2.1. Indice d'aridité et de Martonne	43

Table des matières

2.2 Indice ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	44
2.3 Quotient pluviométrique d'Emberger	45
3. Bilan hydrique	46
3.1. L'évapotranspiration	47
3.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentiel et l'évapotranspiration Réelle	48
3.1.1.1. Mesure de l'ETP (Evapotranspiration potentielle)	48
3.1.1.2. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)	48
a. Formule de L.TURC	49
b. Formule de THORNTHWAITE	49
3.2. Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)	50
3.3. Interprétation du bilan d'eau	51
4. Estimation du ruissellement et de l'infiltration	51
4.1. Ruissellement	51
4.2. Infiltration	52
Conclusion	53
Chapitre VI: Matériel et Méthode	
Introduction	54
1. Méthodes de prélèvement des échantillons	54
2. Les analyses et dosages au laboratoire	54
2.1. Matériels utilisés	55
2.2. Les appareils	55
3. Techniques de mesures et d'analyses des solutions	55
3.1. Distillation d'eau Dans un laboratoire de chimie	55
3.2. Auto contrôle	56
3.2.1. Test de chlore	56
4. Les mesures physico-chimiques	58
4.1. Paramètres physiques	58
4.1.1. La température	58
4.1.2. La conductivité électrique	59
4.1.3. Le pH	61
4.1.4. Turbidité	62
4.1.5. Dosage de la matière organique	63
4.2. Paramètres chimiques	65
4.2.1. Spectrophotomètre	65
4.2.2. Les cations	66
4.2.2.1. Détermination du L'AZOTE AMMONIACAL (NH₄⁺)	66
4.2.3. Les anions	67
4.2.3.1. DETERMINATION DES NITRITES (NO₂⁻)	67
4.2.3.2. Détermination des nitrates (NO₃⁻) (Méthode au Salicylate de Sodium)	68

Table des matières

4.2.3.3. Détermination du Chlorure (Cl⁻)	70
4.2.3.4. Détermination des phosphates (PO₄³⁻)	72
Chapitre V : Résultat et discussion	
Introduction	74
1. Caractéristiques physico-chimiques	75
1.1 Les paramètres physiques	75
1.1.1 La température (°C)	75
1.1.2 Le Potentiel d'Hydrogène (pH)	76
1.1.3. Conductivité électrique (CE en µS/cm)	77
1.1.4. La turbidité	79
1.2. Les Paramètres chimiques	80
1.2.1. Les cations	80
1.2.1.1. Calcium (Ca²⁺)	80
1.2.1.2. Magnésium (Mg²⁺)	81
1.2.1.3. Sodium (Na⁺)	82
1.2.1.4. Potassium (K⁺)	83
1.2.2. Les Anions	83
1.2.2.1. Les bicarbonates (HCO₃⁻)	83
1.2.2.2. Les sulfates (SO₄²⁻)	85
1.2.2.3. Les nitrates (NO₃⁻)	86
1.2.2.4. Les chlorures (Cl⁻)	87
2. Faciès chimiques des eaux	88
2.1. Diagramme de Piper	88
2.2. Diagramme de Schoeller – Berkaloff	93

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Description de la zone d'étude

Figure n^o	Titre	Page n^o
1	Description de la zone d'étude	3
2	les limites de la wilaya d'Oum el Bouaghi	3
3	Situation géographique de la région d'étude	5
4	les limites administratives de la région d'étude	7
5	Nombre de population de F'kirina de la période (1998-2020)	8
6	La carte climatique de la wilaya d'Oum el Bouaghi.	9
7	Zones séismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie	10
8	La carte de pente de la région de F'kirina	11
9	Couverture végétale de l'est Algérien	12
10	La carte hypsométrique de la zone d'étude	14
11	Carte Structurale et tectonique de la région d'étude	15

Chapitre II : Etude géologique

Figure n^o	Titre	Page n^o
12	Cartes géologiques de la région de Fkirina	21
13	Les coupes géologiques	27
14	Log litho stratigraphique Synthétique	29

LISTE DES FIGURES

Chapitre III: Etude hydro climatologique

Figure n ^o	Titre	Page n ^o
15	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (1995-2020)	32
16	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles des quatre premiers mois de l'année 2021	33
17	Répartition mensuelle des moyennes de températures de la période (1995-2020)	34
18	Répartition mensuelle des moyennes de températures des quatre premiers mois de l'année 2021	34
19	Diagramme des moyennes d'humidité de la période (1995-2016)	35
20	Diagramme des moyennes d'évaporation de la période (1995-2016)	36
21	Diagramme des moyennes des vitesses moyennes des vents (m/s) de la période (1995-2016)	37
22	Diagramme des moyennes du nombre de jours d'orage de la période (1995-2016)	38
23	Diagramme des moyennes du nombre de jours de brouillard de la période (1995-2016)	39
24	Diagramme des moyennes du nombre de jours de neige de la période (1995-2016)	39
25	Diagramme des moyennes du nombre de jours de grêle de la période (1995 -2016)	40
26	Diagramme des moyennes mensuelles du nombre des jours des gelées de la période (1995-2016)	41
27	Diagramme des moyennes du nombre de jours de rosée de la période (1995-2016)	42
28	Diagramme des moyennes du nombre de jours de sirocco de la période (1995-2016)	42
29	Indice d'aridité annuel de Martonne	44

LISTE DES FIGURES

30	Diagramme ombrothermique de Gausсен et de Bagnoles (1995-2020)	45
31	le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude	46
32	Le complexe hydrique (Sol-plante- climat)	47

Chapitre VI: Matériel et Méthode

Figure n ^o	Titre	Page n ^o
33	les prélèvements d'eaux effectuées	54
34	Appareil de distillation (distillateur)	56
35	Test de Chlore par des comprimés DPD 1	57
36	des comprimés DPD 4 pour test de chlore	57
37	comparateur colorimétrique	58
38	Appareil de mesure de la Température	59
39	Appareil de mesure de la conductivité électrique	60
40	Appareil de pH Mètre	62
41	Appareil de turbidimètre	63
42	Dosage de la matière organique	65
43	Spectrophotomètre	66
44	Dosage Nitreux	68
45	Dosage nitrates	69
46	Dosage des nitrates	70
47	Dosage de chlorure	72
48	Dosage d'ortho phosphate	73

LISTE DES FIGURES

Chapitre 5: Résultats et discussions

Figure n °	Titre	Page n °
49	Histogramme de la distribution de la température dans les eaux souterraines	75
50	Histogramme de la distribution de pH dans les eaux souterraines	77
51	Histogramme de la distribution de la conductivité dans les eaux souterraines	78
52	Histogramme de la distribution de la turbidité dans les eaux souterraines	79
53	Histogramme de la distribution des teneurs en Calcium dans les eaux souterraines	80
54	Histogramme de la distribution des teneurs en Magnésium dans les eaux souterraines.	81
55	Histogramme de la distribution des teneurs en Sodium dans les eaux souterraines	82
56	Histogramme de la distribution des teneurs en Potassium dans les eaux souterraines	83
57	Histogramme de la distribution des teneurs en Bicarbonate dans les eaux souterraines	84
58	Histogramme de la distribution des teneurs en Sulfate dans les eaux souterraines	85
59	Histogramme de la distribution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines	86
60	Histogramme de la distribution des teneurs en Chlorure dans les eaux souterraines	87
61	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2002	89
62	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2003	90
63	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2008	91
64	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2016	92

LISTE DES FIGURES

65	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2020	93
66	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2002 de 2 forages	94
67	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2003 de 3 forages	95
68	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2008 de 3 forages	96
69	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2016 de 3 forages	97
70	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2020 de 3 forages	98

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Description de la zone d'étude

Tableau n °	Titre	Page n °
1	développement de la population de plaine de Fkirina	7
2	Localisation et caractéristiques des ressources en eau de plaine de Fkirina	16

Chapitre III: Etude hydro climatologique

Tableau n °	Titre	Page n °
3	les coordonnées géographiques de la station d'Oum El Bouaghi	31
4	l'ETP (Evapotranspiration potentielle)	48
5	l'ETR selon la formule de turc	49
6	l'ETR selon la C.W Thornthwaite	50
7	bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'Oum El Bouaghi	50
8	La lame d'eau ruisselée	52
9	La lame d'eau infiltrée	52

Chapitre VI: Matériel et Méthode

Tableau n °	Titre	Page n °
10	Relation existante entre la minéralisation et la conductivité	59
11	Gamme et étalonnage dans une série de fioles de 50 ml	67
12	Gamme et étalonnage de ntrite	68
13	Gamme et étalonnage de nitrate	70
14	Gamme et étalonnage de chlorure	71
15	Gamme et étalonnage de phosphte	73

LISTE DES ABRVIATIONS

- Pos K** : Plan d'occupation de sol ;
- DSA** : Direction des services agricoles ;
- PDAU** : Plan Directeur d'aménagement et d'urbanisme ;
- EDRAF** : Etude De Diagnostic Du Réseau D'assainissement De La Ville De FKIRINA ;
- Nbr** : Nombre ;
- Hab** : Habitants ;
- °C** : degré celcius ;
- m** : mètre ;
- NE** :Nord Est ;
- SW** : Sude Ouest ;
- %** : pourcentage ;
- N S** : Nord Sud ;
- N°** : Numéro ;
- DRE** : Direction des ressources en eau ;
- Km**: kilomètre ;
- N** : Nord ;
- E** : Est ;
- mm** : millimètre ;
- M** : Maximal ;
- m** : Minimal ;
- mm/j** : millimètre par jour ;
- m/s** : mètre par seconde ;
- MF** : Météo France ;
- Jrs** : Jours ;
- IDM** : Indice d'aridité et de Martonne ;
- P** : précipitation
- Q2** : Quatient pluviométrique d'emberger ;
- °K** : Kelvin ;
- ETP** : Evapotranspiration potentielle ;
- ETR** : evapotranspiration réelle ;
- RFU** : Réserve facilement utilisable ;

LISTE DES ABRVIATIONS

DEF (DA): Déficit agricole ;
EXC : Excédent ;
BH : Bilan hydrique ;
K : correction pour la latitude ;
min : minute ;
ml : mili litre ;
pH : Potentiel d'hydrogène ;
Ca²⁺ : Calcium ;
Mg²⁺ : Magnésium ;
OMS : Organisation mondiale de la santé;
mg/l : milligramme par litre ;
Cm² : centimètre carée ;
S/m : Simens par mètre ;
µs/cm : micro siemens par centimètre ;
H⁺ : Hydrogène ;
Kcl : chlorure de potassium ;
NTU : Nephelometric Turbidity Unit ;
MON : Matière organique naturel ;
H₂SO₄ : acide sulfurique ;
Kmno₄ : Permanganate de potassium ;
m mol/l : mili mole par litre ;
n m : nano mètre ;
NaOH : Hydroxyde de sodium ;
NH₄cl : chlorure
d'ammonium ;
Pd : pendant ;
g : gramme ;
h : Heure ;
NH₄⁺ : Azote Ammonical ;
HCl : Acide chlorhydrique ;
NO²⁻ : Dioxyde d'azote ;

LISTE DES ABRVIATIONS

No³⁻ : Nitrate ;

cl⁻ : chlorure ;

AgNo₃ : Nitrate d'argent ;

K₂cro₄ : chromate de potassium

;Nacl : chlorure de sodium ;

Po₄³⁻ : Ortho phosphate ;

m³ : mètre cub ;

T : Température ;

S : Sécheresse ;

Na⁺ : Sodium ;

K⁺ : Potassium ;

HCO³⁻ : Bicarbonate ;

SO₄²⁻ : Sulfate ;

ADE : Algérie des eaux ;

CaCo₃ : Carbonate de calcium

;CO² : Dioxyde de carbone ;

CaCo₄ :Oxalate de calcium ;

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. Le constat est simple, tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour exister. La terre étant, à ce jour, la seule planète du système solaire, elle est la seule à abriter la vie. L'eau est l'un des 5 éléments indispensables à la vie. L'eau est le principal constituant des êtres vivants et il est indispensable au développement de toute vie.

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et la vie de l'homme. De sa conception à la réalisation de ses activités comme l'industrie ou l'agriculture, l'homme a besoin de l'eau.

A l'échelle du globe, les ressources en eau potable sont essentiellement composées de 69% des eaux de surface (glaciers, lacs et rivières) et 30% des eaux souterraines (Gleick, 1996). Contrairement aux eaux de surface qui sont facilement exploitables et cibles des pollutions anthropiques, les eaux souterraines sont moins exposées et globalement de meilleure qualité. **(DJOUDI, 2018)**

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets domestiques et industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. **(DJOUDI, 2018)**

La région d'étude (la plaine de F'kirina) se situe au Sud-est de la ville d'Oum El Bouaghi à l'Est Algérien. Cette plaine s'étale sur une superficie de 342.08 km².

L'étude proposée a pour objet la connaissance des caractères géologiques, Hydrologiques, climatique, avec une synthèse hydro chimique des ressources en eau de la région. **(OUANES, 2012)**

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux Préoccupations suivantes :

- Quel est l'état de la qualité chimique des eaux souterraines de la nappe?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évolution des éléments Chimiques dans le temps et dans l'espace?

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté la méthodologie suivante:

1. Un aperçu géographique de la région de F'kirina;

Introduction générale

3. Une étude du cadre géologique ;

4. L'étude hydro climatologique ;

5. L'étude hydro chimique qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux Souterraines, de les comparer et de suivre l'évolution dans l'espace et dans le Temps de ces faciès. Il sera également apprécié la qualité des eaux souterraines Pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

chapitre 1

Description de la zone d'étude

Introduction

La wilaya d'Oum El Bouaghi est issue du découpage administratif de 1974 alors qu'elle dépendait de l'ancien département de Constantine. Historiquement, elle fait partie de la région Chaouia avec la Wilaya de Batna et la Wilaya de Khenchela.

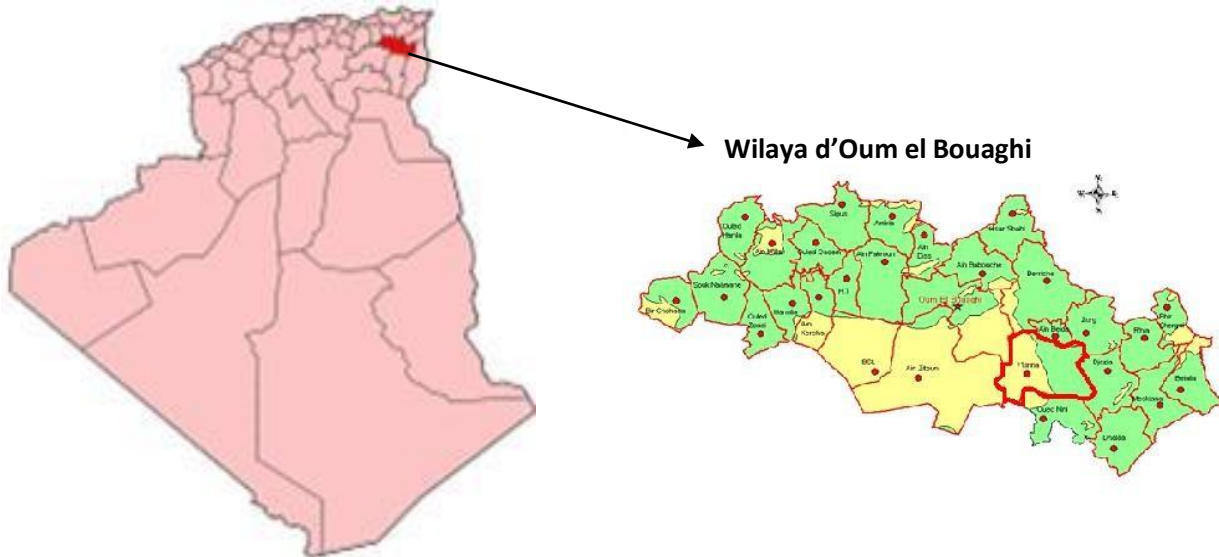


Figure 01 : Description de la zone d'étude

La wilaya d'Oum El Bouaghi est entourée au nord par les wilayas de Guelma et Constantine, à l'ouest les wilayas de Batna et de Mila, à l'est les wilayas de Souk Ahras et Tébessa et au sud la wilaya de Khenchela. (A1)



Figure 02 : les limites de la wilaya d'Oum el Bouaghi

Les communes de la wilaya d'Oum el bouaghi sont : Ain Babouche, Ain Beida, Ain Diss, Ain Fakroun, Ain Kercha, Ain M'lila, Ain Zitoun, Behir Chergui , Berriche , Bir Chouhada, Dhala, El Amiria, El Belala, El Djazia, El Fedjouz Boughrara Saoudi , El Harmilia , **Fkirina** , Hanchir Toumghani , Ksar Sbahi , Meskiana, Oued Nini , Ouled Gacem, Ouled Hamla , Ouled Zoual , Oum El Bouaghi , Rahia , Sigus , Souk Naamane , Zorg . (**POSK F, 2008**)

1. Présentation de la zone d'étude

F'kirina est une commune résultant d'un ancien centre colonial fut promue lors du découpage administratif de 1974 au rang de commune dépendant de la daïra de Ain Beida. En 1990, un nouveau découpage administratif intervient et élève F'kirina au rang de chef lieu de daïra regroupant les communes de F'kirina et de Oued Nini.

En plus du chef lieu la commune compte une agglomération secondaire qui est Ain Oum El Gmel et qui se situe au nord du territoire communal. (**PDAU, 2021**)

1.1.La situation géographique et administrative

La plaine de F'kirina est située à l'Est du pays, à la limite des hautes plaines constantinoises, des monts du Mellegue, des monts des Harectas et de ceux de Nememchas Sa superficie est de l'ordre de 650 km². (**EDRAF, 2018**). Elle se trouve entre les parallèles 35°49'42' N et 35°8'30"N et les méridiens 7 °0'18''E et 7° 5'6''E (**Figure 03**) (**DJOUDI, 2018**)

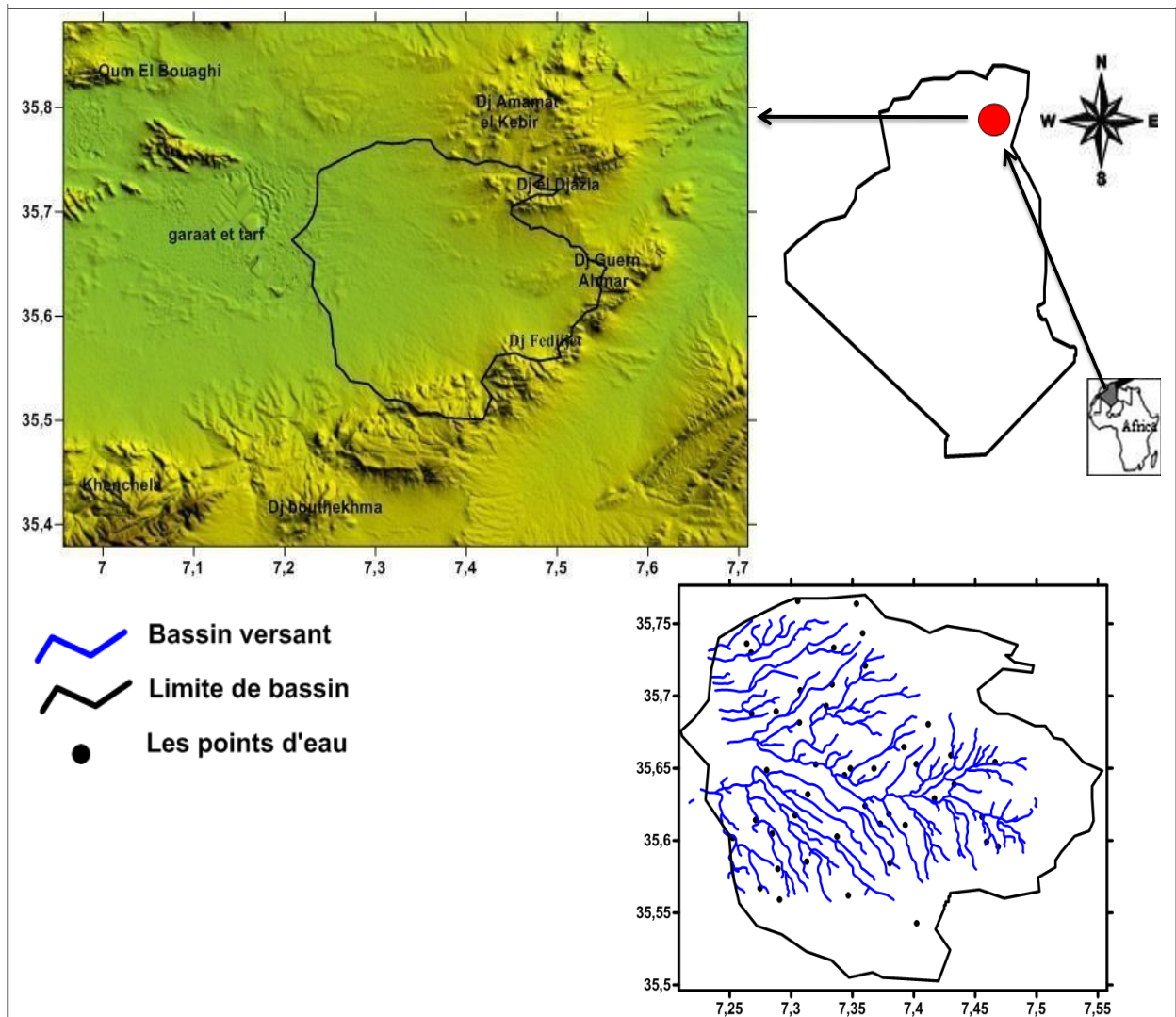


Figure 03: Situation géographique de la région d'étude. (DJOUDI, 2018)

Elle est limitée :

- Au Nord par djebel El Gala Kebira (1246 m), Djebel Ammamrat El Kebira (1203 m), et le djebel El Forne (1184).
- A l'Est par la Chaîne de Montagnes formée par Djebel Fedjoudj et Merzeklal.
- Au Sud par djebel Boutekhma (1291m), djebel fedj Amer (1259m), et le Djebel Bou Tebina (1226m).
- A l'Ouest par djebel El Medjifla (1174m), le Djebel Fedjidjet (1291m), et le Kef El Assa (1117m).
- A l'Ouest : une vaste zone plate limite des hautes plaines constantinoises et par la Garaet Et Tarf. (DJOUDI, 2018)

Administrativement, la région de F'kirina est limitée :

- Au Nord ouest par la commune de Berriche.
- Au Nord par la commune d'Ain Beida.
- Au Nord est par la commune de Zorg.
- A l'est par la commune d'el Djazia.
- Au Sud par la commune d'oued Nini.
- Au Sud Ouest par la wilaya de khenchela. **(POSF 05 ,2012) (Figure, 04)**

1.2.Le Cadre socio-économique.

Cette région est connue par sa grande activité agricole qui présente 79% de la superficie totale. L'agriculture est observée sur l'ensemble de la plaine, avec une très grande variété de cultures, céréalières et maraîchères. **(DJOUDI, 2018)**

C'est une zone agro-pastorale avec des disponibilités hydriques assez importante permettant le développement des cultures fourragères en irrigué et l'amélioration d'élevage bovin.

- Main d'œuvre qualifiée très insuffisante.
- Patrimoine foncier relevant domaine privée de l'état (EAC, CAEC...) sous exploité.
- Beaucoup d'infrastructures agricoles (bergie hanger...) demeurent sous exploitées.
- Potentiel édaphique et ressources hydriques très appréciables.
- Tendance au développe des irrigations d'appoint pour les céréales et les cultures fourragères.
- Développement de l'élevage bovin laitier.
- Amélioration du taux de mécanisation par l'acquisition de matériel agricole (T.P-M.B-M. aratoire) dans le cadre du F.ND.I.A **(DSA, 2021)**

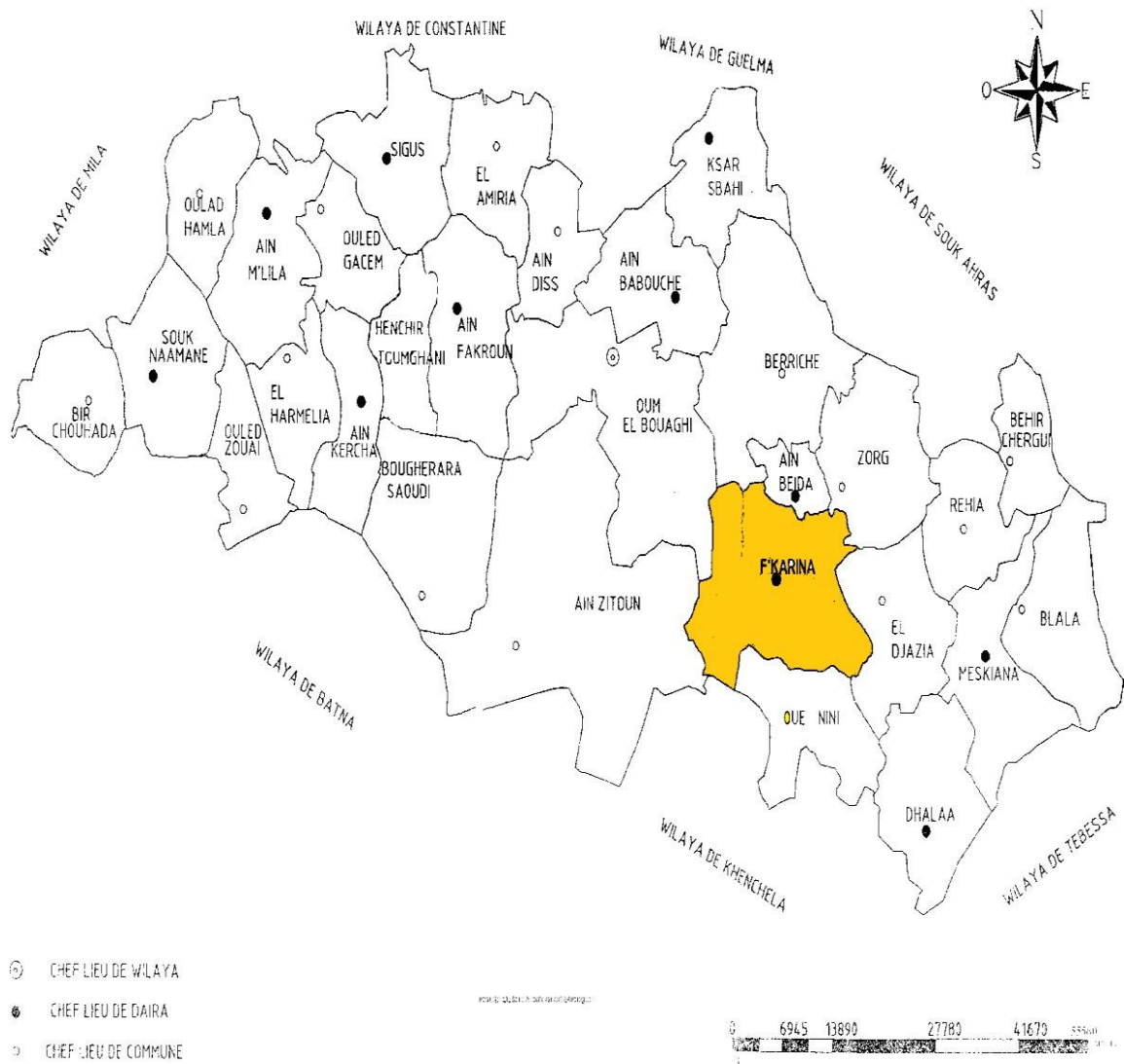


Figure 04: les limites administratives de la région d'étude

1.3.La Population

Selon l'estimation de la population et de l'habitat du 31/12/2010 la population au niveau du chef lieu est de 7536 habitants. (POSF 05, 2012)

La population qui se trouve sur la zone d'étude atteint 9885 habitants en 2020. (DRE, 2021)

1.3.1.Développement de la population

Tableau 01 : développement de la population de plaine de Fkirina

Les années	1998	2008	2011	2020
Nbr. de population	6253	7007	7536	9885

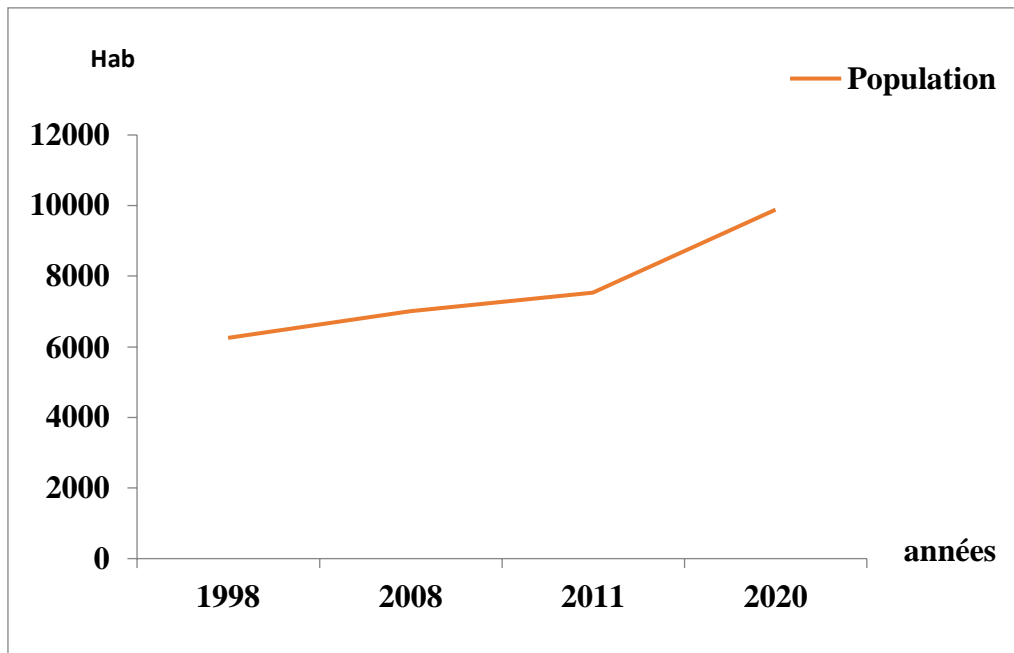


Figure 05 : nombre de population de F'kirina de la période (1998-2020)

La population augmente depuis l'année de 2011

1.4.Le cadre climatique

La région de F'kirina fait partie du domaine des hautes plaines qui a un climat rude, souvent semi aride ou méditerranéen steppique avec de fortes amplitudes annuelles, c'est-à-dire des étés chauds et secs souvent accentués par les vents du sud (25°C à 40°C) et des hivers froids (0°C à 4°C) en raison de l'altitude moyenne de 790m ainsi qu'une pluviométrie souvent irrégulière et insuffisante .

Le total pluviométrique varie d'une année à l'autre et le plus souvent, il est compris entre 400mm et 500mm. Les plus fortes précipitations sont enregistrées en hiver et au printemps. L'été est une région sèche et l'on a recours à l'irrigation pour certaines cultures.

Les vents dominants sont du nord vers le sud alors qu'en hiver, F'kirina reçoit les vents d'ouest et les vents du nord. En été la région subit le sirocco plus de 30 jours, généralement durant les mois de juillet et d'août. (PDAU, 2021)

1.6.Séismicité

Le territoire national est divisé en quatre zones de séismicité croissante (VF N° 06), selon les règles sismiques algériennes (RPA 99 version 2003) définies sur la carte des zones de séismicité et le tableau associé qui précise cette répartition par wilayas, soit :

- **Zone 0** : séismicité négligeable ; **Zone I** : séismicité faible ; **Zone II** : séismicité moyenne ; **Zone III** : séismicité élevée.

On constate que la zone de Fkirina fait partie de la **Zone I (zone à séismicité faible)**. Voir **Figure 7(EDRAF, 2018)**

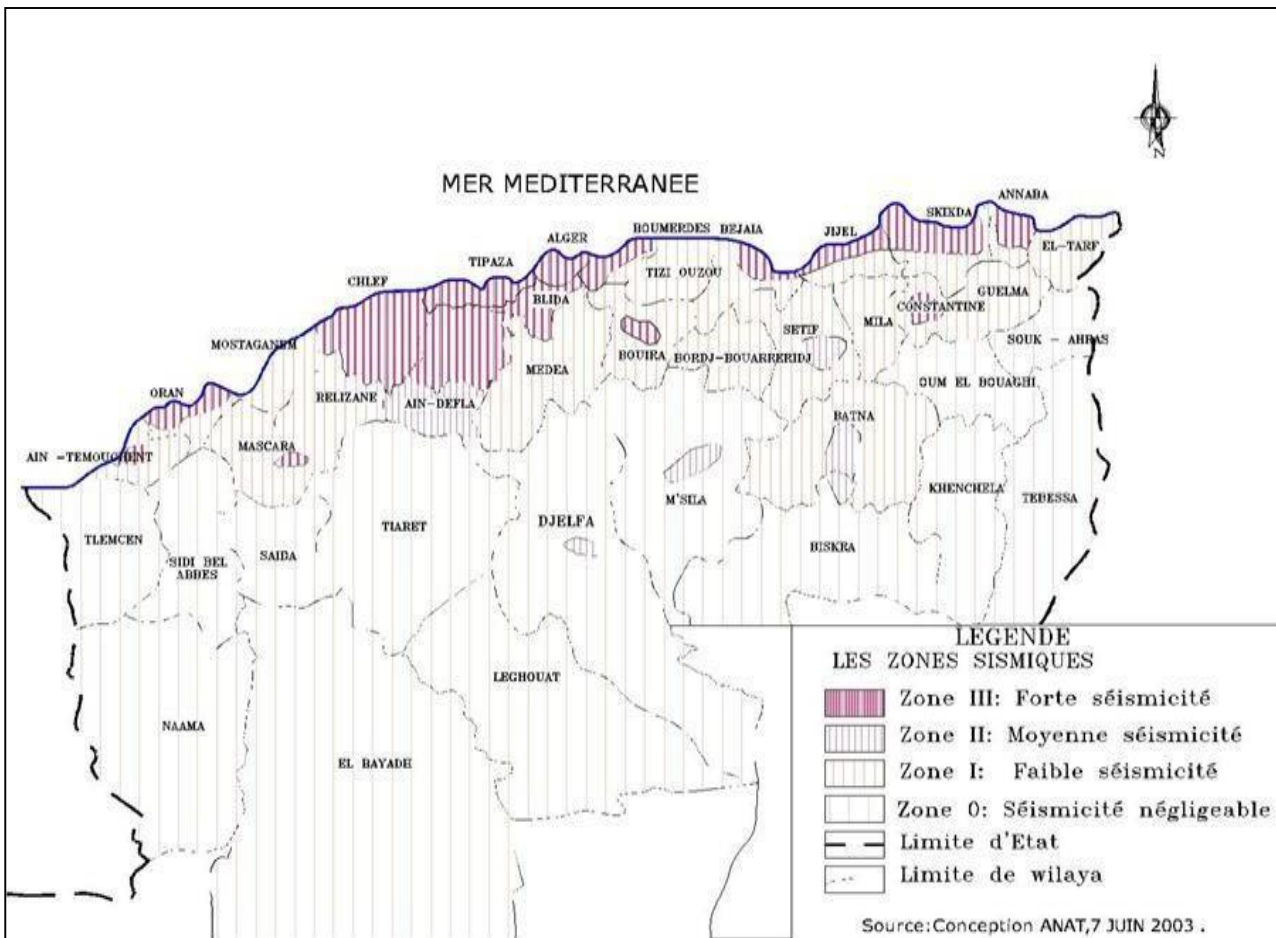
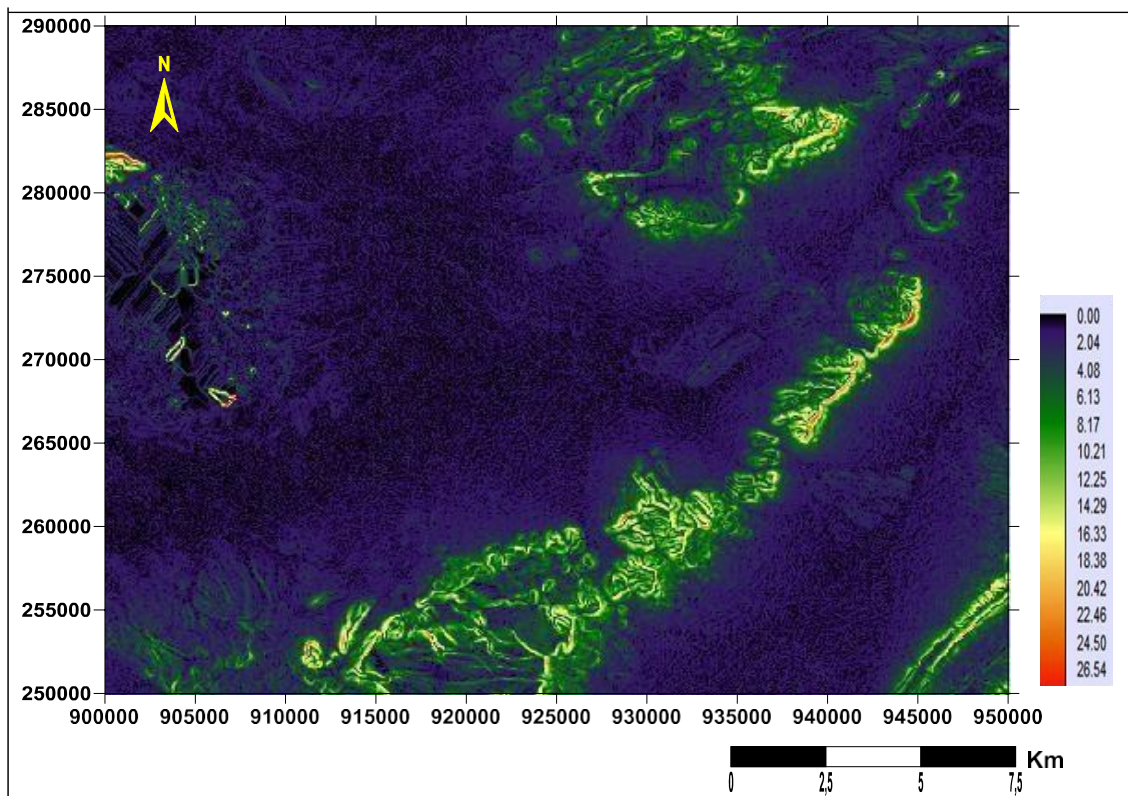


Figure 07 : Zones séismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie (EDRAF, 2018)

1.7. La topographie de la région

La topographie joue un rôle déterminant dans la conception du réseau. F'kirina se caractérise par son site plat sans aucun accident apparent avec des pentes faibles variant entre 1 et 2%. L'altitude moyenne est d'environ 850 (Figure 08).

La région de F'kirina est constituée de formation ci-après du bas vers le haut on constate une couverture de terrain constitué essentiellement de calcite intercalant, des couches plus minces, de marne dure et d'argile. (DJOUDI, 2018)



1.8. Occupation agricole du sol

La carte d'occupation agricole au sol, nous permet de constater que la commune est une région essentiellement céréalière extensive (blé dur, blé tendre, orge) malgré que la plaine de Fkirina semble favorable à l'agriculture intensive ou irriguée vu les potentialités hydrogéologiques importantes qui permettent certaines cultures intensives. (POSF 05 ,2012)

1.9. Couvert Végétal

La végétation ne trouve pas des conditions favorables pour sa croissance (**Figure 09**), la couverture végétale est xérophile (adaptée à l'aridité), l'arbre est absent, seules les plantes steppiques comme le Diss (*Ampelodesma mauritanica*). En revanche, les cultures de blé et de l'orge peuvent se faire sans irrigation sur ces vastes hauts plains. Les périmètres irrigués sont développés surtout dans la plaine de F'kirina et Remila. Tout autour de la Sebkhha subsiste une végétation herbacée composée essentiellement d'Armoise blanche et d'Atriplex (**DJOUDI, 2018**)

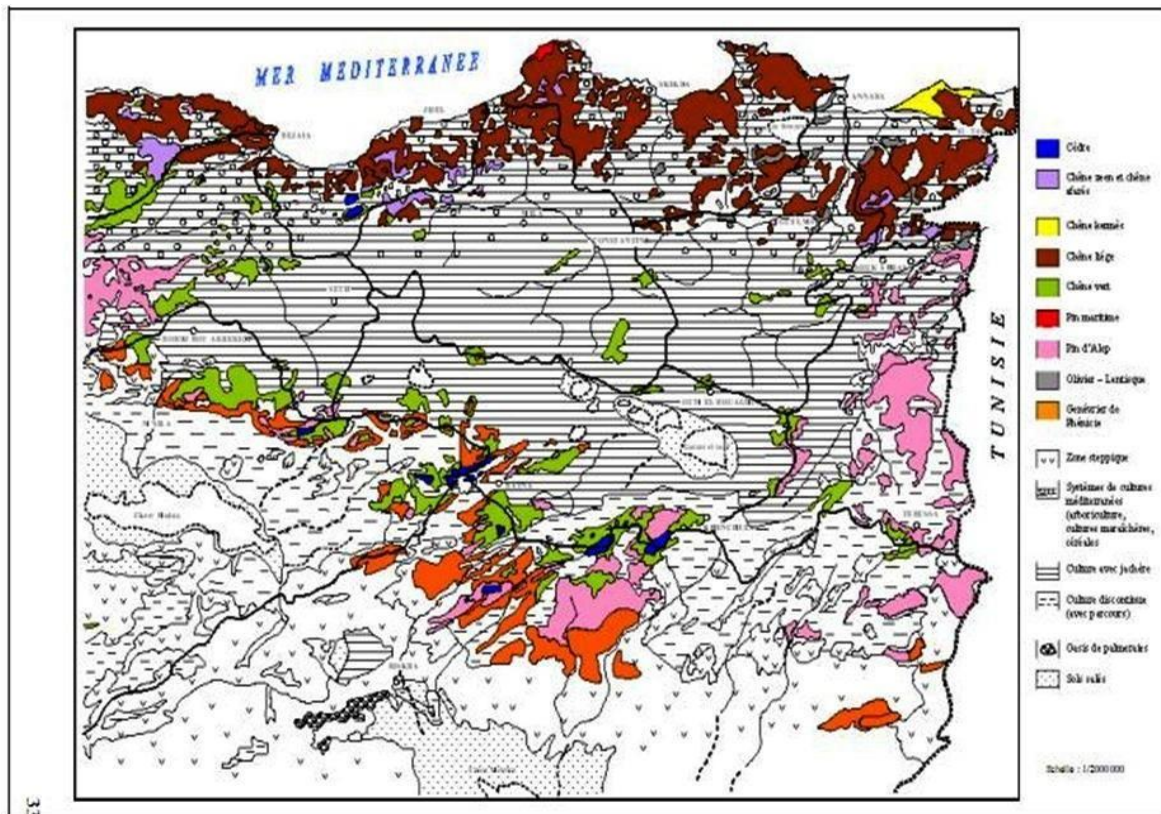


Figure 09 : Couverture végétale de l'est Algérien (DJOUDI, 2018)

(D'après carte internationale du tapis végétal au 1/1000 000 feuilles Tunis-Sfax et Alger, complétées par Mebarki ; 2005)

1.10. Facteur orographique de la région

Dans la région, il existe une multitude de montagnes qui bordent la plaine à l'est, au nord et au sud, leurs altitudes sont supérieures à 1000 m. Parmi ces montagnes, les plus importantes sont :

- Djebel Guern Ahmar (1200m).
- Djebel Fedjijet (1291m).
- Djebel Boutekhma (1349m).
- Djebel Djazia (1192m).
- Djebel Bardo (1110m).
- Djebel el Gala (1200m)
- Djebel el Zorge (1129m).

A partir de ces massifs de nombreux cours d'eaux temporaires donnent naissance; et forment le réseau hydrographique. D'une façon générale l'écoulement se fait de l'est vers l'ouest, en direction de la sebkha de Garaet Et Tarf. Les trois oueds temporaires les plus importants sont :

- Oued Nini.
- Oued oulmene.
- Oued Isfer. (EDRAF, 2018)

1.11. Relief

Les terrains plats dont les pentes ne dépassent pas les 3 à 5 % occupent plus de 70% du territoire de la subdivision. (DSA, 2021)

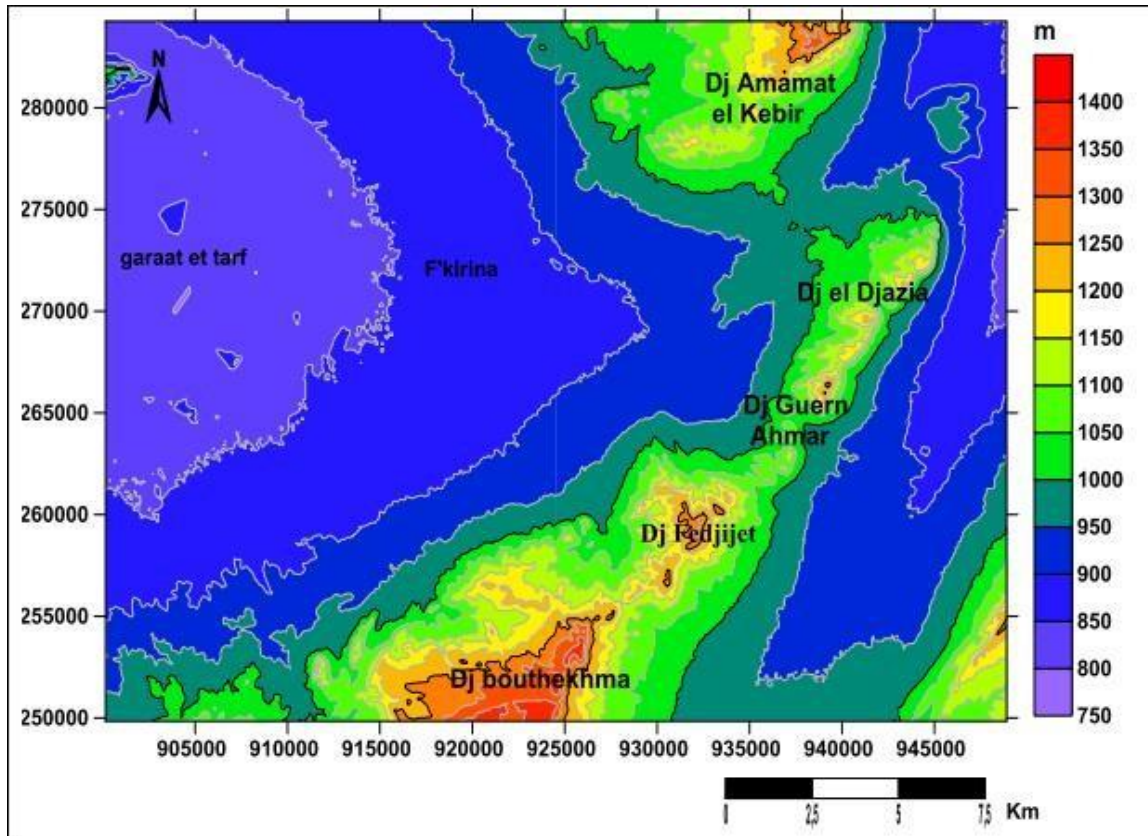


Figure 10 : La carte hypsométrique de la zone d'étude (DJOUDI, 2018)

1.12. Structure et tectonique

Les différentes unités structurales en présence sont la résultante de deux importantes phases orogéniques tertiaire ayant engendré les structures et reliefs actuels. Il s'agit de la phase atlasique d'âge fini Lutétien intra Priabonien et de la phase Alpine Miocène, de type tangentiel.

Ces deux tectogenèses génératrices de tectoniques souple et cassante, ont donné naissance aux différentes formes structurales: Failles de direction générale nord-est, sud-ouest, en passant par les grands plissements, synclinaux et anticlinaux. Les formations Plio-Quaternaire sont le siège d'une néotectonique caractérisée par d'importants mouvements verticaux et des compressions modérées.

La direction majeure de la région est SW-NE (direction des plis de l'Aurès), elle est due aux plissements anté-miocène. Le Miocène est discordant sur les terrains antérieurs. Dès cette époque ont débuté les montées diapiriques du Trias. Disloquant surtout les calcaires récifaux du Crétacé inférieur, celles-ci ont ouvert la voie aux venues minéralisatrices.

Quelques mouvement se sont produits pendant le dépôt du miocène, d'autres, plus importants et postérieurs, ont provoqué des plissements orthogonaux à la direction ancienne des failles et fractures orientées NW-SE.

Les principales unités tectoniques sont les suivantes :

- L'anticlinorium du massif d'Ain Beida;
- Le prolongement NW du grand anticlinal de Khenchela. Celui-ci, après s'être ennoyé sous la plaine de F'Kirina, réapparaît vers le NW et est matérialisé par la structure anticlinale de Argoub Zitoun jalonnée par des pointements Triasiques.
- L'anticlinal de la Meskiana.

Entre eux s'intercalent les synclinaux, tel que le synclinal perché de Mzaara. (EDRAF, 2018)

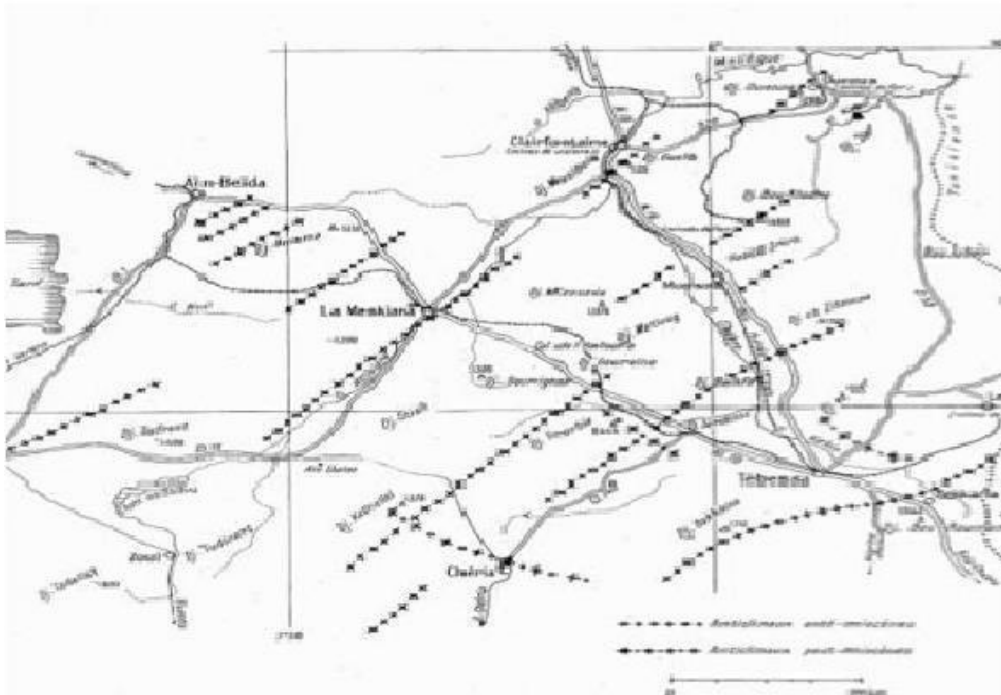


Figure 11: Carte Structurale et tectonique de la région d'étude (EDRAF, 2018).

1.13.L'hydrographie

La région de Fkirina est drainée par deux importants cours d'eau au nord-est de la commune, il s'agit d'Oued Isfer et oued Oulmen dont l'écoulement est endoréique. En plus de ces importants oueds, on note une multitude de chéneaux et de ruisseaux s'écoulant des principaux reliefs et traversant la commune dans toutes les directions.

Ces ruisseaux convergent vers la plaine, et dépendent surtout des conditions climatiques donc, secs pendant presque toute l'année et n'entrent en action que lors des pluies torrentielles d'été et hivernales. (PDAU, 2021)

1.14. Hydrogéologie

Selon les conditions lithologiques, tectoniques, l'étude géophysique, et hydrogéologiques on peut déduire :

- ✓ Qu'il existe une continuité latérale au niveau de la nappe du pli quaternaire, et que la nappe des calcaires du Maestrichtien supérieur présente une discontinuité locale qui est dictée par la présence large zone d'érosion qui sépare la nappe en deux.
- ✓ Dans l'ensemble la nappe du pli quaternaire est captive mais il existe une large bande de direction N S où la nappe devient libre.
- ✓ La nappe du pli quaternaire se situe dans les dépressions du toit des calcaires (dues aux plissements et aux ondulations de celui-ci), ou dans les zones d'érosion.
- ✓ Il existe une liaison hydraulique directe entre les deux nappes.
- ✓ La nappe du pli quaternaire présente une hétérogénéité latérale et verticale. (EDRAF, 2018).

1.15. Cadre hydraulique

La région de Fkirina ne contient pas des puits alimentés par les forages.

Le tableau ci- dessous explique les Forages de Fkirina :

Tableau 02 : Localisation et caractéristiques des ressources en eau de plaine de Fkirina

N°	Forage	longitude	latitude	hauteur	Lieu de Forage	Débit
01	J40	920.600	276.100	881	Mzaara lkahla	09
02	G42	921.300	275.400	885	Mzaara lkahla	03
03	I38	918.150	276.600	874	Mdarag Naro	05
04	I33	915.200	280.700	872	Rmadiat anom	05

05	H41	918.100	273.200	860	Fkirina centre	03
06	F45BIS	915.300	269.200	852	lagçaya	05
07	J49	924.800	270.700	887	Hanchir aldjazia	2.5
08	F5	929.800	271.600	913	Hanchir lahmam	03
09	OL2	928.100	283.700	1020	olman	07
10	IJ34	916.000	280.000	875	Argob Issa	03
11	C29	912.000	269.000	860	Ain massous	2.75
12	H47	921.500	268.400	870	Safel Nini	10
13	AB4	35.754276	°7.427619	834	Olman	05
14	H48				Mdarag Naro 2	02
15	I40				Mzaara lkahla	15

(DRE, 2021)

1.16.Assainissement

D'une manière générale, la commune dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire, le taux de branchement est d'environ 90%. Les rejets des eaux usées se font directement vers L'oued nini. Pour les rejets solides et d'ordure, la commune dispose d'une superficie de 500m² malheureusement cette décharge n'est pas contrôlée. (PDAU, 2021)

1.17.Appréciation géotechnique

La localité de f'kirina et ses environs immédiats ont fait l'objet d'une reconnaissance et d'une analyse des documents mis à notre disposition afin de distinguer les différents terrains qui les constituent et les conditions de leur utilisation pour l'urbanisation. Nous distinguons ainsi trois types de terrains :

- A. La croute calcaire : elle forme les terrains les plus élevés, constituée d'alluvions anciennes encroutées et consolidées sur une mince épaisseur, elle présente un bon sol pour les constructions mêmes verticales.
- B. Le quaternaire indéterminé : situés en aval des précédents, ces terrains sont constitués de limons sombres et d'alluvions anciennes. C'est un sol favorable pour des constructions horizontales.
- C. Inondable : ce sont les terrains les plus bas du chef lieu. (POSF 05,2012)

1.18. Conclusion

La commune de F'kirina caractérisé par une morphologie à faible altitude, et par un couvert végétal maigre qui est le résultat du climat semi-aride de la région, la faible pluviométrie et aussi la forte salinité des eaux de la plaine.

Chapitre 2

Etude géologique

Introduction

Toute étude hydrogéologique doit obligatoirement passer par une étude géologique elle permet de définir les formations et les structures susceptibles de constituer des réservoirs, et d'estimer leurs importances et capacités. (DJOUDI, 2018). La géologie est un moyen d'investigation, parce qu'elle permet la prévision. Des formations susceptibles d'être aquifères et de suivre leurs évolutions dans l'espace du terrain d'étude.

L'étude géologique s'intéresse aux roches et aux matériaux dérivés qui composent les couches souterraines de bassin de F'kirina, La lithologie joue aussi un rôle très important sur le ruissellement, l'infiltration, l'érosion et le transport solide. Les matériaux géologiques se distinguent en formations meubles (sables, argiles, marnes), ou en formations consolidées (grés, calcaires, dolomies). (OUANES, 2012)

Dans ce chapitre on donnera un aperçu sur l'étude géologique générale de la région de F'kirina.

1. Description stratigraphique et lithologique

1.1.Le Secondaire

Le Secondaire de cette région comprend des formations allant du Trias au crétacé supérieur. (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018 ; OUANES, 2020)

1.1.1.Le Trias

Dans la zone d'étude, les formations triasiques sont représentées de façon très discontinue. Quelques affleurements du Trias ont été observés dans les zones Nord-est et Sud-ouest d'Ain Delâa et de F'kirina. Dans les deux cas, ces affleurements sont très réduits et constituent vers le Nord-est leurs prolongements vers le Nord-est sont représentés par Djebel El Kourma et Knif, (Nord de Khenchela). Le matériel triasique rencontré en ces différents points présente régulièrement la même composition lithologique, faite d'argiles versicolores représentées par des dolomies sombres, rubanées et crypto cristallines, des cargneules finement gréseuses et des grés. (EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009 ; OUANES, 2020)

Il est formé de pointements diapiriques jalonnant les accidents tectoniques c'est-à-dire qu'il est en position anormal.

Les quelques pointements de Trias sont formés de :

- roches argileuses et marneuses, rouges lie de vin, grises et vertes, avec un peu de gypse,
- cristaux de quartz bipyramidaux,
- cargneules.

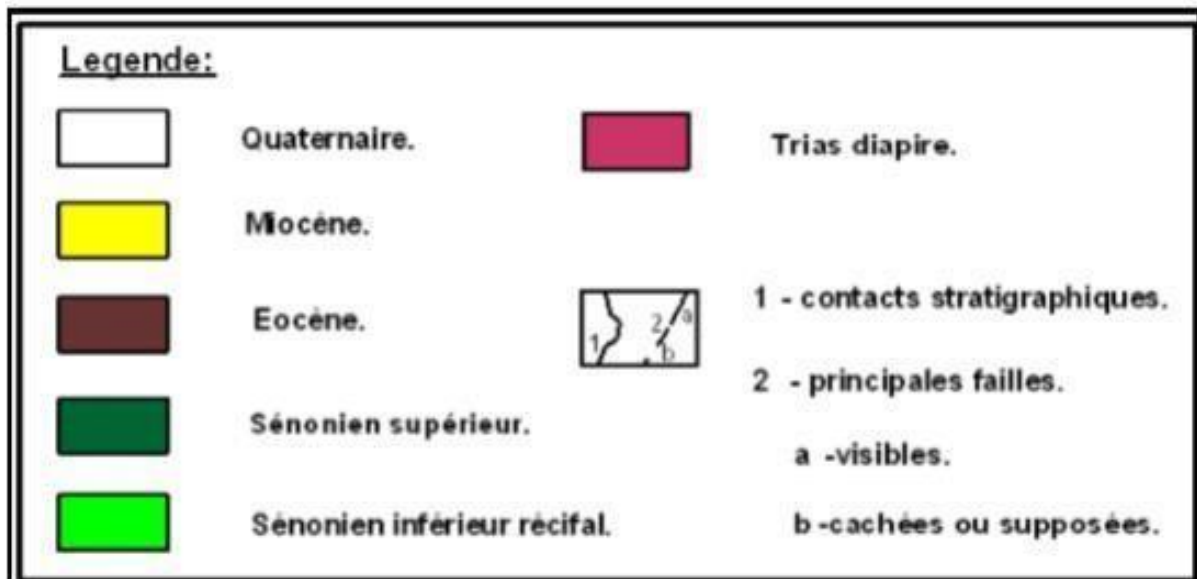
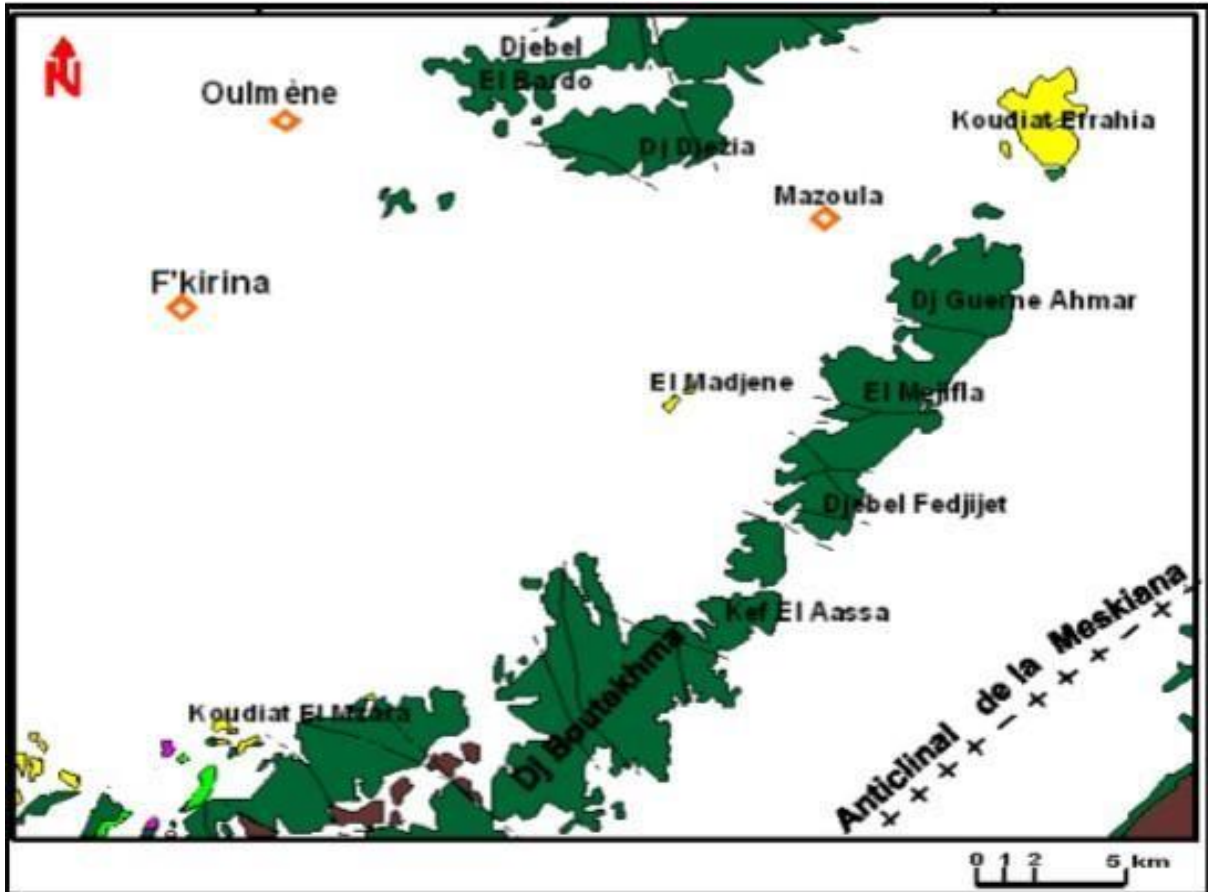


Figure 12 : Cartes géologiques de la région de Fkirina (EDRAF, 2018)

1.1.2. Le Jurassique

Aucun affleurement du jurassique n'apparaît dans la zone d'étude. (OUANES, 2020 ; YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018)

1.1.3. Le Crétacé Basal

(Berriasien à Hauterivien) : Le crétacé basal se retrouve rarement à l'affleurement. (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018 ; DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

1.1.4. Le Barrémien et L'Aptien

Ce crétacé inférieur a été reconnu :

- Dans l'axe Bou-Arif - Fedjoudj - Et-Tarf.
- Dans la région de Khenchela (Djebel Pharaoun).
- A la limite Est de la feuille d'Ain Beida (Koudiat El Hadjel).

Le Barrémien sup. : Il est composé de marnes grises noires schisteuses et de grès blanc, fins argilo- carbonatés à tendance quartzreuse. Son épaisseur est d'environ 80 m.

L'Aptien inf. : Il est représenté par des marnes gris noir à intercalations de marno calcaires gris. Son épaisseur est de 100 m.

L'Aptien sup. : Il est formé de micrites et de bio-sparites et d'alternance de marno calcaires, l'épaisseur atteint environ 300 m. (EDRAF, 2018 ; OUANES, 2020 ; YOUNSSI, 2009)

1.1.5. L'Albien

Représenté par des marnes, des grès ferrugineux et des biosparites.

1.1.5.1. L'Albien sup. à Cénomaniens inf

Composé par des marnes et des bio micrites grises. (OUANES, 2020 ; EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009 ; DJOUDI, 2018)

1.1.6. Cénomaniens sup.

Il affleure dans la marge septentrionale de la feuille d'Ain Beida. Ce sont des marnes écrasées par la fracturation et des filons de calcite. (EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009 ; DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

1.1.7 Turonien

Représenté par des marno-calcaires avec des calcaires en plaquette à la base. (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018)

Il est représenté par uniformément dans toute la zone montagneuse par un épais niveau de 200 à 300 m d'épaisseur. Composé de calcaire cristallin de calcaire marneux et de calcaire dolomitique. Le turonien inférieur est représenté par des calcaires lités alternant avec des marnes d'épaisseurs variables. Le turonien est formé de marnes noduleuses. (OUANES, 2020)

Il affleure lui aussi dans la marge septentrionale de la feuille d'Ain Beida où il est fortement fracturé. (DJOUDI, 2018)

1.1.8.Sénonien

Du fait de l'importance de l'érosion antérieure au dépôt du Miocène marin, le Sénonien affleure de façon très irrégulière, il est très épais et atteint les 1200m à 2000m. La partie supérieure de l'étage, formée régulièrement de calcaires massifs, donne des crêtes continues formant un des éléments caractéristiques de l'orographie de l'ensemble de la région. Les séries Sénoniennes rencontrées, sont essentiellement marno-calcaires et souvent très fossilifères. Vers le Nord-est de Khenchela, elles montrent une nette variation de faciès qui se poursuit jusqu'au Djebel El Bardo sous forme de calcaires bréchiques, récifaux et bioclastiques. (EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009 ; DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

Le sénonien inférieur est représenté par des épaisseurs importantes de dépôts marneux. (OUANES, 2012)

1.1.8.1.Coniacien

Alternances de marnes grises et de calcaires noduleux beiges ou ocre contenant parfois des grains de quartz; l'épaisseur de ce dernier est de centaine de mètres. (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018 ; DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

1.1.8.2. Santonien

Dans l'angle nord-est de la feuille, le Santonien affleure dans quelques ravins au Sud de la Koudiat en Naga.s'agit de marnes sombres grises ou gris noirâtre, légèrement gypseuses (cristaux). (DJOUDI, 2018)

Alternances de calcaires noduleux et de marnes grises l'épaisseur est de l'ordre de 100 à 150 mètres. (OUANES, 2020 ; E.D.R.A.F, 2018 ; YOUNSSI, 2009)

1.1.8.3.Campanien

le Campanien est constitué à la base par une barre de calcaires de 75 à 90 m. d'épaisseur surmontée par des marnes grises ou beige et des alternances de marne et de marno-calcaires 60 m. (EDRAF,2018 ; YOUNSSI,2009 ; DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

1.1.8.4.Maestrichtien

1.1.8.4.1Le Maestrichtien Inferieur à dominante marneuse

Il s'agit de 40 m environ de marnes grises- beiges, suivis d'une alternance de marnes beiges et de bio micrites argileuses ocre

1.1.8.4.2.Le Maestrichtien Supérieur calcaire

Ses niveaux déterminent la ligne principale des reliefs, ils sont représentés par :

Des biomicrosparites grises, noduleuses, phosphatées et gluconieuses à passage marneuses à la base, alors qu'au sommet ce sont des bio micrites gris blanchâtres, massives (cassure blanchâtre) à passées noduleuses et à rognons de silex, la puissance de cet ensemble est de 120 m.

Une diminution de la puissance du Maestrichtien supérieur du sud vers le Nord est à signaler. La séquence inférieure du Maestrichtien à marnes et bio micrites argileuses est régulièrement homogène, sa partie supérieure, du sud au nord, change de faciès, les biomicrosparites péri récifales, massives, passent rapidement dans la région d'Ain Delâa et de La Meskiana à des micrites crayeuses, au Dj. Taffrent (F'kirina), le toit du Maestrichtien est souligné par une surface ferrugineuse. (DJOUDI, 2018)

1.2.Le Tertiaire

1.2.1.L'Eocène

La répartition de l'Eocène est irrégulière au sud (secteur d'étude) où de rares témoins subsistent à la suite des érosions successives. Il a été reconnu sur les flancs Est et Ouest du vaste anticlinal de la Meskiana, à Garaet Said et au Djebel Taffrent où il affleure à la faveur de larges replis synclinaux. Il s'agit des termes inférieurs de l'Eocène qui ne montent pas plus

haut que l'Yprésien supérieur (du fait de l'érosion) et qui présentent une séquence marneuse et une séquence carbonatée séparées par une discordance légèrement gréseuse.

La série inférieure de l'Eocène qui paraît la plus complète se situe à 1 Km au sud de la localité d'Ain Dalaa. Ainsi, au dessus du toit raviné du Maestrichtien supérieur, viennent en concordance :

- 70 m de marnes grises verdâtres à la base.
- Une alternance de marnes gris beiges et de biomicrites finement gréseuses, beige et noduleuses.
- 80 m d'une alternance de micrites gris blanchâtres à nodules phosphatés et de biomicrites, blanchâtres souvent noduleuses à grains de phosphates à nombreux rognons de silex.

On signale l'absence de l'oligocène (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018)

1.2.1.1. Lutétien inférieur et supérieur – yprésien et thanétien

Il est représenté par des calcaires alternant avec des marno-calcaires. Les roches sont bitumineuses, elles contiennent des silex, des petits nodules phosphatés et vers le sommet, des nummulites. (OUENESS, 2012)

1.2.2. Le Miocène

Les affleurements du Miocène sont de dimensions réduites et se répartissent dans la partie Nord de la plaine. Donc c'est une Série composée par un ensemble marno calcaire en haut, un ensemble de calcaires épais au centre de la série, et une série de stratification d'argile, calcaire, grès, (DJOUDI, 2018 ; OUANES, 2020)

Il est constitué de quatre faciès différents :

• L'Aquitano-burdigalien

Correspondant à la base du Miocène, il est discordant sur le Crétacé et est composé de conglomérats rouges dont l'épaisseur ne dépasse pas les 80 mètres.

• Le Langhien- Serravalien

Peu épais, environ 40 mètres, et discordant, il est composé par des marnes, des biomicrites et des grès blancs.

• Le Tortonien Gréseux

(Discordant sur des terrains allant du Sénonien à l'Albien). Composé de grès blancs grossiers en bancs avec rares intercalations argileuses. Cette formation à une puissance d'environ 300 mètres.

• Le Tortonien Supérieur Continental

Environ 150 mètres d'épaisseur, il est représenté par des argiles silteuses de couleur beige et rouge et par des grès (YOUNSSI, 2009 ; E.D.R.A.F, 2018)

1.2.3 .PLIOCENE

Dépôts continentaux détritiques sable. Conglomérats, marnes et argiles rougeâtres. (OUANES, 2020)

1.3.Le Quaternaire

Il couvre la quasi-totalité de la plaine et est présenté par :

- **Les éboulis à blocs** : ne sont alimentés que par les corniches calcaires du Maestrichtien supérieur ; (DJOUDI, 2018)
- **Les alluvions actuelles ou récentes** : il s'agit de limons gris et des graviers, ces alluvions ont une extension limitée aux vallées de l'Oued Nini à l'Ouest et surtout de l'Oued Meskiana à l'extrême Sud-est de la région d'étude ; (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018)
- **Les sols salés de Sebkha** : ils ont une extension de quelques hectares et ils sont observables au milieu de la vallée de l'Oued Meskiana ; (EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009; DJOUDI, 2018)
- **Les terres arables et les alluvions anciennes** La moitié occidentale de la feuille est recouverte de limons sombres dans toutes les zones basses. Ils correspondent à des alluvions anciennes a morphologie très plate, sur lesquelles se sont installés des sols Bruns qui permettent des cultures au rendement plus efficace que sur les glacis steppiques0 ; (DJOUDI, 2018)
- **Les glacis polygéniques** : Ces glacis couvrent de très vastes surfaces, leur organisation en pente douce, sont tout à fait caractéristique, ils ravinent le cycle antérieur des glacis, caractérisées par des croûtes massives. Il s'agit d'un nappage complexe à débris bien calibrés, parfois légèrement en croûtes, l'aspect est celui de croûtes calcaires rosâtres feuilletées ; (YOUNSSI, 2009 ; EDRAF, 2018)

- **Les croûtes calcaires** : Ces formations sont perchées au-dessus des glaciais polygéniques. Leur aspect est celui de croûtes massives blanches, entaillées et karstifiées qui forment des surfaces taraudées, et des dépressions de formes variées. Le réseau hydrographique quaternaire a été influencé de façon considérable par les mouvements tectoniques du Miocène et Pliocène. (EDRAF, 2018 ; YOUNSSI, 2009 ; DJOUDI, 2018)

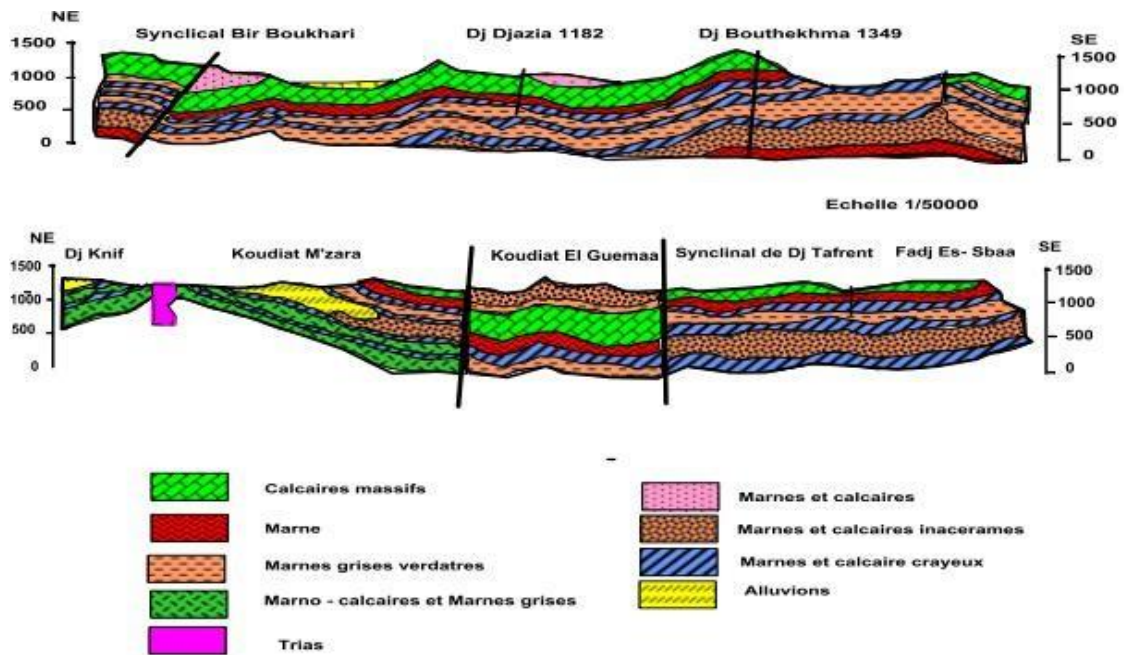
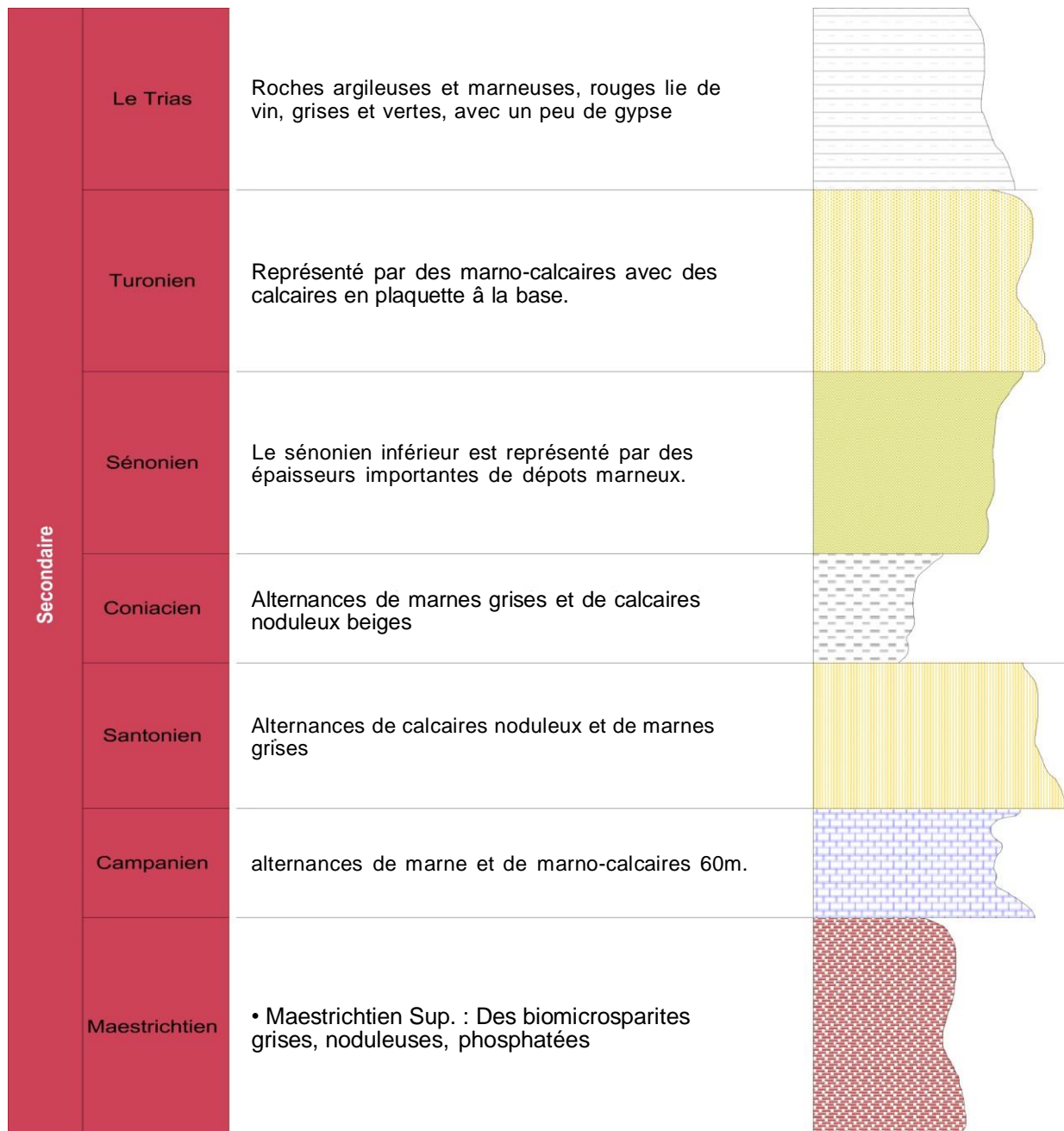


Figure 13 : Les coupes géologiques (DJOUDI, 2018)



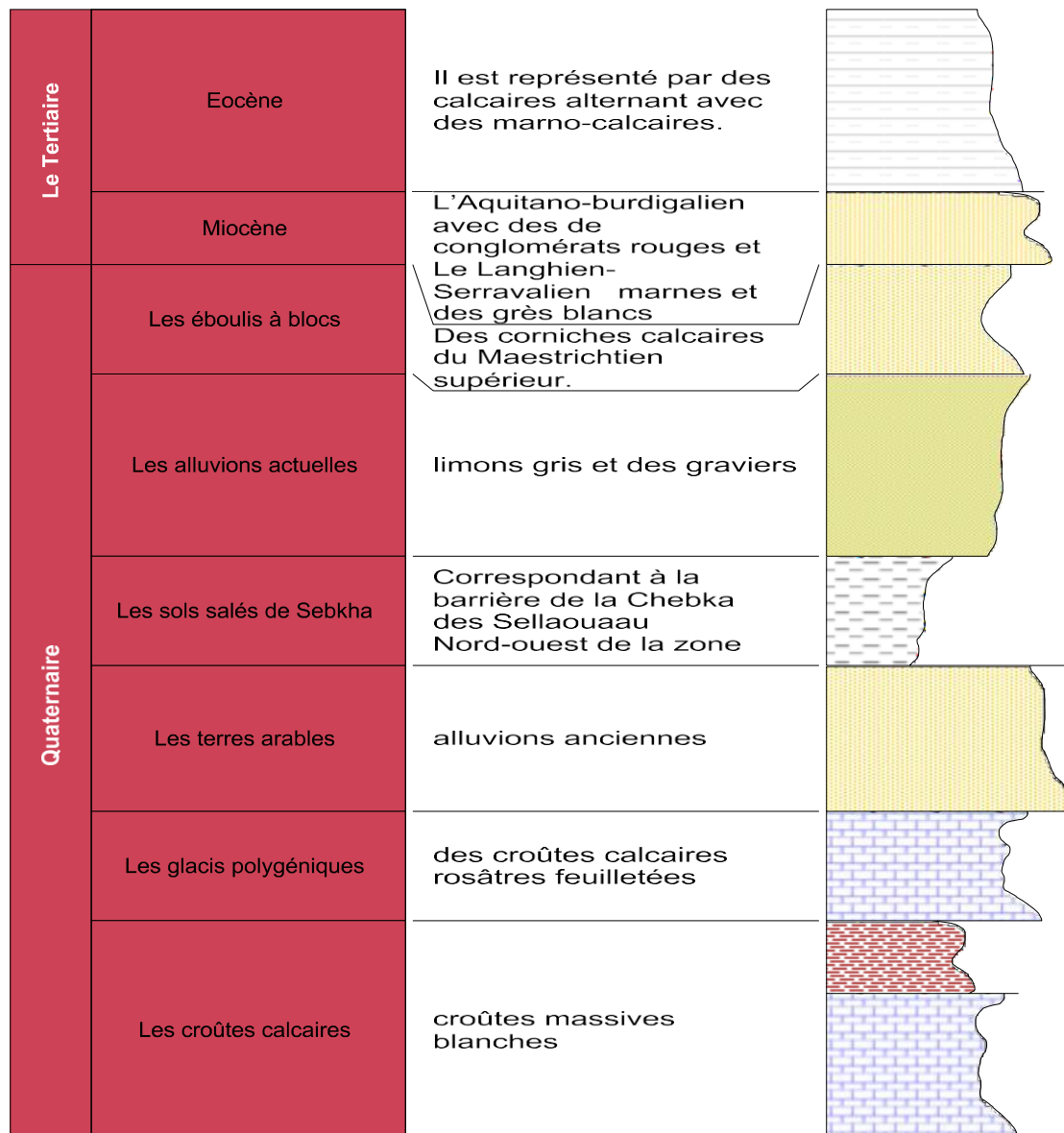


Figure 14 : Log litho stratigraphique Synthétique (DJOUDI, 2018)

Conclusion

La plaine de Fkirina est caractérisée par une géologie complexe et qualifiée de grande tectonique.

L'étude géologique de la plaine, basée sur la description géologique de la région a mis en évidence l'existence de trois structures d'importance hydrogéologique :

Un substratum marneux du Maestrichtien inférieur observé au djebel Boutekhma dans la partie sud de la plaine.

Un ensemble appartenant au Crétacé et au Miocène caractérisé par des calcaires maestrichtiens, affleurent près des djebels (El Bardo, Djezia, Fedjidjet, Boutakhma, et Koudiat El Mzara.). Cet ensemble est d'un intérêt hydrogéologique important, car ces formations carbonatées peuvent former des karsts et emmagasiner de grandes quantités d'eaux. Il serait le siège d'une nappe profonde.

Un bassin comblé d'une sédimentation hétérogène, notamment alluvionnaire, constitue le Quaternaire, avec une épaisseur de dizaines de mètres.

La perméabilité est acceptable, permettant de stocker de l'eau, et suscitant un intérêt hydrogéologique, pour une éventuelle exploitation de cette nappe superficielle.

Les formations perméables :

- Les calcaires Maestrichtien.
- Les calcaires Eocène.
- Les formations gréseuses du Miocène.
- Les formations Quaternaire qui s'étendent sur la totalité de la plaine.
- Les lignes de sources apparaissent en bordure du contact calcaire du Maestrichtien supérieur et marnes du Maestrichtien inférieur.

Les formations imperméables :

- Les marnes Coniaciennes.
- Les marnes campaniennes.
- Les marnes du Maestrichtien inférieur.
- Les intercalations marneuses de l'horizon marin du Miocène

chapitre 3
Etude Hydroclimatologique

Introduction

Le cycle souterrain de l'eau et le climat sont étroitement liés. L'évolution du climat à une influence déterminante sur la variation de l'ensemble des réserves et les fluctuations des nappes d'eau souterraines qui s'alimentent par infiltration directe et se décharge par évaporation au cours de la saison en pays aride et semi-aride. Le climat intervient par sa composition hydrique (pluviométrie), qui régit fortement le régime des eaux souterraines et superficielles. (SEKKIOU, 2020)

Le climat algérien est un climat de transition. Il varie du type méditerranéen dans le nord au type désertique dans le Sahara. Du fait de son appartenance géographique et bioclimatologique à la zone aride et semi-aride. (ANAT, 1992 in BERKANI, 2017)

L'Algérie du nord est soumise à des conditions hydro climatiques défavorables, caractérisées par des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes et une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements (ANAT, 1992 in BERKANI, 2017)

Pour cette étude, les séries des données d'une période de (2017-avril 2021) qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été collectées auprès de la station pluviométrique d'Oum El Bouaghi, dont Les coordonnées géographiques sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° 03 : les coordonnées géographiques de la station d'Oum El Bouaghi

Station	Altitude	Latitude	Longitude
Oum El Bouaghi	950m	35°N	7°E

1. Les facteurs climatiques

1.1.La Précipitation

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels. (BOEGLIN, 2006 in CHIBANI, 2009)

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat. (LE HOUEROU *et al*, 1977 in HASSAD, 2018))

Selon Seltzer (1946), l'origine des pluies en Algérie est plutôt orographique. En effet, les précipitations varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagne et de l'exposition. De ce fait, les versants Nord et Nord-Ouest reçoivent plus de précipitations que les autres expositions. Ainsi les quantités de pluies Augmentent de bas en haut, selon un gradient pluviométrique altitudinal. (HASSAD, 2018)

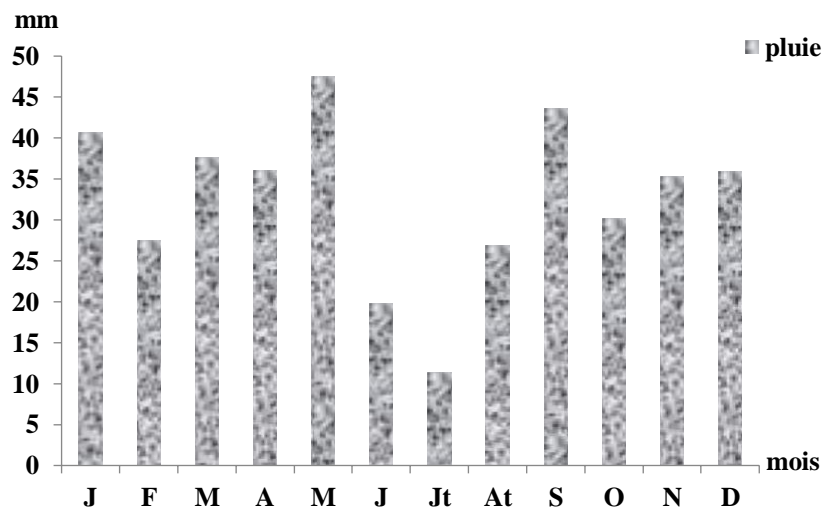


Figure 15 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (1995-2020)

L'histogramme des précipitations mensuelles montre que mai est le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 47.49mm, tandis que juillet est le mois le plus sec avec une moyenne mensuelle de 11.36mm. Les précipitations moyennes mensuelles de la période (1995- 2020) sont de 392.35 mm.

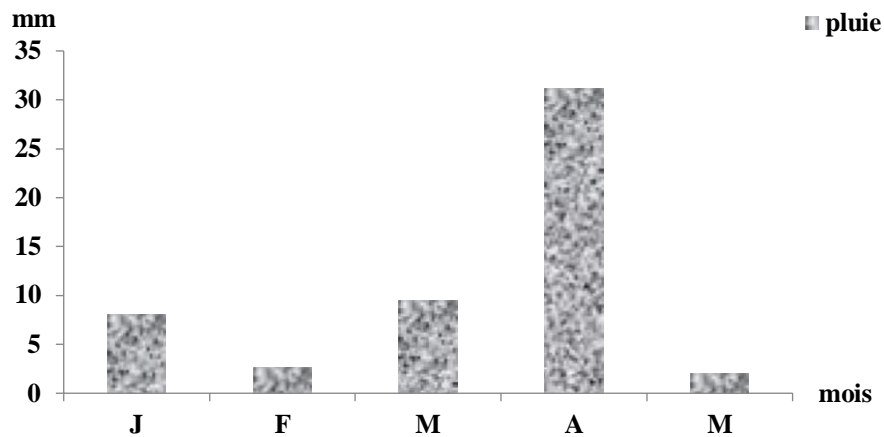


Figure 16: Diagramme des précipitations moyennes mensuelles des quatre premiers mois de l'année 2021

L'histogramme des précipitations mensuelles de la période de quatre premiers mois de l'année 2021 montre que avril est le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 31.2 mm, tandis que mai est le mois le plus sec avec une moyenne mensuelle de 2mm.

1.2. La température

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique. (DJOUDI, 2018)

La température est un facteur qui varie dans le temps et dans l'espace. L'effet de cette variation est marqué au niveau de l'amplitude thermique et aussi au niveau des températures minimales et même maximales. (BNEDER, 2011 in LAKHDARIS, 2012)

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface. La température est le facteur cinétique le plus important de toutes les réactions chimiques et biologiques dans les milieux aquatiques. (MEKAOUSSI, 2014)

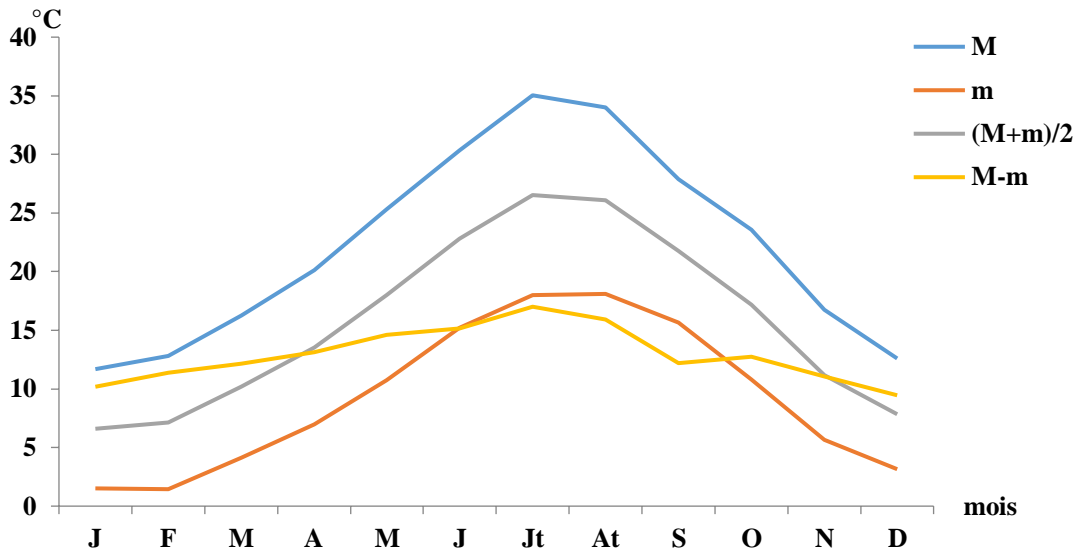


Figure 17: Répartition mensuelle des moyennes de températures de la période (1995-2020)

Contrairement aux précipitations, les saisons thermiques semblent bien tranchées (figure 19), La saison chaude est l'Été avec une moyenne de 25.36°C, alors que la saison froide est l'hiver avec une moyenne de 7.07°C, Le maximum de température est atteint en Juillet, alors que le minimum se situe en Janvier.

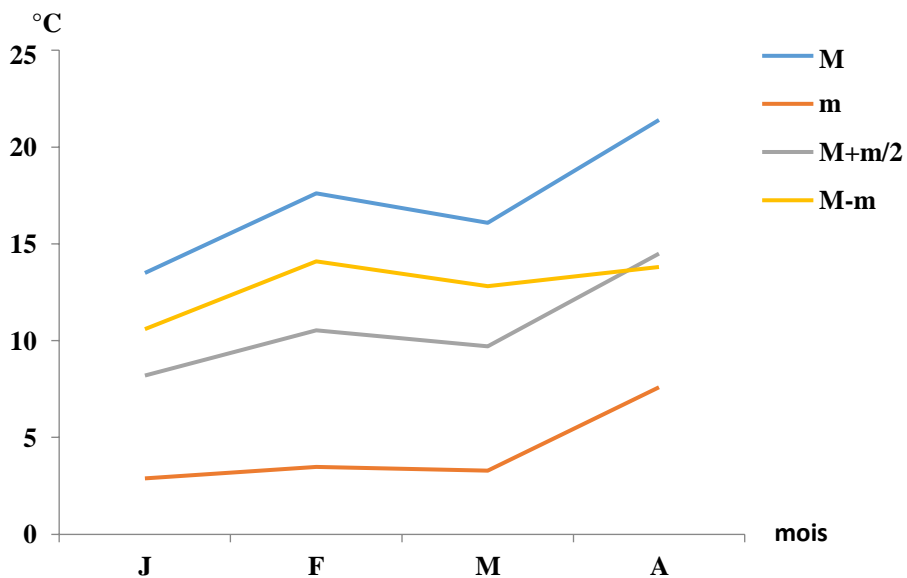


Figure 18: Répartition mensuelle des moyennes de températures des quatre premiers mois de l'année 2021

D'après la figure 20, on montre que les mois de janvier , février et mars sont les mois froids et le mois chaude c'est avril avec une moyenne de 14,5°C.

1.3 L'humidité

C'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans un m³ d'air, exprimée en gramme ou bien la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air exprimée en mm de mercure (EMSALEM, 1989 in SMAIL, 2012).

L'humidité est un facteur qui conditionne l'évaporation, il influe sur les conditions de développement de la végétation et par conséquent sur la nature de l'écoulement de surface. (CHAIB, 2011)

En météorologie, il est important de connaître le taux d'humidité dans l'air : il nous renseigne sur la possibilité de formation de nuages et de précipitations. Dans les études climatiques on utilise généralement l'humidité relative (ou le degré hydrométrique) exprimée le plus souvent en %, est une mesure du rapport entre la quantité d'eau présente dans l'air et la quantité qu'il faudrait pour saturer cet air à une température et une pression données. (SEDRATI, 2018)

Elle exprime le rapport en pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air (Pa) à la pression de la vapeur saturante (Pr) dans les mêmes conditions de mesure de température lue au thermomètre sec et de pression. (HASSAD, 2018)

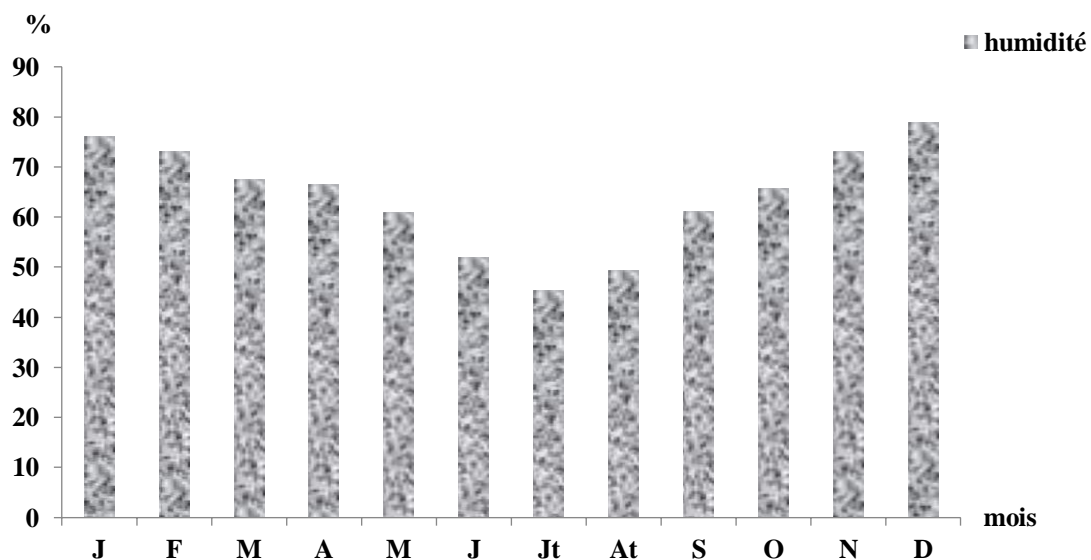


Figure 19: Diagramme des moyennes d'humidité de la période (1995-2016)

A partir de la figure 21 on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes. Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de décembre avec un pourcentage de 78.82%, ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, alors que le pourcentage le plus faible est enregistré durant le mois de juillet avec 45.27%, ce qui explique qu'il est le mois le plus sec.

1.4.Évaporation

La vitesse d'évaporation (mm/j) est en fonction de la température de l'air, de l'insolation, de la vitesse et de la turbulence du vent. (REMINI, 2005)

L'évaporation se pose en seconde importance après les précipitations, représente en milieu semi aride la composante majoritaire en cycle hydrologique (HOUHA, 2002 in BOUMAIZA, 2012)

L'évaporation se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de vapeur d'eau. On parle de sublimation lors du passage direct de l'eau sous forme solide (glace) en vapeur. Le principal facteur régissant l'évaporation est la radiation solaire. Le terme évapotranspiration englobe l'évaporation et la transpiration des plantes. (OSMANI, 2012)

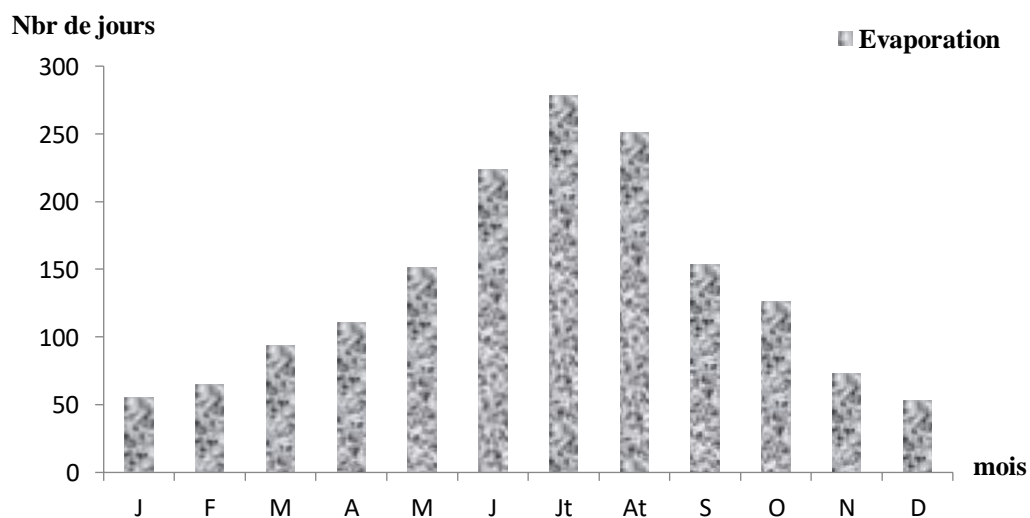


Figure 20 : Diagramme des moyennes d'évaporation de la période (1995-2016)

Le graphique représente un Diagramme des moyennes d'évaporation de la période (1995-2016), où nous observons l'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 278.53 mm et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec une moyenne de 53.03 mm.

1.5. Le vent

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, il a un effet sur les précipitations et les températures d'où il active l'évaporation. (CHAIB, 2011)

Le vent est un déplacement d'air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat. (GAAGAI, 2017)

Un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement. Les arbres prennent un port en drapeau, leur tronc étant souvent incliné et leur branches étant orientées dans la direction opposée à celle des vents dominants. (RAMAD, 2003).

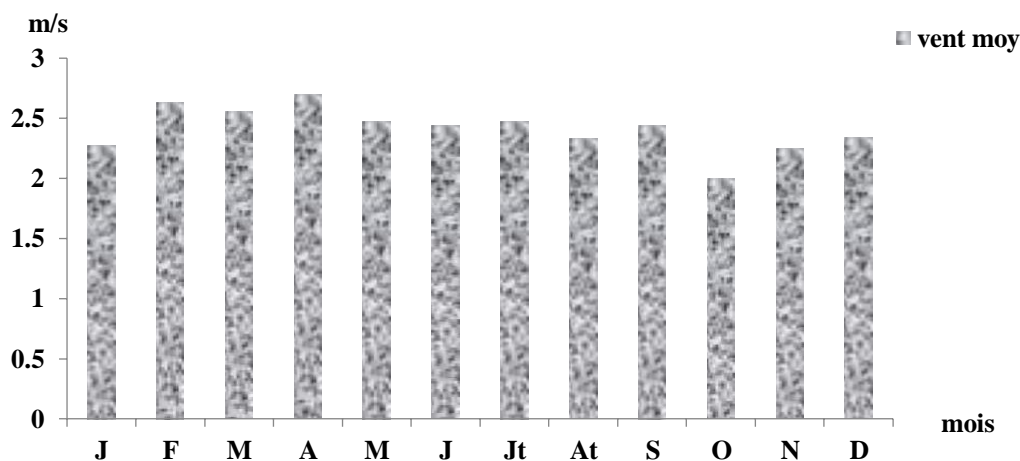


Figure 21 : Diagramme des moyennes des vitesses moyennes des vents (m/s) de la période (1995-2016).

La figure 23 représente un diagramme des moyennes des vitesses moyennes des vents (m/s) de la période (1995-2016). La moyenne la plus forte de vitesse de vent au mois d'avril est estimée 2.69 m/s. Mais la moyenne la plus faible enregistrée au mois d'octobre avec 2m/s.

1.6. L'orage

C'est un phénomène atmosphérique, caractérisé par une série d'éclairs et de coups de tonnerre. Un éclair peut se déclencher à l'intérieur du nuage, entre deux nuages, ou entre le nuage et le sol ou un aéronef (on parle alors de coup foudre). (MF, 2020).

Donc l'orage, est une perturbation atmosphérique d'origine convective associée à un type de nuage particulier: le cumulonimbus. Dans des cas extrêmes, l'orage peut produire des

chutes de grêle, des vents très violents et, rarement des tornades. Les orages peuvent se produire en toute saison, en autant que les conditions d'instabilité et d'humidité de l'air sont présentent. (LEGRAIN, 2002 in OUANES, 2020)

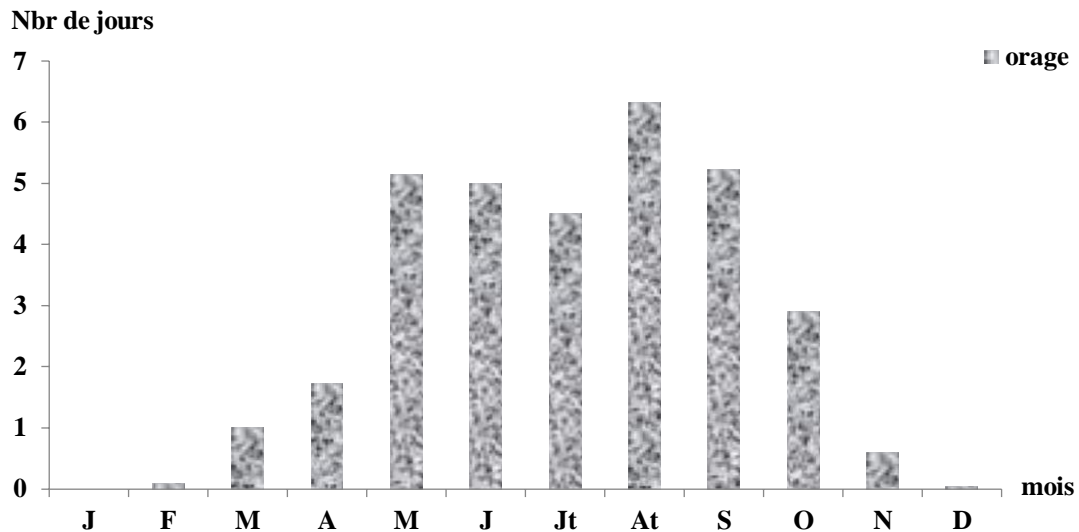


Figure 22: Diagramme des moyennes du nombre de jours d'orage de la période (1995-2016)

La figure 24 montre que l'orage dans la période (1995-2016) est fréquent pendant le mois d'août et le mois de septembre puis le mois de mai et juin.

1.7. Brouillard

Le brouillard est le phénomène météorologique constitué d'un amas de fines gouttelettes ou de fins cristaux de glace, accompagné de fines particules hygroscopiques saturées d'eau, souvent de taille microscopique, réduisant la visibilité en surface. La brume est alors la source d'eau naturelle pour les écosystèmes, grâce aux plantes qui la capturent. (OUANES, 2012)

La formation du brouillard est liée aux conditions locales et en premier lieu au microclimat. (BOUMARAF, 2010)

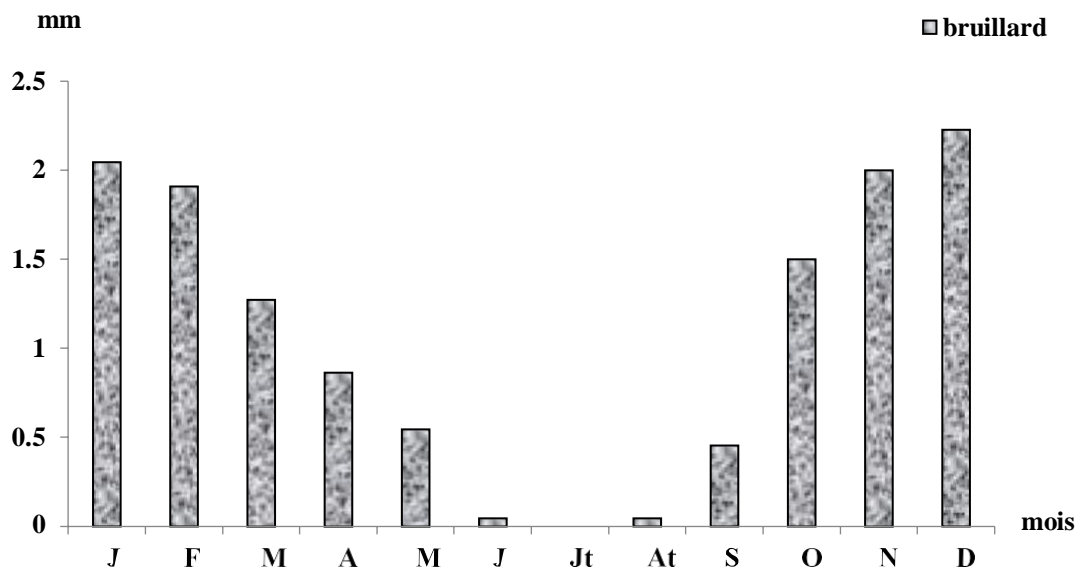


Figure 23 : Diagramme des moyennes du nombre de jours de brouillard de la période (1995-2016)

Selon la station météorologique d'Oum El Bouaghi, la moyenne de nombre de jours de brouillard varie d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée au mois de décembre avec une moyenne de 2.23, et n'enregistre aucune valeur dans le mois de juillet comme l'indique la figure 25.

1.8.La Neige

Ce phénomène est peu fréquent, mais il reste tout de même bénéfique par son infiltration lente, ainsi que par son alimentation des sources en eau. (HASSAD, 2018)

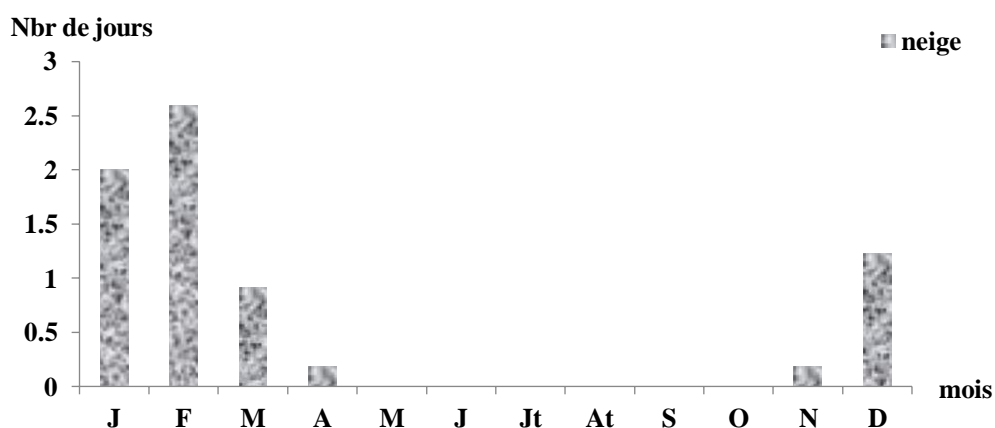


Figure 24: Diagramme des moyennes du nombre de jours de neige de la période (1995-2016)

A partir de la figure 26, on constate que l'enneigement s'étale sur une durée de 6 mois de novembre à avril donc la plus grande partie de la neige tombe durant la période hivernal, le maximum étant au mois de février avec une moyenne de 2.59 jours de neige. L'enneigement consiste une réserve d'eau cédée progressivement du sol.

1.9.La grêle

La grêle est un phénomène d'altitude. Elle se forme généralement dans de gros nuages d'orage, principalement les cumulonimbus. Ces nuages peuvent avoir des variations d'altitude très importantes entre leur base et leur sommet, qui peut s'étaler entre 1000 mètres et plus de 12 000 mètres. (AKHILLE, 2018)

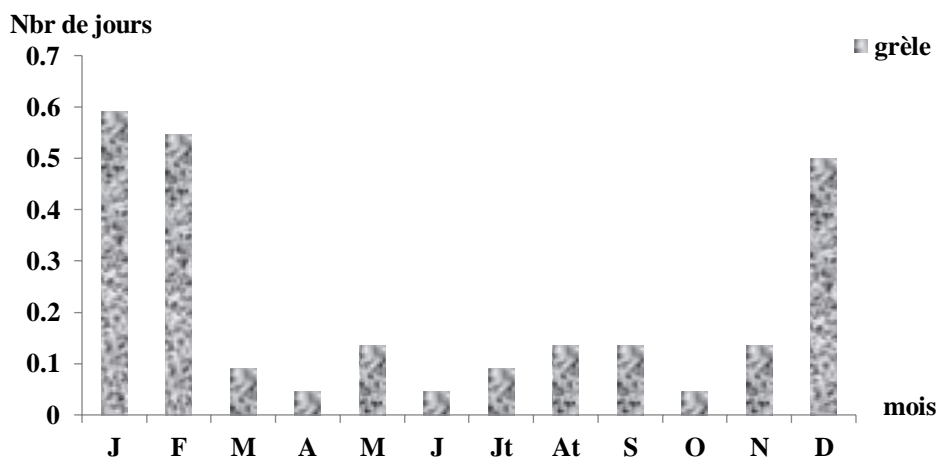


Figure 25: Diagramme des moyennes du nombre de jours de grêle de la période (1995 -2016)

La figure 27 montre que la grêle fréquente dans la région, le maximum est enregistré pendant la saison d'hiver (janvier, février, décembre), et le minimum est enregistré de mois de mars jusqu'à novembre avec une perturbation.

1.10.La gelée

Les gelées désigne tout abaissement de température de l'air d'une valeur supérieure à une valeur inférieure ou égale à 0 °C à un moment déterminé et sur une région donnée. (OUANES, 2020)

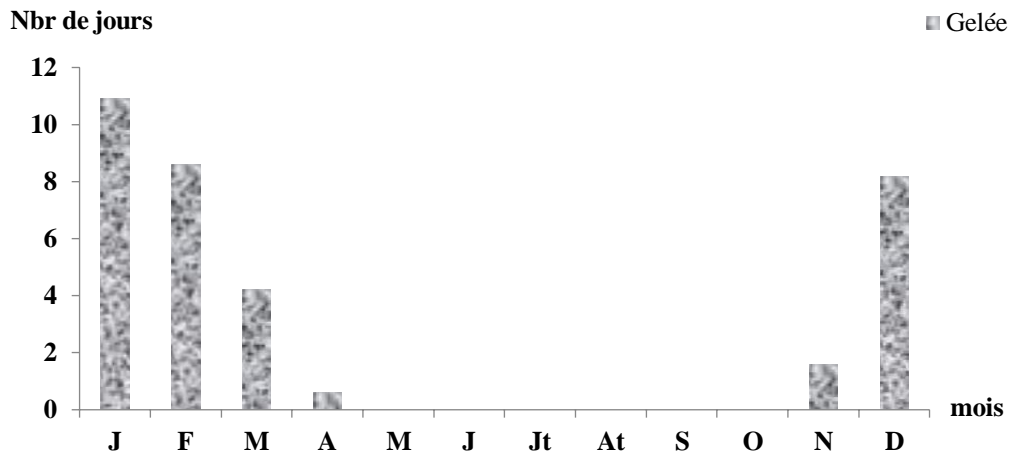


Figure 26 : Diagramme des moyennes mensuelles du nombre des jours des gelées de la période (1995-2016)

D'après ce diagramme (figure 28), la gelée est beaucoup plus fréquente dans les mois janvier, février, et décembre, avec des moyennes mensuelles des nombres de jours par l'ordre suivant 10.91, 8.59 et 8.18 jours, suivie par le mois du mars avec une moyenne de 4.23 jours et novembre avec une moyenne de 1.59 jours. Et les mois restants ne connaît aucune retombée de gelée.

1.11.La rosée

Est un phénomène météorologique qui se traduit par la condensation nocturne de la vapeur d'eau en de très fines gouttelettes qui se déposent le matin et le soir sur les corps exposés à l'air libre (la surface de sol et sur les extrémités refroidies des plantes). (RAMADE, 2002)

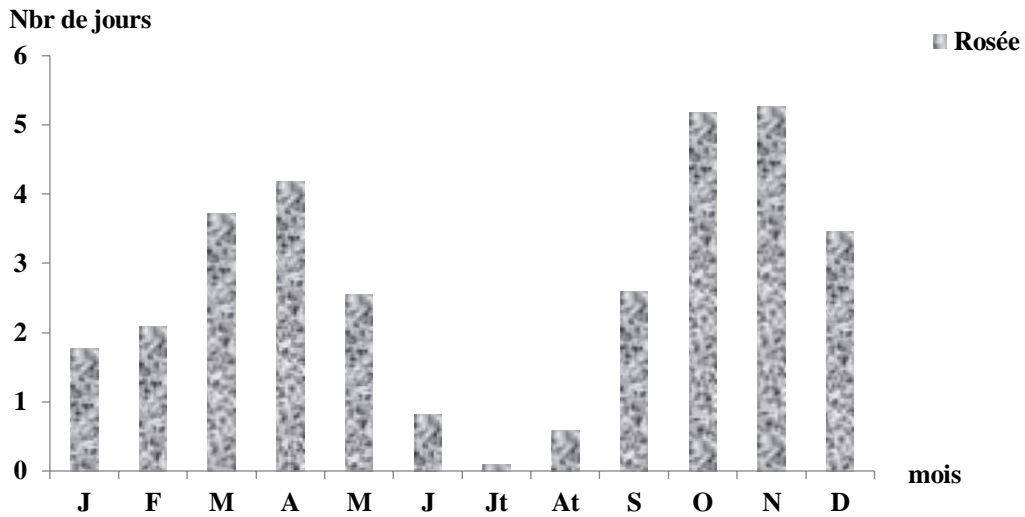


Figure 27 : Diagramme des moyennes du nombre de jours de rosée de la période (1995-2016)

On remarque que la moyenne du nombre de jours de rosée la plus élevée est enregistrée durant deux mois : octobre et novembre (5.27 jrs, 5.18 jrs).

1.12.Le sirocco

C’est un vent sec et chaud provoquant une augmentation notable de la température et une chute brutale de l’humidité atmosphérique, Il peut s’observer à toutes les époques de l’année. (HASSAD, 2018)

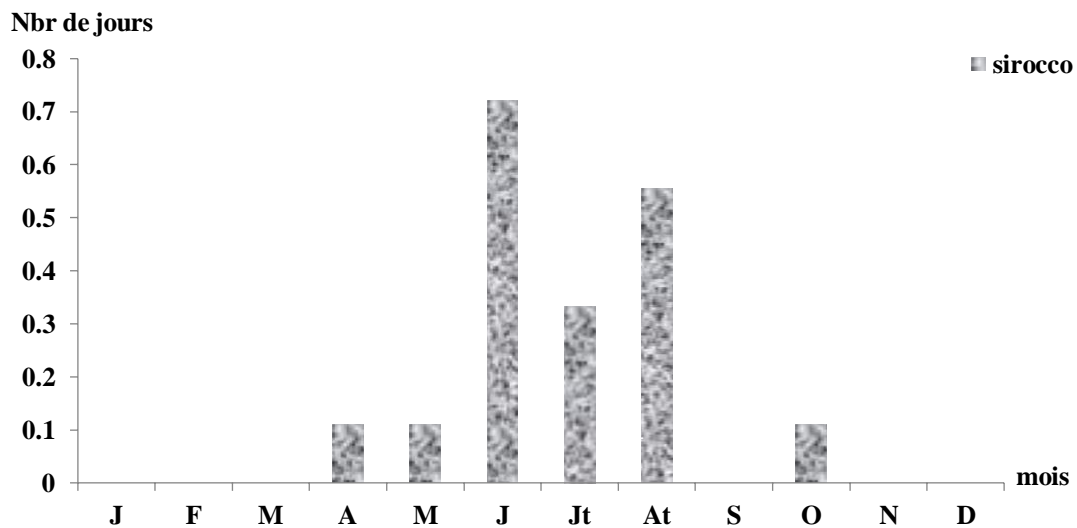


Figure 28: Diagramme des moyennes du nombre de jours de sirocco de la période(1995-2016)

L'examen de la figure 30, montre que la station reçoit que les siroccos plus abondants pendant les mois : de juin, août, juillet. Les moyennes les plus faibles caractérisent les mois d'octobre, avril, et mai, Et n'existent pas dans les mois de janvier, février, mars, septembre, novembre et décembre.

2. Synthèse climatique

2.1. Indice d'aridité et de Martonne (1926)

En se basant sur des considérations essentiellement géographiques, de Martonne a définie comme fonction climatologique nouvelle l'indice d'aridité du climat par le quotient **I** ou **IDM** équivalant à $P/(T+10)$. Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température ; l'évaporation étant considérée comme une fonction linéaire de la température. Il a été ajouté 10 aux moyennes thermométriques pour éviter les valeurs négatives de l'indice. De fait de sa simplicité, il a été beaucoup utilisé par les géographes.

$$I = P \text{ (mm)} / T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10$$

Etant :

P : Précipitation annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle ($^\circ\text{C}$).

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Une faible aridité correspondant à des pluies abondantes et/ou des températures basses. De Martonne a proposé six grands types de climats selon les valeurs de l'indice annuel. (**Rouabhi, 2020**)

Suivant les valeurs de (i), de Martonne a établie la classification suivante :

- ✓ $I < 5$: climat Hyperaride ;
- ✓ $5 < I < 7.5$: climat désertique ;
- ✓ $7.5 < I < 10$: climat steppique;
- ✓ $10 < I < 20$: climat semi-arid;
- ✓ $20 < I < 30$: climat Tempéré;
- ✓ $30 < I < 45$: climat humide. (**BOUGANDOURA, 2013**)

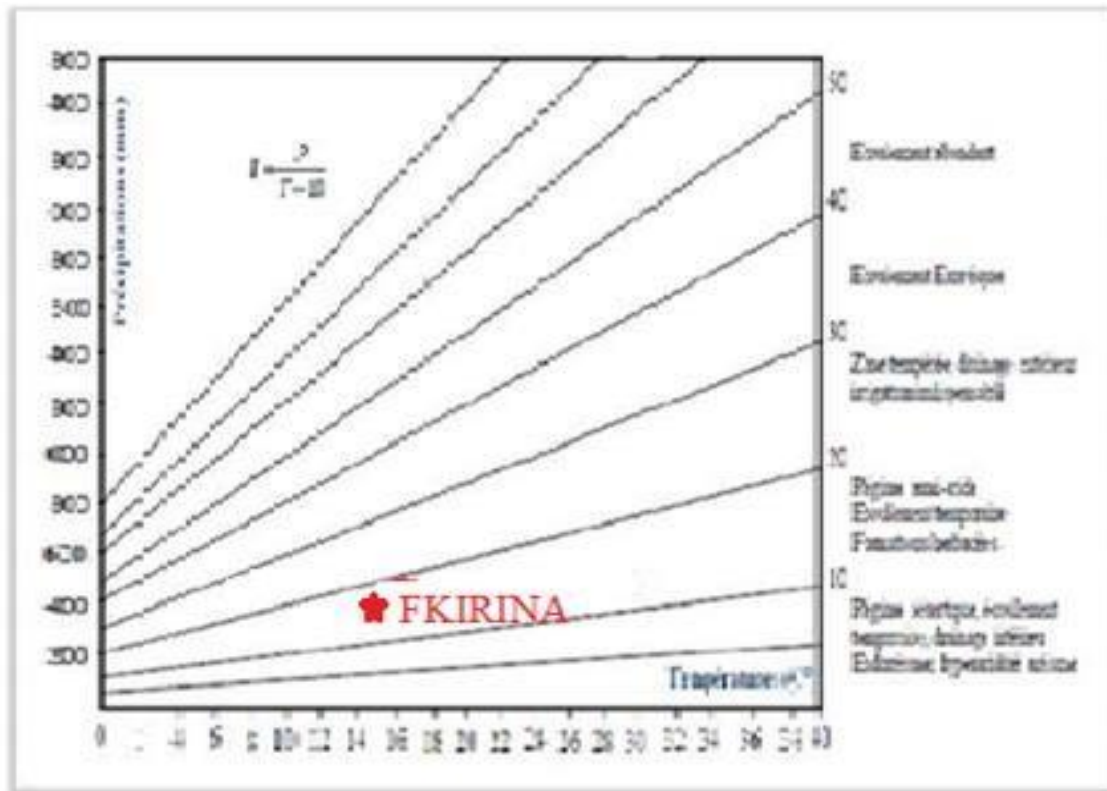


Figure 29 : Indice d'aridité annuel de Martonne

2.2. Indice ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1952)

C'est encore à l'heure actuelle l'un des indices les plus utilisés. Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (en mm) et de la température (en °C) et donne une expression relative de la sécheresse estivale en durée et en intensité. Celle-ci est appréciée à travers un indice de sécheresse S (indice ombrothermique) calculé en faisant la différence entre les courbes P et T pour le ou les mois les plus secs. Un mois donné est considéré comme sec quand $P < 2T$. Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide (Dib, 2018)

D'après Gaussen (1953), la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale des pluies, mais elle se manifeste quand les faibles précipitations se conjuguent avec les fortes chaleurs. Le même auteur considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en °C. (Nedjar, 2012)

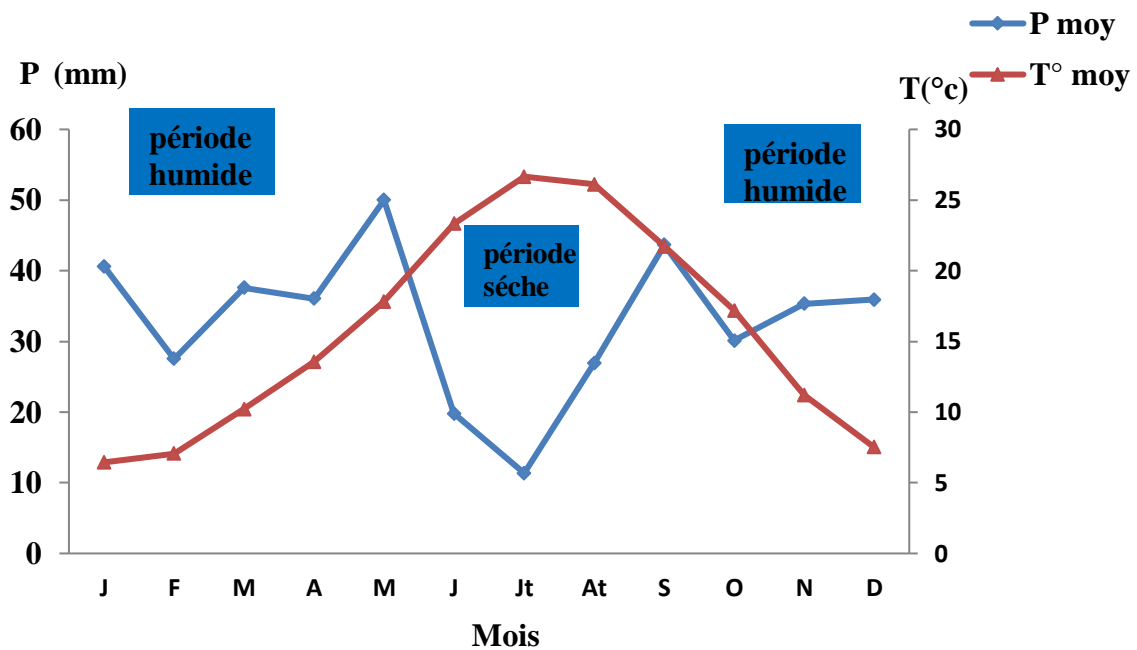


Figure 30: Diagramme ombrothermique de Gausson et de Bagnoles(1995-2020)

Le diagramme ombrothermique de la région de F’kirina montre l’existence de deux saison :

- Saison sèche et chaude, elle commence de mois de Mai jusqu’au Mois de Aout.
- Saison humide et froide, elle commence de mois de septembre jusqu’au Mois de Avril.
- La superposition des deux courbes [P (mm) et T (°C)] permet ainsi de définir la période sèche.

2.3.Quotient pluviométrique d’Emberger

Il permet de connaître l’étage bioclimatique d’une région. En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid, et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) d’Emberger

$$Q2 = 1000 P / (M + m) / 2 (M - m)$$

Où :

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ° K (Mostefaoui, 2011)

$$P = 392,35 \text{ mm}; M=35,04^{\circ}\text{C}; m=1,45^{\circ}\text{C}$$

$$P=392,35\text{mm}; M=308.04^{\circ}\text{K}; m=274.45^{\circ}\text{K}; M-m=33.59^{\circ}\text{K}; (M+m)/2=291,245^{\circ}\text{K}$$

$$Q2 = 1000 (392,45) / (291,245) (33.59)$$

Donc : $Q2 = 40,10$

Il s'avère que le climat de la plaine de F'kirina est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

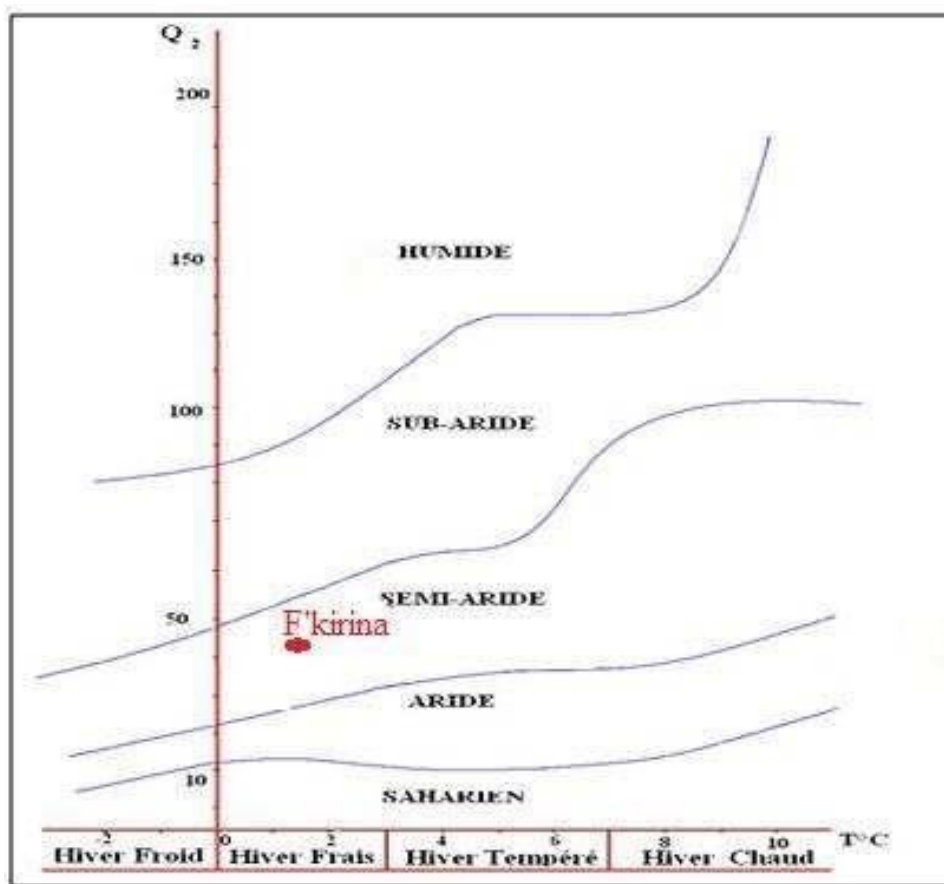


Figure31: le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude

3. Bilan hydrique

Les modèles les plus simples consistent à calculer des indices climatiques tels que la différence entre la pluie et l'ETP à un pas de temps mensuel. L'avantage essentiel de cette option est la facilité d'accès aux données climatiques. Elle permet en outre de caractériser un climat régional. (Granieret et al., 1995)

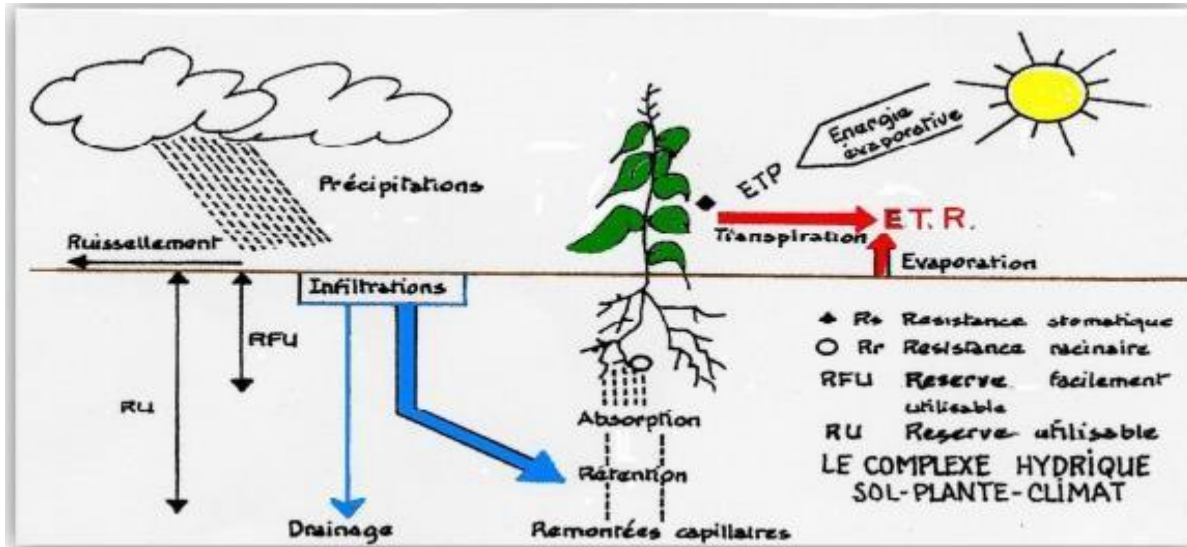


Figure 32: Le complexe hydrique (Sol-plante- climat) (BELMEKKI, 2013)

La formule générale du bilan d'eau donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur de grandes périodes. La formule du bilan est la suivante :

$$P = ETR + R + I + \Delta W$$

Où :

P : La hauteur de la précipitation annuelle en (mm).

R : Le ruissellement de surface annuel en (mm).

ETR : L'évapotranspiration réelle annuelle en (mm).

I : L'infiltration annuelle (mm).

ΔW : La variation de réserves en (mm), souvent négligeable. . (Mekaoussi. (2014)

3.1.L'évapotranspiration

C'est l'ensemble de deux phénomènes principaux, l'une physique « évaporation » et l'autre biologique « transpiration ». L'évapotranspiration est la plus importante des paramètres, s'est la somme des quantités d'eau exprimées en mm, évaporées par la surface du sol et utilisées par les plantes, on distingue :

▪ **L'évapotranspiration potentiel (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.

▪ **L'évapotranspiration réelle (ETR)** : correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée pour une surface donnée et une période définie. (Mourdi, 2011)

3.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentiel et l'évapotranspiration réelle

Mesure de l'ETP (Evapotranspiration potentielle)

L'évapotranspiration potentielle est défini comme étant la quantité d'eau transpiré par unité de temps par une végétation. Courte et verdoyante et couvre complètement le sol. (Laribi, 2013)

On a adopté la méthode de Thornthwait qui s'appuie sur des données facilement accessibles : la température moyenne de l'air sous abri et la durée théorique de l'insolation qui dépend de la saison et de la latitude. (Dib.2018)

$$ETP = 16 * (10T / I)^a * K$$

T : température moyenne mensuelle en °C

i : indice thermique mensuel . $i = (t/5)^{1.514}$

I : indice thermique annuel. $I = \sum i$

a : exposant climatique donné par L. Serra en 1954, $a = 0.016 I + 0.5$

K : facteur de correction. (Mekaoussi, 2014).

Application numérique

Tableau 04 : l'ETP (Evapotranspiration potentielle)

Station	I	A	ETP (mm)
F'kirina	73.6	1.67	856.4

Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)

Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'ETP si elles sont supérieures ou égales au stock d'eau de la RFU.

En cas d'insuffisance elles sont limitées à une quantité plus petite, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle (G. Castany). Cette estimation se fera à partir des formules de Turc, de Coutagne, et de Thornnthwaite. (DJOUDI, 2018)

a. Formule de TURC

Elle correspond à la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique.

L'ETR peut être déterminé par :

$$\text{ETR} = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

Avec :

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm)

L : Pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l'ETR lorsque devient grande : $L = 300 + 25 T + 0.005 T^3$. Où t est la température moyenne annuelle en C°. (LEKOU, 2010)

Les valeurs de l'évapotranspiration réelle ETR, calculées par cette formule (de TURC) sont Inscrites dans le tableau

Application numérique

Tableau 05 : l'ETR selon la formule de turc

station	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
F'kirina	392.35	12136.79	15.73	412.95

b. Formule de THORNTHWAITE

L'évapotranspiration réelle dépend de plusieurs facteurs selon la formule utilisée, mais le plus importants sont la quantité de pluie tombée dans le bassin mais également la réserve maximale en eau dans sol, le couvert végétale et la température de l'air. (YOUNSSI, 2009)

Pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitation. Trois cas peuvent se présenter :

- 1er cas : $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$. Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation, le surplus, représentera l'écoulement superficiel.

• 2ème cas : $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$. Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.

• 3ème cas : $P < ETP$ et $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$. Là on aura un déficit qui représente la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole). (HABES.2013)

Application numérique

Tableau 06: l'ETR selon la C.W Thornthwaite

Station	ETR (mm/an)
F'kirina	392.4

3.2.Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)

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

Richard en 1979 a proposé une formule pour le calcul de la RFU, dans la partie Nord-Est de l'Algérie qui est la suivante :

$$RFU = 1 / 3 (Da. He. P)$$

Où:

RFU : réserve facilement utilisable en mm.

Da : densité apparente du sol

He : humidité équivalente du sol

P : profondeur de la couche de la terre parcourue par les racines en m. (DJOUDI, 2018)

Tableau 07 : bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'Oum El Bouaghi

Période	T(°C)	i	K	ETP (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21.72	9.2	1.04	101.9	43.65	-58.2	0.0	43.7	58.2	0.0
O	17.18	6.5	0.98	65.3	30.12	-35.1	0.0	30.1	35.1	0.0
N	11.21	3.4	0.85	27.6	35.32	7.8	7.8	27.6	0.0	0.0
D	7.51	1.9	0.84	13.9	35.9	22.0	29.8	13.9	0.0	0.0

J	6.44	1.5	0.86	11.1	40.64	29.6	59.3	11.1	0.0	0.0
F	7.07	1.7	0.85	12.8	27.51	14.8	74.1	12.8	0.0	0.0
M	10.22	3.0	1.03	28.6	37.61	9.0	83.1	28.6	0.0	0.0
A	13.57	4.5	1.09	48.5	36.04	-12.5	70.6	48.5	0.0	0.0
M	17.82	6.8	1.21	85.6	47.49	-38.1	32.5	85.6	0.0	0.0
J	23.32	10.3	1.21	134.4	19.80	-114.6	0.0	52.2	82.2	0.0
J	26.66	12.6	1.23	171.0	11.36	-159.6	0.0	11.4	159.6	0.0
A	26.10	12.2	1.16	155.8	26.9	-128.9	0.0	26.9	128.9	0.0
Année	15.7	73.6		856.4	392.4	-464.0		392.4	464.0	0.0

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

EXC: l'excédent c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'**ETP** et **RFU** sont satisfaits donc: **EXC=P-ETR**

BH: le bilan hydrique: **BH=RFU-DA**.

3.3. Interprétation du bilan d'eau

Les résultats du bilan hydrique permettent les observations suivantes :

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations. Les précipitations dominent dans la région d'étude avec un total de 392.4 mm/an.
- A l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois d'avril les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois de novembre par contre elles sont supérieures à l'ETP pendant les autres mois (janvier, février, mars, et décembre).
- En générale, les précipitations ne couvrent pas les besoins de l'évapotranspiration potentielle et ne permettent pas la formation de la RFU.
- Le déficit agricole (DA) débute au mois de juin et se poursuit jusqu'au mois de octobre.
- La reconstitution du stock s'observe. La RFU atteint son maximum (83.1 mm) au mois de mars et diminue jusqu'à 7.8 mm au mois de novembre, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock

4. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

4.1. Ruissellement

Pour déterminer Le ruissellement superficiel, on utilise la formule empirique de TIXERONT-BARKALOFF qui est fonction des précipitations et l'évapotranspiration potentielle soit :

$$R = P^3 / 3. (ETP)^2$$

Avec:

R: ruissellement moyen annuel en mm

P: hauteur des précipitations moyenne annuelle en mm

ETP: évapotranspiration potentielle en mm/an. (KEMOUKH, 2007)

Application numérique

Tableau08 : La lame d'eau ruisselée

station	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
F'kirina	392.35	856.4	27.45

4.2.Infiltration

Est 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. (LEKOU, (2010)

Puisque nous disposons des différents facteurs régissant l'équation du bilan hydrogéologique :

$$P = ETR + R + I$$

P : Précipitation moyenne annuelle en mm

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle en mm

R : Ruissellement annuel en mm

I : Infiltration efficace moyenne annuelle en mm L'infiltration : $I = P - (R + ETR)$ (BERKANI, 2017)

Application numérique

Tableau 09 : La lame d'eau infiltrée

Station	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
F'kirina	392.35	392.4	27.45	-27.5

Conclusion

La zone d'étude est caractérisée par un climat semi aride. Il est caractérisé par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations.

A partir des données climatiques on peut dire que la région d'étude est caractérisée par deux saisons : Saison sèche et chaude, elle commence de mois de Mai jusqu'au Mois de Aout, Saison humide et froide, elle commence de mois de septembre jusqu'au Mois de Avril.

L'examen des précipitations et des températures de la station pluviométrique du barrage a donné des résultats spécifiques aux sous bassin de Fkirina avec :

- Des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 392.4mm.
- La température moyenne annuelle est de 15.7°C.
- L'évapotranspiration potentielle et réelle est respectivement de 856.4 et 392.4mm.
- Le ruissellement est de 27.45 mm et l'infiltration est de -27.45 mm.
- L'excédent en eau est de 00 mm.

Chapitre 4

Matériel et Méthode

Introduction

Les prélèvements d'échantillons, couplés avec les analyses en laboratoire, sont les moyens utilisés pour détecter la présence, de polluants dans les eaux souterraines.

Ce chapitre se réserve à la présentation des méthodes d'échantillonnages et de prélèvements, ainsi qu'aux méthodes et matériels utilisés dans le laboratoire d'analyse hydro chimique.

1. Méthodes de prélèvement des échantillons

- Laver soigneusement les mains à l'aide d'un désinfectant et laisser sécher ;
- Flamber le robinet à l'aide d'une pince entouré de coton imbibé d'alcool ;
- Laisser l'eau couler à 5 à 10 min ;
- Déboucher le flacon de prélèvement stérilisé et remplir en l'inclinant ;
- Reboucher le flacon avec précaution, mentionner sur l'étiquette le lieu et l'heure de prélèvement ;
- Placer le flacon dans la glacière. (SACI, 2019)



Figure 33: les prélèvements d'eaux effectuées

2. Les analyses et dosages au laboratoire

Deux types d'analyses sont effectués pour déterminer la qualité de l'eau : analyses physicochimiques et analyses microbiologiques. Ces analyses sont d'une très grande importance pour les raisons suivantes :

- Elle permet de définir les problèmes existants ;
- Elle garantit une eau qui convient à l'utilisation ;
- Elle garantit une eau potable sur.

2.1. Matériels utilisés

- Flacon de 500 ml ;
- Fioles en verre ;
- Bêchers de 50 ml et de 100 ml ;
- Burette de 10 ml ou 25 ml ;
- Pipette de 2 ml, 5 ml, 10 ml ;
- Tube à essai ;
- Balance ;
- Bain marie.

2.2. Les appareils

Un spectrophotomètre, pH mètre, un conductivimètre, un Turbidimètre.

3. Techniques de mesures et d'analyses des solutions

3.1. Distillation d'eau Dans un laboratoire de chimie

L'eau est une matière d'œuvre essentielle. Elle est le solvant de presque toutes les solutions que nous sommes amenés à préparer. En cas d'absence d'eau distillé il faut le préparé au niveau de laboratoire a l'aide de distillateur. Dans un laboratoire, l'eau doit répondre à trois critères principaux :

- Son pH doit être le plus proche possible de 7 ;
- Sa concentration en chlorure doit être la plus faible possible ;
- Sa dureté (Quantité d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dissous) doit être la plus faible possible. La distillation est la technique la plus utilisée dans les laboratoires de l'enseignement. La méthode est simple : on distille en continu l'eau du robinet. Les impuretés restent dans le fond du distillateur. (Havre ; 2009)

La distillation est un procédé de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition sont différentes. Elle permet de séparer les constituants d'un mélange homogène. Sous l'effet de la chaleur ou d'une faible pression (loi des gaz parfaits), les

substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le distillat. (OUANES, 2020)



Figure 34 : Appareil de distillation (distillateur)

3.2.Auto contrôle

3.2.1.Test de chlore

Le chlore est un produit chimique utilisé pour la désinfection de l'eau. Il est important de le mesurer, car cela sert à contrôler le dosage qui est appliqué ainsi que son évolution durant le traitement. (BRASILIA, 2013)

Du fait de son pouvoir oxydant, le chlore est le réactif le plus utilisée pour la décontamination de l'eau. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide de 0.5 mg /l. (HANACHI, 2015)

Pour effectuer les analyses au niveau de laboratoire, tout d'abord, il faut faire un test de chlore par des comprimés DPD 01 et DPD 04.

Pour détecter la présence de chlore libre on utilise le DPD 01

Technique

- Remplir la cuve avec de l'eau d'échantillon jusqu'au niveau de 5,0 ml;
- Ajouter une capsule du réactif DPD dans le échantillon et mélanger;
- faire une lecture de la teneur en chlore avant 1 minute.

On lire directement si il y'a le chlore libre nous donne une couleur rose

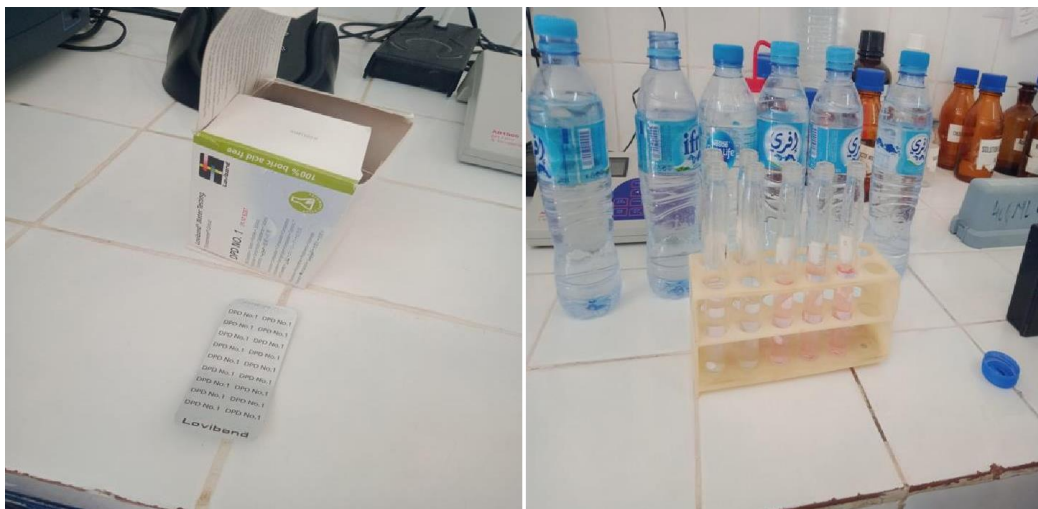


Figure 35: Test de Chlore par des comprimés DPD 1

Pour détecter la présence de chlore liée on utilise le DPD 04, on attend quelque minute puis on lire, lorsqu'on observe la couleur rose c'est-à-dire le chlore est présent et lié avec un autre élément.



Figure 36 : des comprimés DPD 4 pour test de chlore

Lorsque la couleur de l'eau change on Rose, on met le tube qui contient cet échantillon dans le comparateur et Positionner le comparateur (équipement) contre une source de lumière comme par exemple une fenêtre, le ciel, ou une lampe ; Pour voir la couleur de l'eau ; et on lit la valeur du chlore.

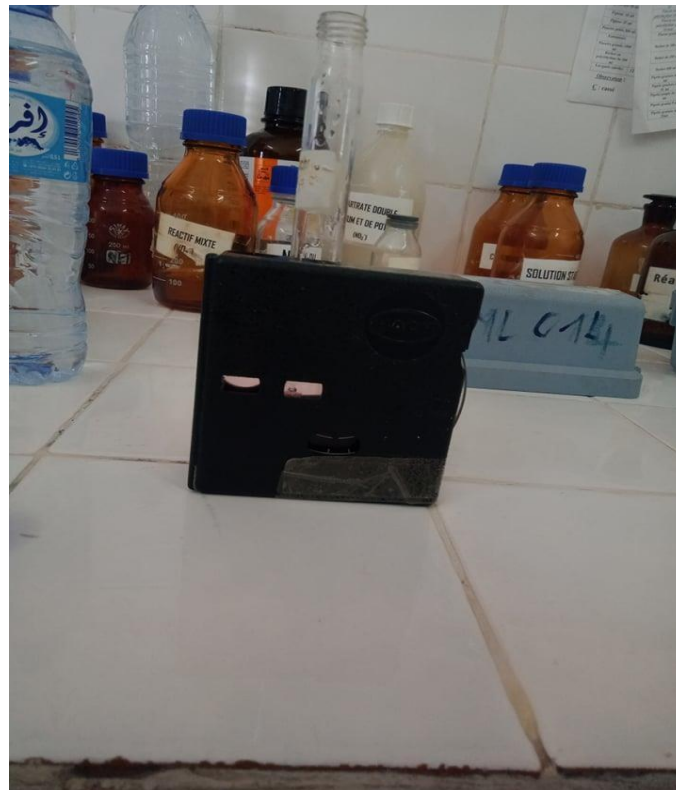


Figure 37 : comparateur colorimétrique

4. Les mesures physico-chimiques

Tous les éléments chimiques importants dans l'eau ont été dosés à savoir des éléments majeurs : les chlorures, calcium, magnésium, sulfate, carbonate, sodium et potassium.

Les autres éléments Tel que le fer, les matières organiques, la couleur et la turbidité ainsi que la conductivité de l'eau ont été également dosés. La température, le pH, ainsi que le résidu sec ont été aussi déterminés. (SACI, 2019)

Les qualités physiques de l'eau se basent sur des paramètres qualitatifs relativement facile à déterminer. Ce sont des critères de plus en plus utilisés pour l'amélioration du confort du consommateur.

4.1. Paramètres physiques

4.1.1. La température

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, c'est l'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques. (GAAGAI, 2009)

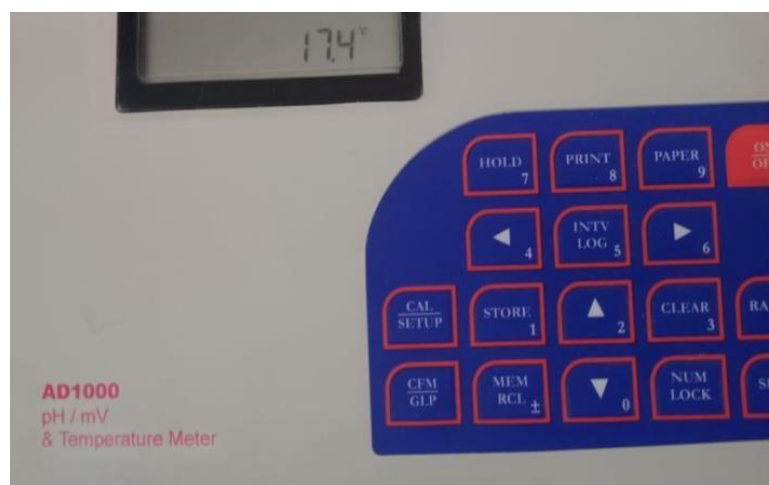


Figure 38: Appareil de mesure de la Température

4.1.2. La conductivité électrique

Elle est liée à la présence des espèces ioniques en solution. (DEBIECHE 2002). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre (μS/cm). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega \cdot \text{cm}) = 1000000 / \text{conductivité } (\mu\text{S/cm}) \cdot a$$

Tableau 10: Relation existante entre la minéralisation et la conductivité.

conductivité	Minéralisation (mg / l)
conductivité < 100	Très faible
100 < conductivité < 200	Faible
200 < conductivité < 333	moyennement accentuée
333 < conductivité < 666	Moyenne
333 < conductivité < 666	Moyenne
conductivité > 1000	Excessive

(HAMIDAT, 2010)

Principe

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si **R** est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm² et **l** sa longueur en cm

La résistivité électrique en ohms.cm est

$$P = R * S/l$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = 1/P = 1/R * l/S$$

l/S est appelé constante de l'élément de mesure.

Mode opératoire

D'une façon générale, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 39: Appareil de mesure de la conductivité électrique

4.1.3. Le pH

Le PH est par définition, une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau. C'est une caractéristique qui témoigne à la fois de l'acidité et de la basicité d'une solution, la composition chimique et l'état d'équilibre dans lequel se trouvent les composantes de cette solution; c'est également un élément important qui renseigne sur le caractère agressif ou incrustant de l'eau. (BOUABID, 2013)

Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel-KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

- **Appareil** : pH mètre
- **Electrode** : Electrode de pH
- **Réactifs** : Tampon pH =9

Tampon pH = 7

Tampon pH = 4

Mode opératoire

Etalonnage de l'appareil

- Allumer le pH Mètre (bouton rouge) ;
- Brancher l'électrode de pH ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Vérifier l'électrode (niveau de la solution de KCl) ;
- Afficher la température ambiante ;
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH=7 ;
- Régler l'agitation à faible vitesse,
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH=7 ;
- Laisser stabiliser un moment ;
- Affiner avec le bouton de droite de pH=7 ;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée ;
- R' étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH=9 et pH=4 ;

- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

Dosage de l'échantillon

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser,
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le pH.



Figure 40: Appareil de pH Mètre

4.1.4. Turbidité

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. Elle peut être également provoquée par la présence d'algues, de plancton, de matière organique et plein d'autres substances comme le 64 Fondation Nationale de la Santé zinc, le fer, le manganèse et le sable, résultant du processus naturel d'érosion ou de rejets domestiques et industriels. (BRASILIA, 2013)

Principe

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

Appareillage

- HACH 2100 N
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

Etalonnage de l'appareil

A l'aide des solutions d'étalonnage de Formazine de 400 NTU on prépare une solution fille de 40 NTU et effectuer la mesure.

Mode opératoire

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

Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure 41: Appareil de turbidimètre

4.1.5. Dosage de la matière organique

La matière organique des eaux naturelles est souvent assimilée en totalité à la matière organique naturelle (MON), bien que certains micropolluants présents dans les milieux aquatiques soient d'origine anthropique. (Rodier et al., 2009 in OUANES, 2020)

Principe

Les matières organiques d'origine animale ou végétale sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide. L'excès de permanganate est réduit par l'acide oxalique titré. La quantité de matières oxydables est proportionnelle au permanganate de potassium consommé. La méthode est sujette à de nombreuses critiques à cause des facteurs

pouvant influencer le dosage, mais elle donne une idée sur la teneur en matières oxydables de l'eau analysée.

Matériel

- Erlenmeyers de 250 ml ;
- Pipettes précision de 10, 25 et 50ml ;
- Pipette bâton de 5ml avec la poire aspirante ;
- Burettes précision de 25ml ;
- Bain marie.

Réactifs

- Acide sulfurique concentré H₂SO₄ ;
- Solution de permanganate de potassium titré KMnO₄. ;
- Solution d'acide oxalique titré.

Mode opératoire

- Prendre 25 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 5ml H₂SO₄.
- Porter à ébullition douce 98° puis ajouter 5 ml KMnO₄ à 2 mmol/l ;
- Après 10min ; • Ajouter 5ml oxalate à 5 mmol/l ;
- Titrer après décoloration. Alors que la solution est encore chaude avec KMnO₄ 2 mmol/l coloration rose.

Calcul $(a-b) \times 0.8 \times 1000 / \text{différence de deux prises en ml}$

a : lecture de la burette pour la prise de 50ml

b : lecture de la burette pour la prise de 25ml



Figure 42: Dosage de la matière organique

4.2. Paramètres chimiques

4.2.1. Spectrophotomètre

C'est la méthode analytique la plus utilisée en analyse d'eau. Elle nécessite la mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de l'élément recherché. Elle s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière ne laisse passer qu'une fraction de la lumière incidente; la quantité de la lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché. (OUANES, 2020)

Méthode

- mettre l'appareil sous tension;
- choisir la méthode on 0, pour lecture de l'absorbance;
- ajuster la longueur d'onde à 560 nm;
- emplir une cellule d'eau déionisée et faire le zéro de l'appareil avec cette cellule;
- emplir une cellule avec une solution standard;

- ajouter le contenu d'une gélule de réactifs à la cellule, bien agiter, attendre au moins 2 minutes pour permettre au complexe de se former complètement;
- mesurer l'absorbance de solution.



Figure 43: Spectrophotomètre

4.2.2. Les cations

4.2.2.1. Détermination du L'AZOTE AMMONIACAL (NH_4^+)

La verrerie doit être rincée avec une solution d'Hydroxyde de Potassium « 25 g dans 214 ml d'Ethanol et compléter à 250 ml d'eau distillée. ». La lecture se fait à la longueur d'onde de 655 nm

Principe

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

Réactifs

➤ Réactif I

- Acide dichloroisocyanurique2 g
- Hydroxyde de sodium (NaOH).....32 g
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml

➤ Réactif II (coloré)

- Tri citrate de Sodium130 g
- Salicylate de Sodium 130 g
- Nitroprussiate de Sodium0,97 g
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml

Solution mère étalon d'azote ammoniacal de 0,1 g/l

Dessécher une quantité de NH_4Cl à 105 °C pd 1 heure et peser 0,03821 g puis dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.

Prendre 1 ml de la solution mère qu'on met dans 100 ml d'eau distillée pour avoir une solution intermédiaire de 1 mg/l.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml d réactif I ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1 h ;
- L'apparition de la coloration verdâtre vers bleuâtre indique la présence de : NH_4^+

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

Tableau 11: Gamme et étalonnage dans une série de fioles de 50 ml

Solution fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1 h						
$[\text{NH}_4^+]$ en mg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

4.2.3. Les anions**4.2.3.1. DETERMINATION DES NITRITES (NO_2^-)**

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

La lecture se fait à la longueur d'onde 543 nm.

Principe

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

Réactif**➤ Réactif mixte**

- Sulfanilamide40 g
- Acide phosphorique.....100 ml

- N-1 Naphtyle éthylène diamine 2 g
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml

Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/l

Dessécher le Nitrite de Sodium à 105 °C pd 1 h, puis peser 0.0492 g et dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.

Solution fille étalon d'azote Nitreux à 1 mg/l

Pipeter 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée (à préparer chaque jour).

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml d réactif mixte.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Tableau 12: Gamme et étalonnage

Solution fille 1 mg/l	0	1	2.5	5	7.5	10
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	42.5	40
Réactif mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
$[\text{NO}_2^-]$ en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2



Figure 44: Dosage Nitreux

4.2.3.2. Détermination des nitrates (NO_3^-) (Méthode au Salicylate de Sodium)

La lecture se fait à la longueur d'onde 420 nm.

Principe

En présence de Salicylate de Sodium, les Nitrates donnent d Paranitrosnylate de Sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs

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



Figure 45: Dosage nitrates

- **H₂SO₄ concentré.**

Tartrate double de Sodium et de Potassium

- Hydroxyde de Sodium..... 400 g
- Tartrate de Sodium et de Potassium60 g
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.
- Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml. Cette solution doit être conservée dans flacon de polyéthylène.

Solution mère étalon d'azote Nitrique à 1 g/l

- Nitrate de Potassium anhydre 0.722 g
- Eau distillée..... 1000 ml
- Chloroforme..... 1 ml

Solution fille étalon d'Azote Nitrique à 5 mg/l

Pipeter 5 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % ;

- Ajouter 1 ml de Salicylate de Sodium ;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à une température de 75-88 °C ;
- (Ne pas surchauffer ni surcharger très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur laissé reposer 10 mn ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de Sodium et de Potassium.

Tableau 13: Gamme et étalonnage

Solution fille 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Salicylate de Sodium (ml)	1	1	1	1	1
[NO ₂ ⁻] en mg/l	0	0.5	1	2.5	5

- Evaporer à sec de 75-88 °C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser.
- Multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO₃⁻.



Figure 46: Dosage des nitrates

4.2.3.3. Détermination du Chlorure (Cl⁻)

L'ion chlorure existe toujours dans les eaux naturelles à des concentrations très variables, c'est un traceur conservatif dans les environnements naturels. Il ne participe pas aux réactions d'oxydoréduction et il ne forme pas de précipité insoluble. (LAKHDARI, 2012)

Principe

Les Chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de Nitrate d'Argent (AgNO_3), en présence de Chromate de Potassium (K_2CrO_4). La fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du Chromate d'Argent.

Réactifs➤ **Solution de Nitrate d'Argent 0.02 mole/l**

- AgNO_3 3.4g
- Eau distillée 1000 ml

➤ **Solution de Chromate de Potassium 100 g/l**

- K_2CrO_4 10 g
- Eau distillée 100 ml

➤ **Solution de Chlorures de Sodium 0.02 mole/l**

- NaCl 0.117 g
- Eau distillée 100 ml

Mode opératoire➤ **Le blanc**

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

➤ **Le titre**

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

➤ **L'échantillon**

Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l' AgNO_3 à 0.02 mole/l.

Tableau 14: Gamme et étalonnage

Solution fille 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Salicylate de Sodium (ml)	1	1	1	1	1
$[\text{NO}_2^-]$ en mg/l	0	0.5	1	2.5	5

- Evaporer à sec de 75-88 °C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser.
- Multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO_3^- .



Figure 47: Dosage de chlorure

4.2.3.4. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

La lecture se fait à la longueur d'onde de 880 nm.

Principe

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

Réactifs

➤ Réactif mixte

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

➤ Acide Ascorbique à 10 %

- Acide Ascorbique..... 10 g
- Eau distillée q.s.p 100 m

➤ Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-}

➤ Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}

Tableau 15: Gamme et étalonnage

Solution fille 2 mg/l	0	0.3	0.6	1.2	2.4
Eau distillée (ml)	0	39.7	39.4	38.8	37.6
Acide Ascorbique (ml)	1	1	1	1	1
Réactif mélange (ml)	2	2	2	2	2
[P] mg/l	0	0.015	0.03	0.06	0.12
[PO ₄ ³⁻] mg/l	0	0.0459	0.0918	0.1836	0.3672

Mode opératoire

- 40 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml d'Acide Ascorbique ;
- 2 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10 mn le développement de la couleur.



Figure 48: Dosage d'ortho phosphate

Chapitre 5

Résultats et Discussions

Introduction

L'étude du chimisme des eaux a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux, leurs qualités et potabilités, ainsi que leur aptitude à l'irrigation. Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et d'estimer leur origine, en les corrélant avec la géologie et la piézométrie. (BAHIR *et al.*, 2003)

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de ses potentialités d'usages (eau potable, irrigation, industrie, etc...). La qualité des eaux, son évolution dans le temps et dans l'espace est influencée par l'effet de la dissolution des formations géologiques mais aussi par les rejets industriels et l'activité agricole. (CHKIR *et al.*, 2008)

L'étude de la chimie des eaux souterraines a une importance considérable, particulièrement dans les régions semi arides. Il s'agit en fait d'une méthode de prospection hydrogéologique qui permet la caractérisation des aquifères. En effet, la composition chimique des eaux souterraines dépend en grande partie du type de roche encaissante, de l'évolution hydrodynamique des écoulements de la nappe, de la profondeur de cette dernière et de la zone climatique. Elle donne de précieux renseignements sur les conditions de gisement et le mouvement des eaux souterraines. (BRINIS, 2012 in GUILAL, 2018)

Pour étudier la synthèse hydro chimique des eaux souterraines de la plaine de F'kirina. nous avons sélectionné les forage et les puits à étudier des mesures physico-chimique on été effectué la température, le Potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), Les analyses des éléments chimiques fondamentaux (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- et HCO_3^-)

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'Algérienne des eaux (A.D.E) d'Oum El Bouaghie.

1. Caractéristiques physico-Chimiques

1.1. Les paramètres physiques

Ces paramètres ont été mesurés in situ. Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique des éléments dans l'eau.

1.1.1. La température (°C)

Les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évaporation. Elles constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat de la région. (BOUAKKAZ, 2015)

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons et la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. (KHADRI, 2009)

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixée par l'OMS, l'eau est:

- Excellente lorsque la température vraie entre 20 et 22°C ;
- Passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25 °C ;
- Médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C ;
- Lorsque la température est supérieure à 30°C, on parle d'une pollution excessive.

(Mahamat, et al ; 2015)

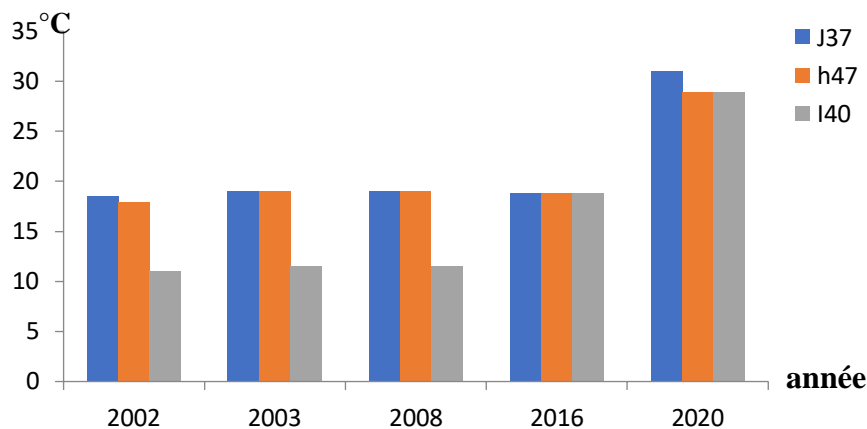


Figure 49 : Histogramme de la distribution de la température dans les eaux souterraines.

Selon l'histogramme qui explique la température des eaux souterraine dans les 3 forages (J37, H47, I40) pendant l'année 2002, 2003, 2008,2016 et 2020 ; on montre que la quasi-totalité des valeurs de température des eaux étudiées sont inférieure à la norme préconisé par l'OMS qui est de 25°C, qui est explique la présence d'une nappe alluviale non profonde alimentée par les eaux météoriques, sachant que la température moyenne annuelle de l'air est de 15,7°C.

La température maximale est remarqué dans les eaux de forage J37 en 2020 avec une valeur de 31°C et cette valeur est supérieur de loin à la norme, et pourrait signifier comparativement aux normes précédentes lorsque la temperature est supérieure à 30°C, que dans ces eaux analysées on parle d'une pollution excessive. Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Et on peut dire aussi malgré la nappe est non profonde peut etre ces eaux sont influences par l'élévation de la température de l'air

1.1.2.Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est défini par l'activité des ions H^+ dans une solution. Il exprime l'alcalinité ou l'acidité du milieu, aussi c'est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant de l'eau (**HASSAD, 2018**). Il exprime l'activité des ions H^+ dans une solution, c'est-à-dire l'alcalinité ou l'acidité d'une eau.

L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique.

- Pour un milieu neutre (H^+) = (OH^-) ou $pH = 7$;
- Pour un milieu acide (H^+) > (OH^-) ou $pH < 7$;
- Pour un milieu basique (H^+) < (OH^-) ou $7 < pH < 14$.(**MEZHOUD, 2013**)

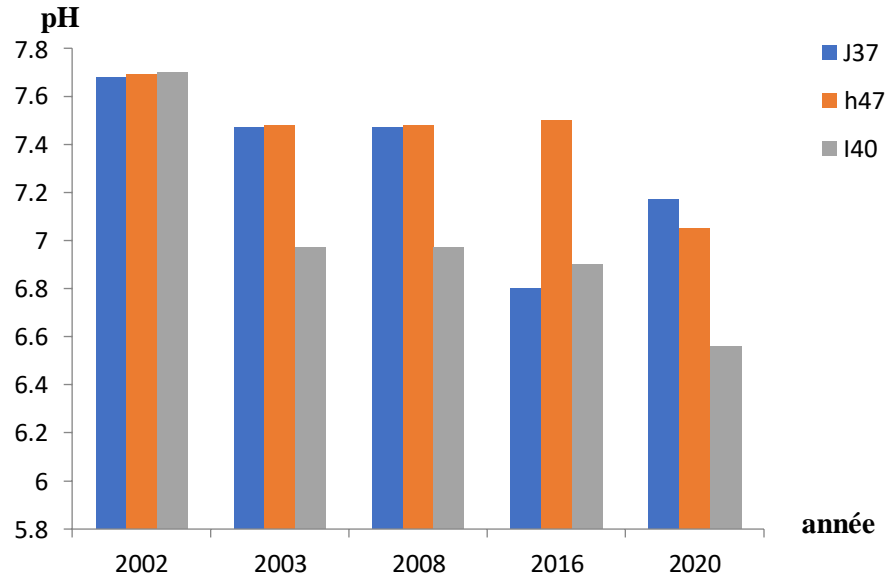


Figure 50 : Histogramme de la distribution de pH dans les eaux souterraines.

On compare les résultats obtenus lors des analyses des échantillons de l'eau de la zone d'étude en (2002, 2003, 2008, 2016, et 2020) à la norme d'OMS qui se situe entre 6.5 et 8.5 pour une eau potable, nous remarquons que le pH mesuré dans les forages varie entre 6.56 et 7.69.

Donc, les eaux de la plaine ont un caractère de neutralité rapprochée.

1.1.3. Conductivité électrique (CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{m}$ (IBGE, 2005). Elle est l'expression de la charge dissoute et rend compte de la minéralisation des eaux par la quantité d'ions en solution (GARTET *et al*, 2001 in AMIOUR, 2015)

La conductivité, caractéristique physico-chimique de l'eau liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdes ne présentent qu'une faible conductivité. (MEGHZILI, 2003)

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. La variation de la conductivité est liée étroitement aux modifications de la minéralisation des eaux souterraines et à la température de milieu. (SEKKIOU, 2020)

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- Conductivité égale à 0.05 : eau déminéralisée
- Conductivité de 10 à 80 : eau de pluie
- Conductivité de 80 à 100 : eau peu minéralisée
- Conductivité de 300 à 500 : eau moyennement minéralisée
- Conductivité de 1000 à 3000 : eau saline
- Conductivité supérieure à 3000 : eau de mer.

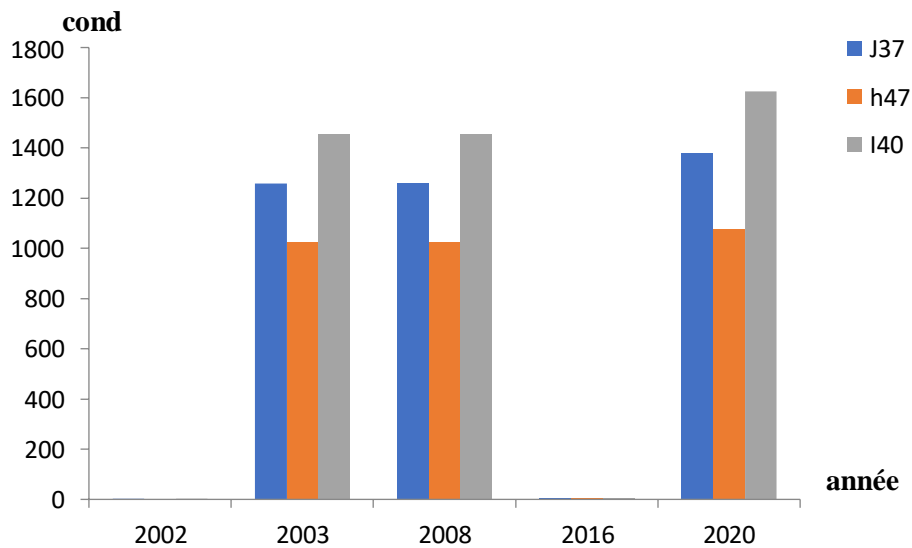


Figure 51 : Histogramme de la distribution de la conductivité dans les eaux souterraines.

Les valeurs de la conductivité électrique mesurées pour l'ensemble des échantillons d'eau de la zone d'étude prélevés en 2002, 2003, 2008, 2016 et en 2020, s'échelonnent entre : un minimum de 0.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un maximum de 1625 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dans 2002 et 2016 l'eau Presque déminéralisé ; mais en 2003, 2008 et 2020 on observe des valeurs élevée et la majorité dépassent la norme de potabilité fixé par l'OMS ($<1000 \mu\text{S}/\text{cm}$), cette forte minéralisation traduit l'influence des formations récentes alluvionnaires du quaternaire, lessivés par les pluies alimentant cet aquifère. Et s'avère que ces eaux sont salines.

1.1.4. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées. L'O.M.S. indique comme valeur limite 5 unités NTU (nephelometric turbidity unit) et précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il convient que la turbidité soit inférieure à 1 NTU.

Les eaux échantillonnées dans notre secteur d'étude ont présenté des valeurs comprises entre 1 et 2 NTU.

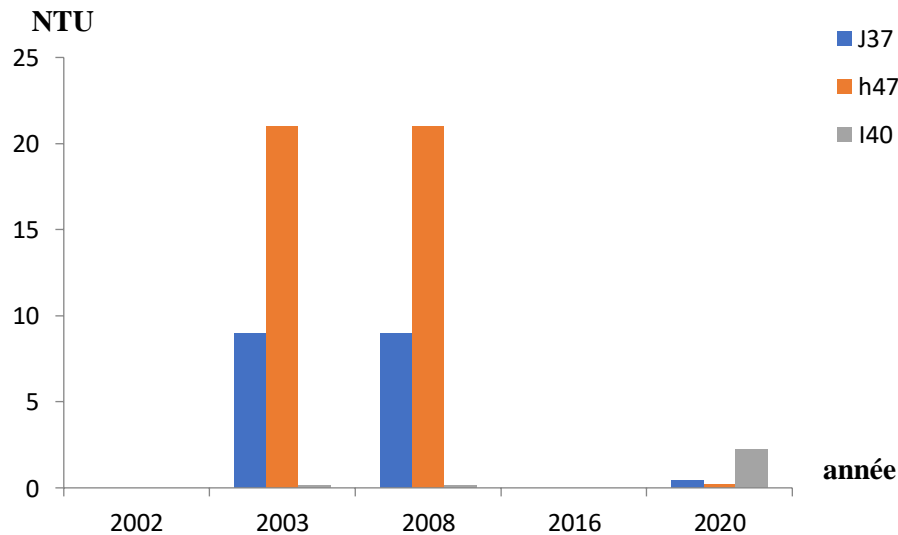


Figure 52 : Histogramme de la distribution de la turbidité dans les eaux souterraines.

L'histogramme montre que les teneurs de la turbidité en 2002, 2003, 2008, 2016 et 2020 dans les 3 forages J37, H47, I40 sont représentés avec une valeur maximale de 21 NTU dans le forage H47 en 2003 et 2008. Ces valeurs varient entre 5 et 30 NTU, ce qui montre que ces eaux sont des eaux légèrement trouble, et une faible teneur de 0.14 NTU dans le forage I40 en 2002 et 2008 et 0.19 NTU en 2020 dans le forage H47.

1.2. Les Paramètres chimiques

1.2.1. Les cations

1.2.1.1. Calcium (Ca²⁺)

Les ions de calcium existants dans l'eau proviennent de la dissolution des carbonates et de roches gypseuses. Pour les roches carbonatées, l'apparition du calcium résulte de la dissolution des formations (CaCO₃) par l'attaque chimique des eaux en présence du gaz carbonique. (BELKOUM, 2017)

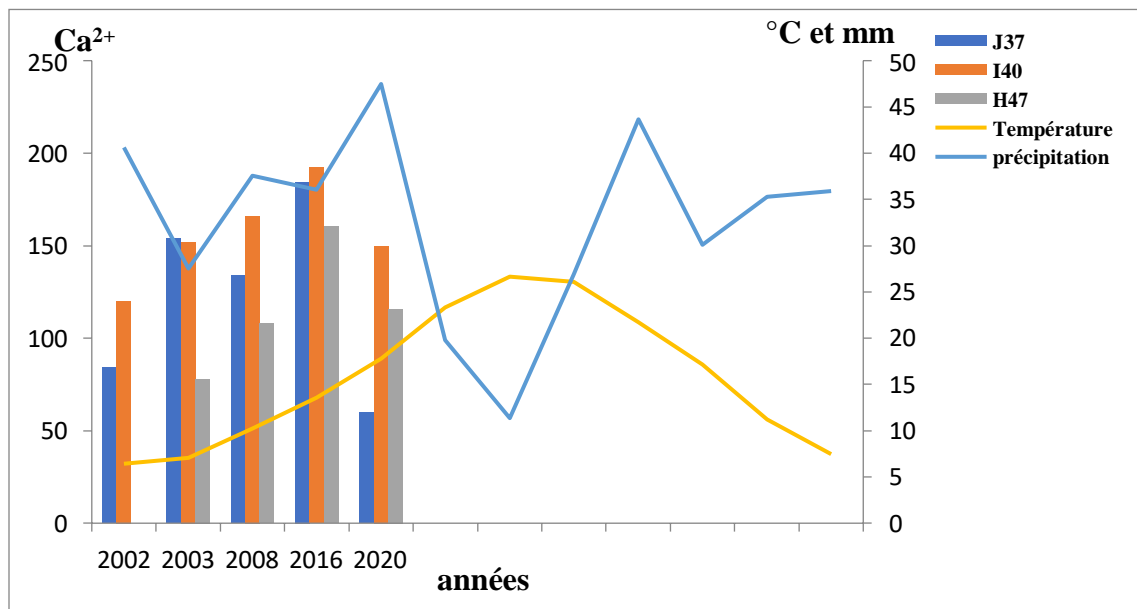
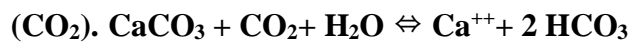


Figure 53 : Histogramme de la distribution des teneurs en Calcium dans les eaux souterraines.

Dans la région d'étude, Les concentrations de calcium varient respectivement entre un minimum de 60 mg/l et un maximum de 192.39 mg/l ;

L'examen de l'histogramme de variation de calcium (Fig.), montre que les teneurs les plus élevées ont été enregistrés en 2016 dans les forages I40, J37 et H47 par des concentrations 192.39mg/l, 184.37mg/let 160.32 mg/l successivement, et sont supérieurs à la norme de potabilité de l'OMS, même pour les autres années presque tous les valeurs sont supérieurs à

100mg/l. On peut attribuer la forte teneur en calcium à la dissolution des formations carbonatées et gypseuses

Les faibles teneurs ont été observés dans les forages J37 en 2020 et 2002 avec des concentrations successive 60mg/l et 84 mg/l et H47 en 2003 avec une valeur de 78 mg/l.

1.2.2.Magnésium (Mg^{2+})

C'est un élément qui accompagne souvent le calcium, et provient de la dissolution des roches et des industries de potasse de la cellulose et des brasseries (BENMESSOUAD, 2007 ; SMAIL, 2012

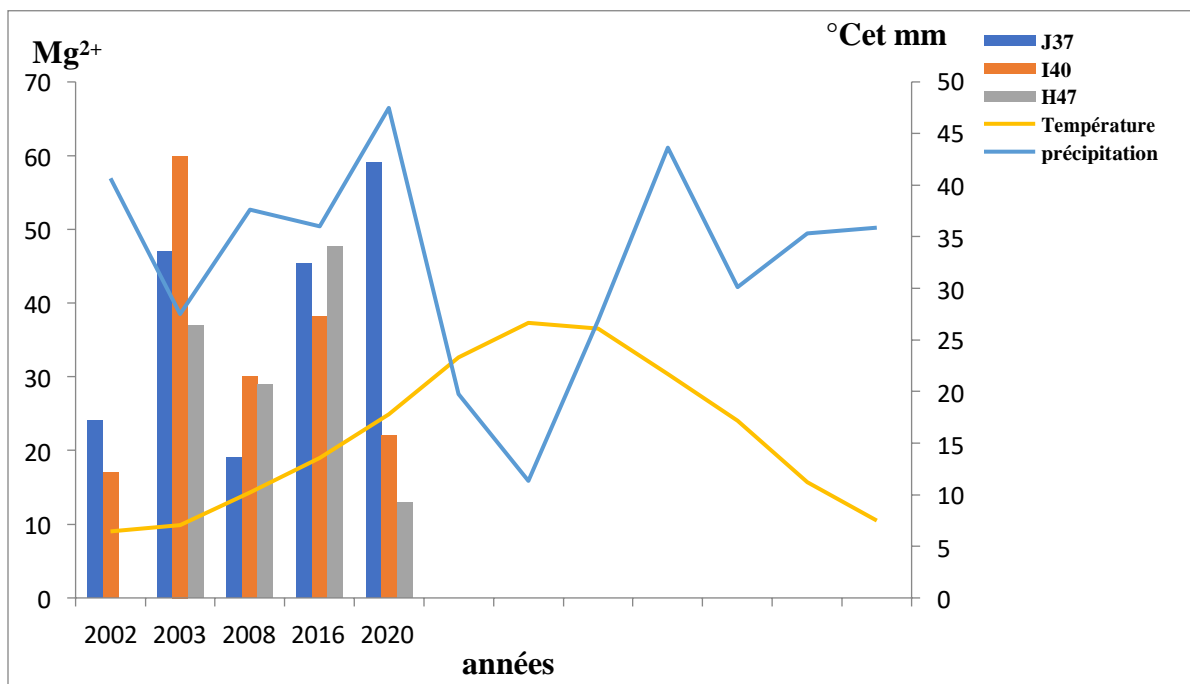


Figure 54 : Histogramme de la distribution des teneurs en Magnésium dans les eaux souterraines.

Dans la région d'étude les concentrations en magnésium varient entre 13 et 60 mg/l. Les teneurs élevées (59 et 60 mg/l) sont observées dans les forages J37 et I40. L'examen de l'histogramme de concentration de magnésium en 2002, 2003 et 2008 montre que la teneur en Mg^{2+} est relativement faible avec des valeurs successive 13, 17, 19 dans les forages H47, I40 et J37. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par l'OMS qui exige une concentration de 50 mg/l au maximum.

1.2.1.3.Sodium (Na⁺)

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. La plus importante source de sodium se trouve dans les évaporites. L'existence d'inclusion évaporitiques sous forme de roches salines riches en NaCl et CaSO₄ et Na₂SO₄ (Halite, gypse peut être aussi à l'origine de cet élément.) (RODIER, 2005 in BERKANI, 2017)

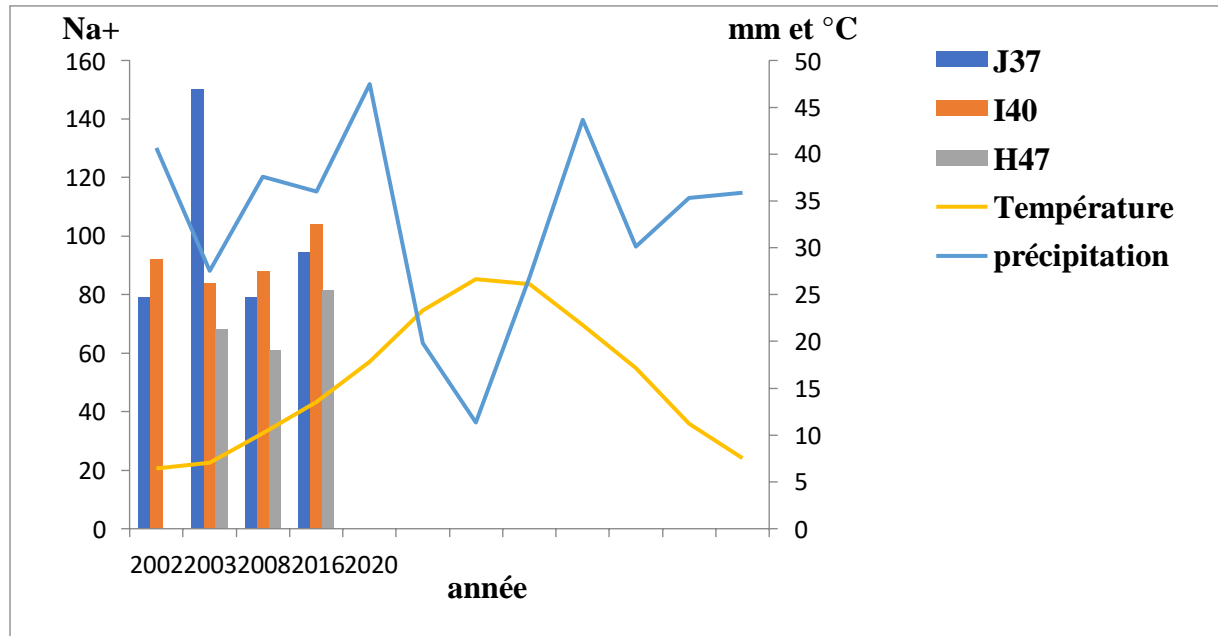


Figure 55 : Histogramme de la distribution des teneurs en Sodium dans les eaux souterraines.

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante : $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Les teneurs en sodium observées pour l'ensemble des points d'eaux de la plaine (2002, 2003, 2008, 2016, 2020) varient entre 61 mg/l comme valeur minimale et 150 mg/l comme valeur maximale dans les eaux du point d'eau; la concentration de Sodium en 2008, 2003 montre que la teneur en Na⁺ est relativement faible avec des valeurs successive 61, 68 dans le forage H47. et 79 dans le forage J37 en 2002 et 2008 ; et les valeurs élevés sont 150 et 104.19 en 2003 et 2016 successivement dans les forage J37 et I40.

1.2.1.4. Potassium (K^+)

Le potassium (K^+) est un élément abondants sur terre, mais peut fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombéné dans les sols (sur les argiles notamment). Les sources principales de potassium sont les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium), les évaporites (sylvinite KCl) et les argiles. (LAKHDARI, 2012)

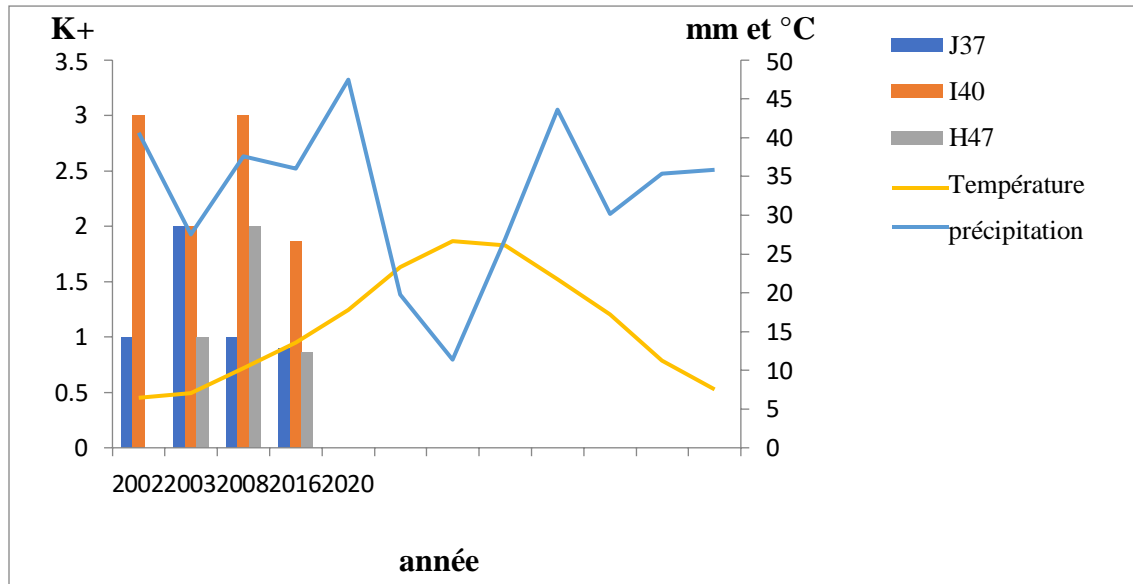


Figure 56 : Histogramme de la distribution des teneurs en Potassium dans les eaux souterraines.

L'histogramme de la distribution des teneurs en potassium montre que la teneur maximale est de 3 mg/l dans le forage I40 en 2002 et 2008, les faibles teneurs est de 0.863 mg/l et 0.898mg/l dans les forages H47 et J37 en 2016.

1.2.2. Les Anions

1.2.2.1. Les bicarbonates (HCO_3^-)

Une concentration trop élevée en bicarbonate dans l'eau est susceptible d'avoir une incidence négative mais réversible sur la potabilité de l'eau. Ces ions hydrogénocarbonates sont dosés pour connaître leur effet dans la canalisation et les risques de corrosion du réseau de distribution qu'ils peuvent provoquer. Les ions bicarbonates HCO_3^- constituent le tampon principal des systèmes d'eaux douces (ABDELLAOUI, 1990). Ils permettent le rétablissement

des conditions initiales en cas de pollution par des déversements acides (PESSON, 1976 in GAAGAI, 2017)

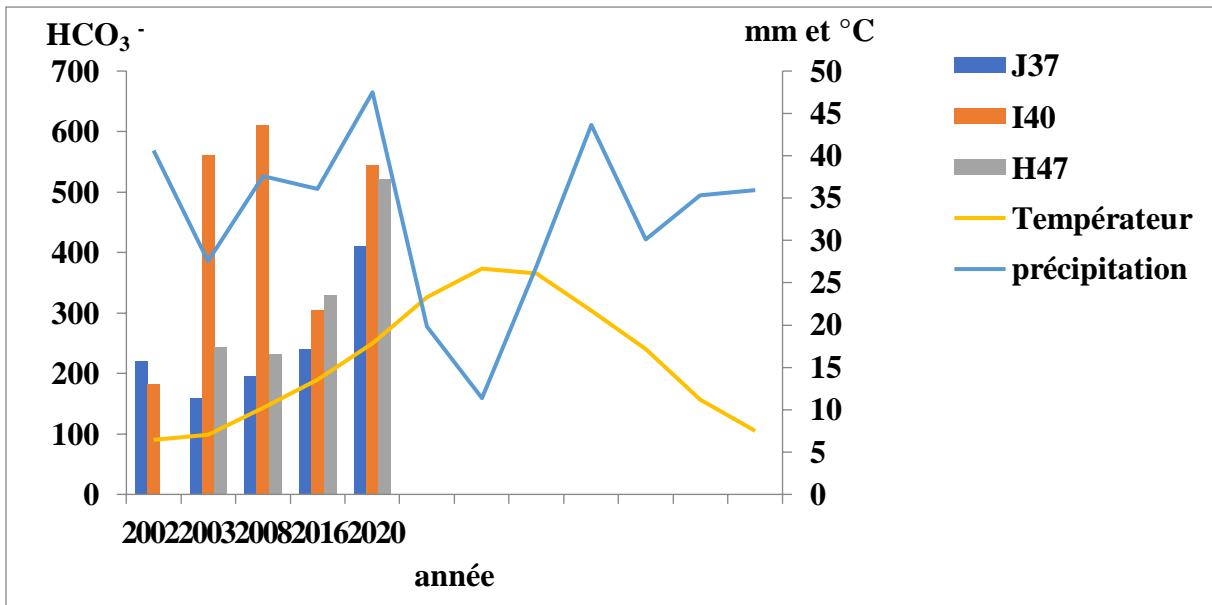


Figure 57 : Histogramme de la distribution des teneurs en Bicarbonate dans les eaux souterraines.

Leur origine principale est la dissolution des roches carbonatées et gypsifères selon l'équation suivante : $(Ca^{2+}, Mg^{2+}) CO_3 + H_2O + CO_2 = 2HCO_3^- + (Ca^{2+}, Mg^{2+})$.

L'examen de l'histogramme montre que les concentrations des bicarbonates sont supérieures à la norme imposée par l'OMS qui est (250 mg/l) au niveau de forage I40 en 2003, 2008 et 2016 ; H47 en 2016 et aussi en 2020. Les valeurs de bicarbonate dans les 3 forages (J37, I40, H47) sont supérieures à la norme ; ces valeurs qui sont supérieures sont comprises entre (305 et 610). Selon l'histogramme on comprend que la valeur minimale est 159 dans le forage J37 en 2003 et la valeur maximale est 610 dans le forage I40 en 2008.

Les normes d'OMS ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

L'eau étudiée a une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux ions considérés. Cette teneur confirme son origine bicarbonate.

1.2.2.2. Les sulfates (SO_4^{2-})

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. (RODIER, 2009)

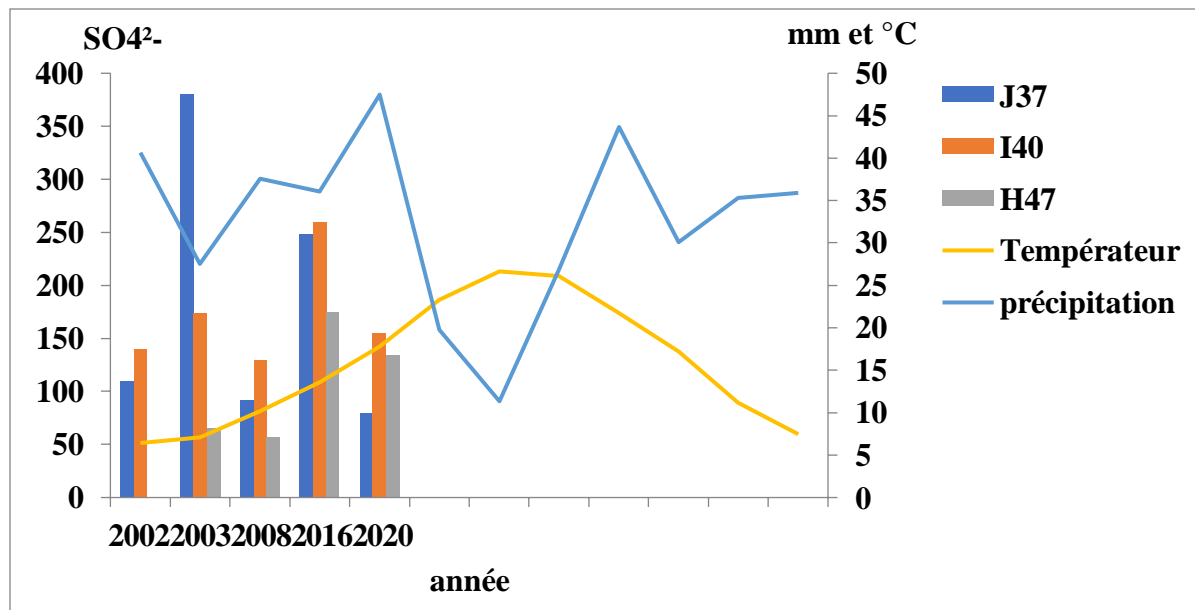


Figure 58 : Histogramme de la distribution des teneurs en Sulfate dans les eaux souterraines.

L'examen de l'histogramme du sulfate montre que les concentrations varient entre 57 et 380 mg/l.

La valeur minimale de SO_4^{2-} est 57 mg/l dans le forage H47 en 2008 et la valeur maximale c'est 380 mg/l dans le forage J37 en 2003 qui est supérieur à la norme de potabilité fixée par l'OMS. et cette dernière élévation s'avère probablement à la dissolution de formations riches en SO_2 comme l'argile du quaternaire. 2003 qui est supérieur à la norme de potabilité fixée par l'OMS. et cette dernière élévation s'avère probablement à la dissolution de formations riches en SO_2 comme l'argile du quaternaire. Sans oublier la présence d'inclusion gypsifère ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et de roches salines évaporitiques ($\text{Na}^2 \text{SO}_4$) qui seraient aussi le responsable de l'augmentation de la teneur en sulfate.

1.2.2.3. Les nitrates (NO_3^-)

Substances chimiques naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote. Le nitrate est beaucoup utilisé dans les engrais inorganiques et les explosifs, comme agent de conservation des aliments et comme substance chimique brute dans divers procédés industriels

Le nitrate représente la plus stable des deux formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, il peut être réduit en nitrite (NO_2^-), qui est la forme la plus toxique. Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement. Il est le produit de l'oxydation de l'azote de l'atmosphère (représente 78%) par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau et, dans une moindre mesure, par les décharges électriques comme la foudre. (DF, 2012)

Les nitrates existent à l'état naturel dans les sols, les eaux et dans toutes les matières végétales. Ils proviennent de la décomposition naturelle, par des micro-organismes, de matières organiques azotées telles que les protéines des végétaux, des animaux et des excréments d'animaux. Ils parviennent ainsi aux eaux superficielles par les nappes d'eau souterraines et par le ruissellement des terres agricoles en hiver. (Bouakkaz, 2015)

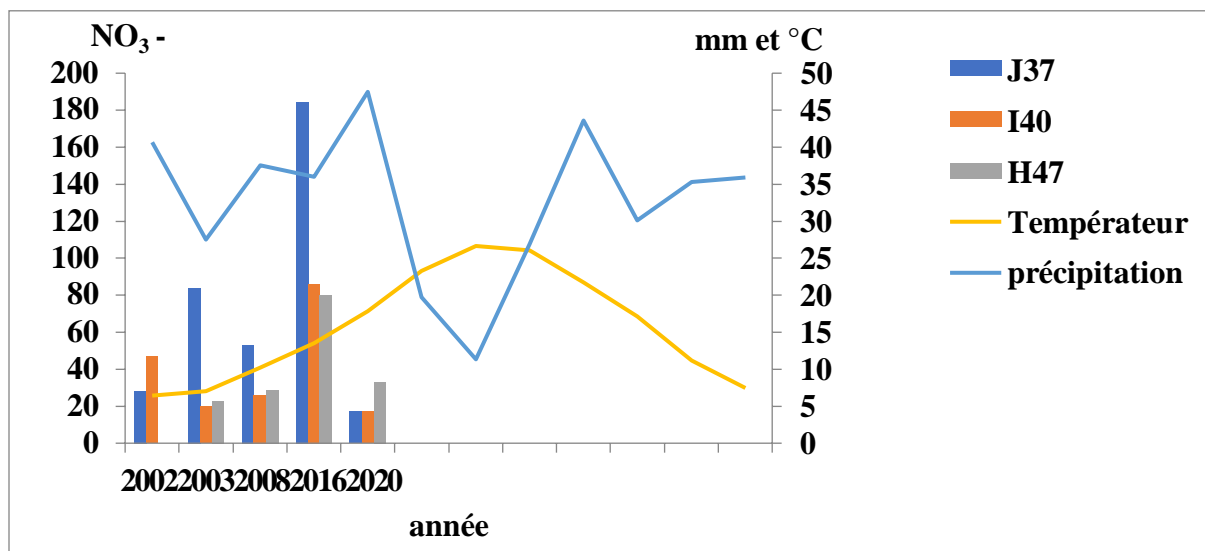


Figure 59: Histogramme de la distribution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines.

Les teneurs en nitrates en 2016 sont alarmantes, où elles dépassent de loin les normes; dans les 3 forages. Qui est supérieure à la norme de potabilité (50mg/l). La teneur maximale sont observée au niveau du forage J37 en 2016 par 154 mg/l, Cette présence de nitrates constitue un

facteur de risque pour la santé humaine, surtout pour la population la plus vulnérable (nourrissons, femmes enceintes) là où on a une activité intense de l'agriculture. Et des valeurs minimale de 14mg/l en 2020 dans les forages J37 et I40.

On peut dire aussi que les valeurs élevées sont attribuées à la pollution agricole par l'utilisation des engrais naturels et artificiels nitrates dans des cultures et l'élevage intensif. aux eaux usées domestiques de l'agglomération de F'Kirina qui sont rejetés d'une façon anarchique non contrôlés dans Oued Nini.

1.2.2.4. Les chlorures (Cl⁻)

Le chlorure (Cl⁻) est un ion négatif du chlore (Cl); cet élément est très abondant dans l'environnement. Il est présent dans l'eau, le sol, les roches, ainsi que dans de nombreux aliments. (MDE, 2008). Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme et il est présent naturellement à faible dose dans les eaux minérales. Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer (±19 g/l). Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l. Dans les eaux souterraines, leur concentration dépend des roches traversées. Les sols pollués par l'industrie chimique sont très riches en chlorures. (L.Woodward, 2014)

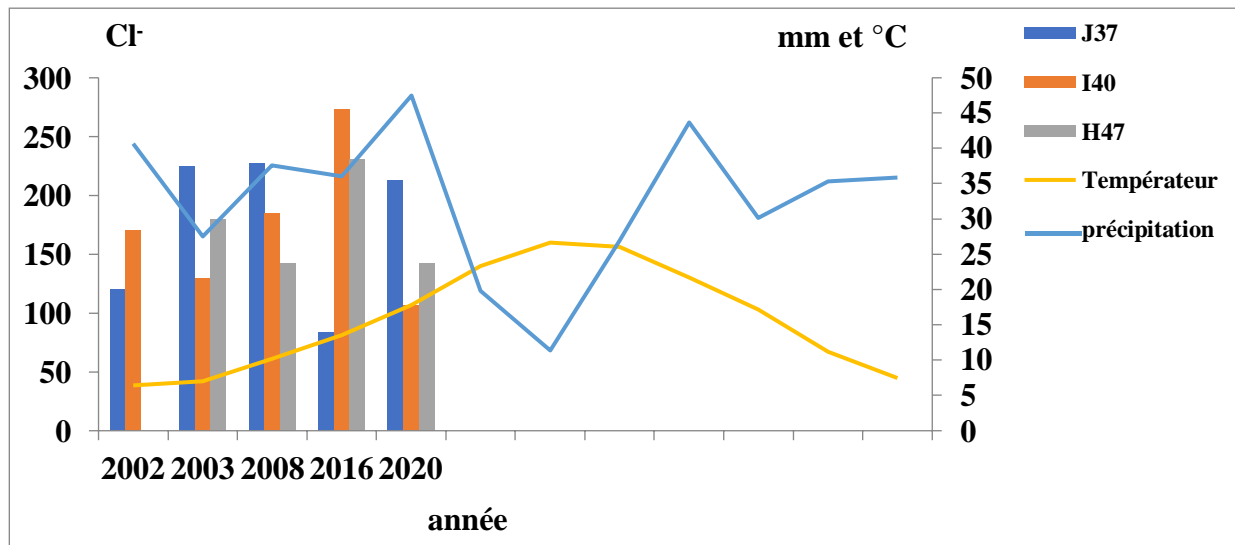


Figure 60 : Histogramme de la distribution des teneurs en Chlorure dans les eaux souterraines.

L'histogramme de la distribution des teneurs en Chlorure dans les eaux souterraines montre que la concentration la plus élevée est enregistrée au niveau de forage I40 en 2016 avec une valeur de 273.35mg/l. La faible teneur est enregistrée dans le forage J37 en 2016 avec une valeur de 84mg/l.

on peut lier la forte teneur en chlorures à la pollution des eaux de la nappe par les eaux usées des rejets de la ville de Ain Beida, à l'utilisation des engrais chimiques, aux rejets domestiques, et aux rejets solides des parcs d'élevages (poulaillers). La région est de climat semi-aride donc nous lier aussi les fortes concentrations au lessivage des concentrations salines superficielles en cas de forte pluie (période de forte pluviométrie de 2016) et à la contamination des eaux de la nappe par les eaux du Sebkha (Garaet Tarf).

2. Faciès chimiques des eaux

2.1. Diagramme de Piper

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de piper permet de catégoriser les faciès chimiques des échantillons d'eau prélevée sur le terrain. (HAMIDAT, 2011)

Le report des résultats des analyses des eaux de l'aquifère Mio-Plio-Quaternaire sur le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau et permet aussi d'estimer les pourcentages des éléments chimiques et leur classification. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

La représentation des données physico-chimiques sur le diagramme de Piper montre plusieurs faciès chimiques qui dépendent de la nature géologique de l'aquifère.

Diagramme de Piper 2002

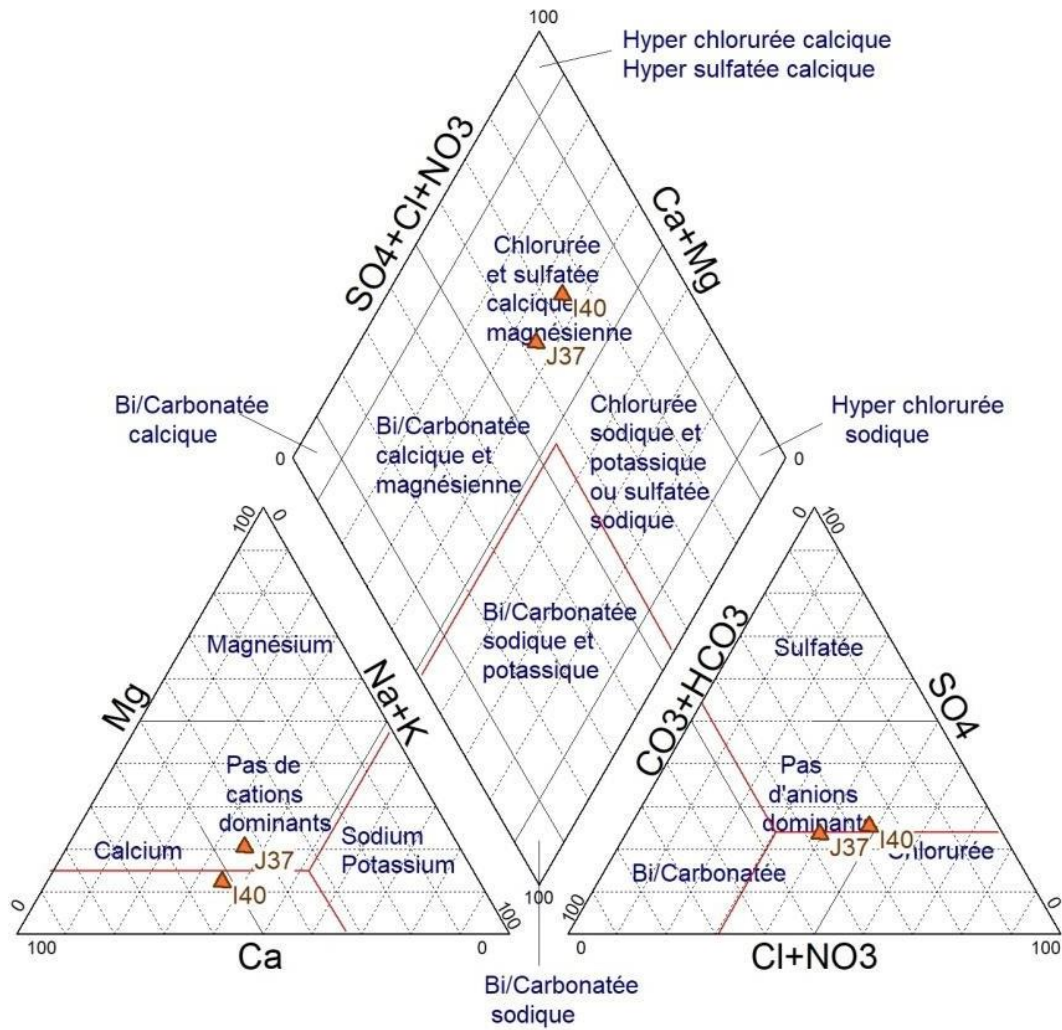


Figure 61: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2002

Diagramme de Piper 2003

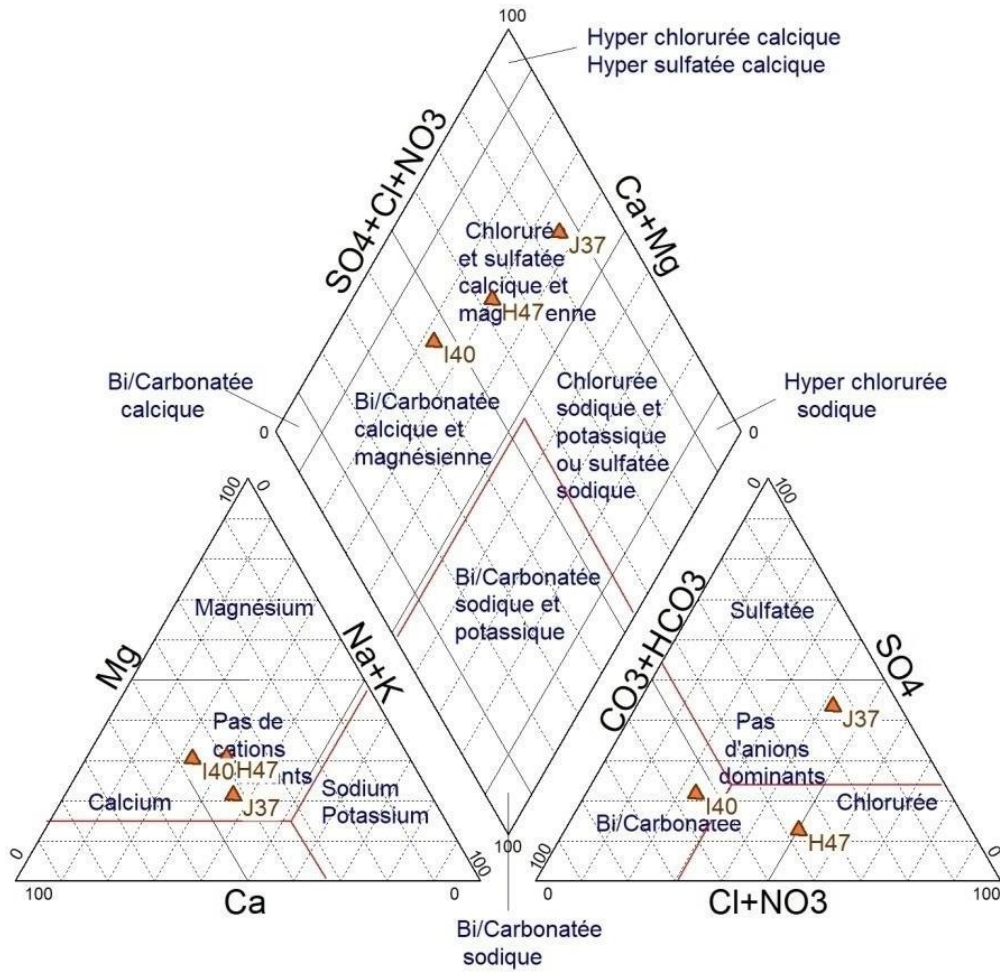


Figure 62: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2003

Diagramme de Piper 2008

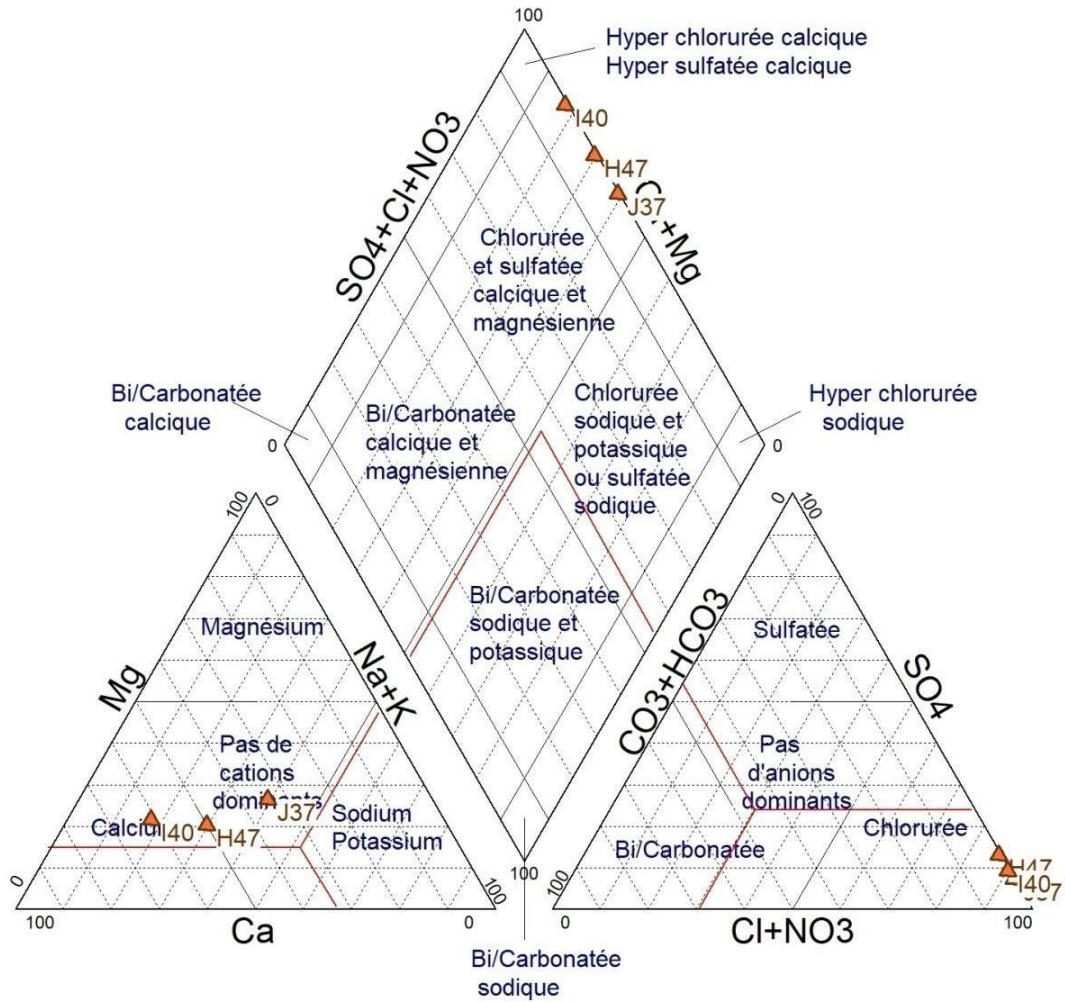


Figure 63: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2008

Diagramme de Piper 2016

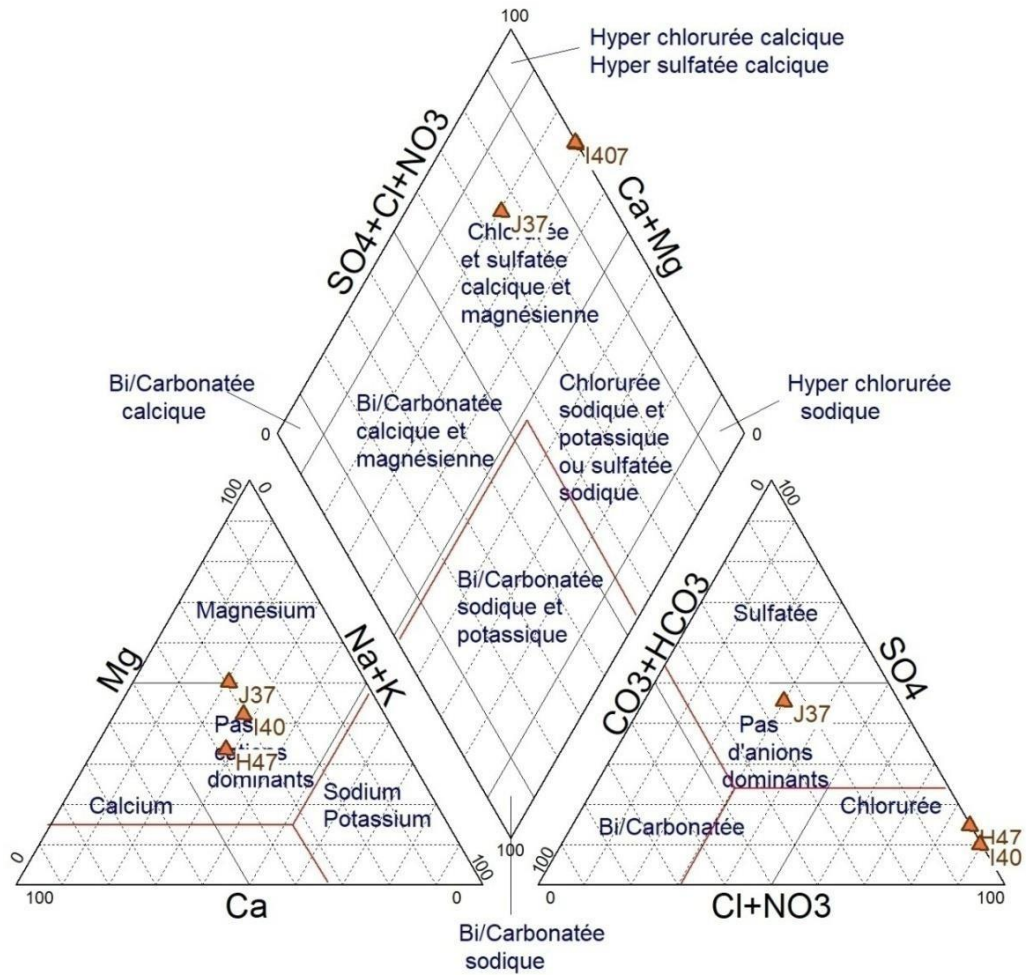


Figure 64: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2016

Fkirina 2002

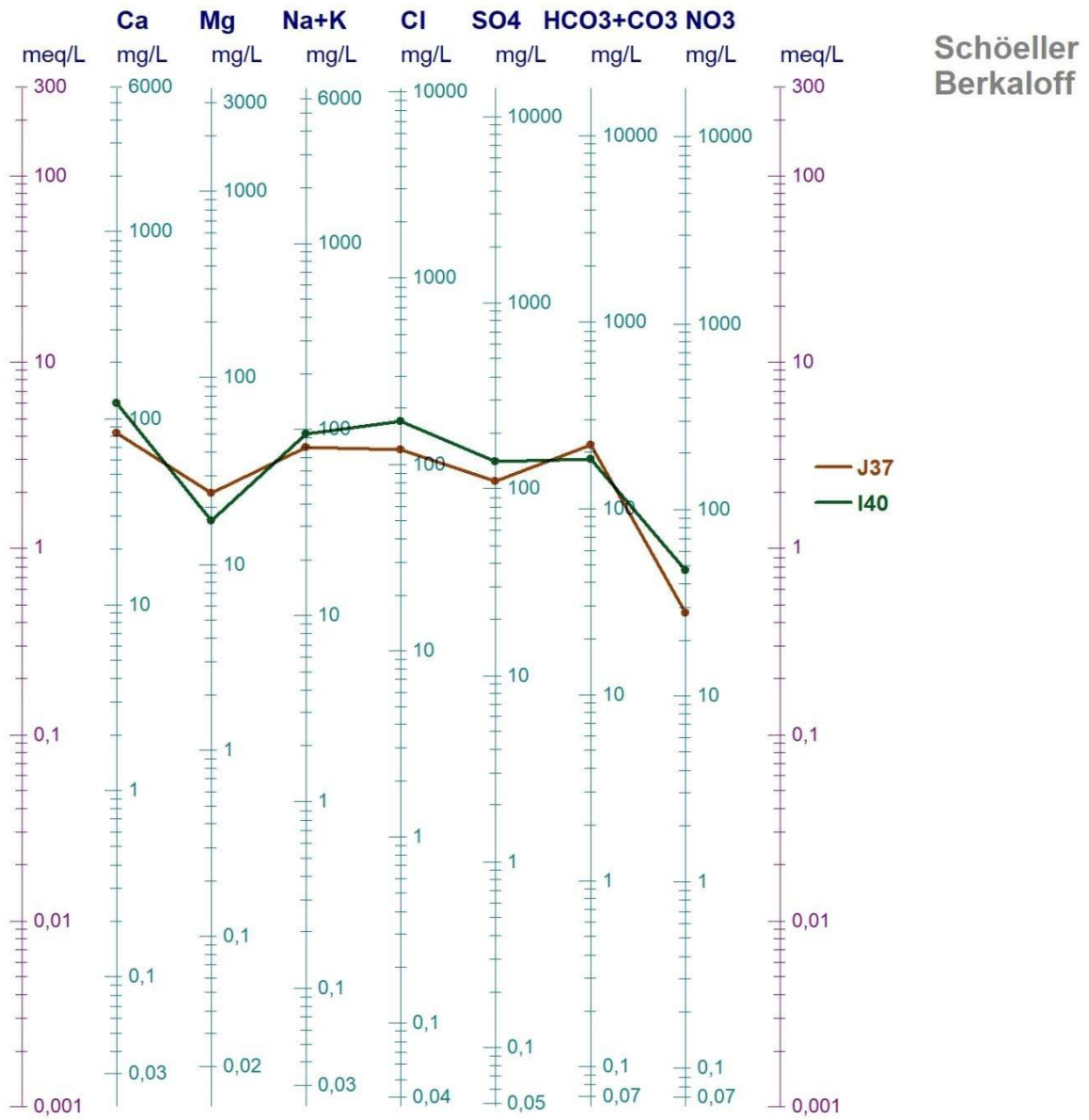


Figure 66: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2002

Fkirina 2003

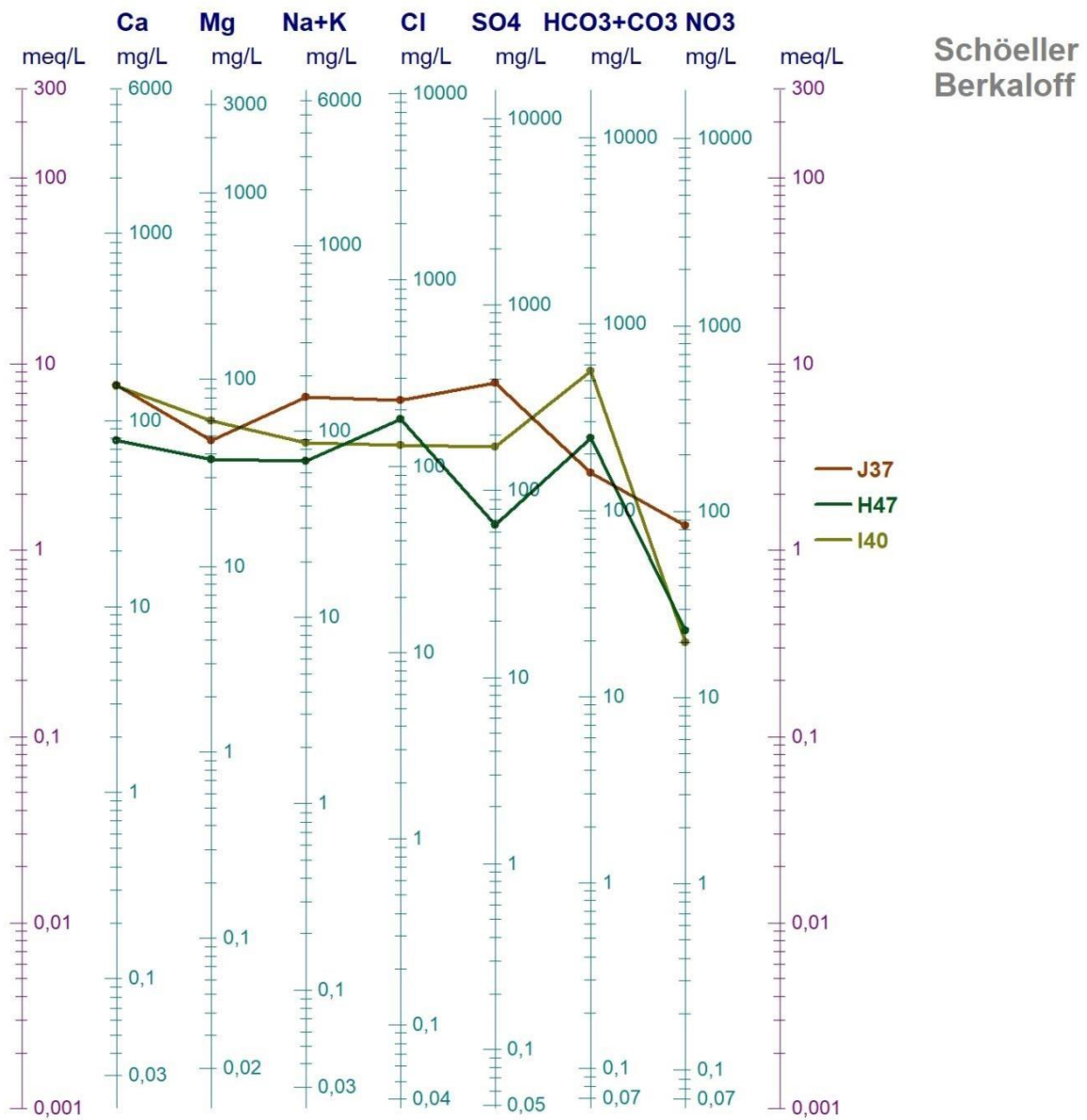


Figure 67: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2003

Fkirina 2008

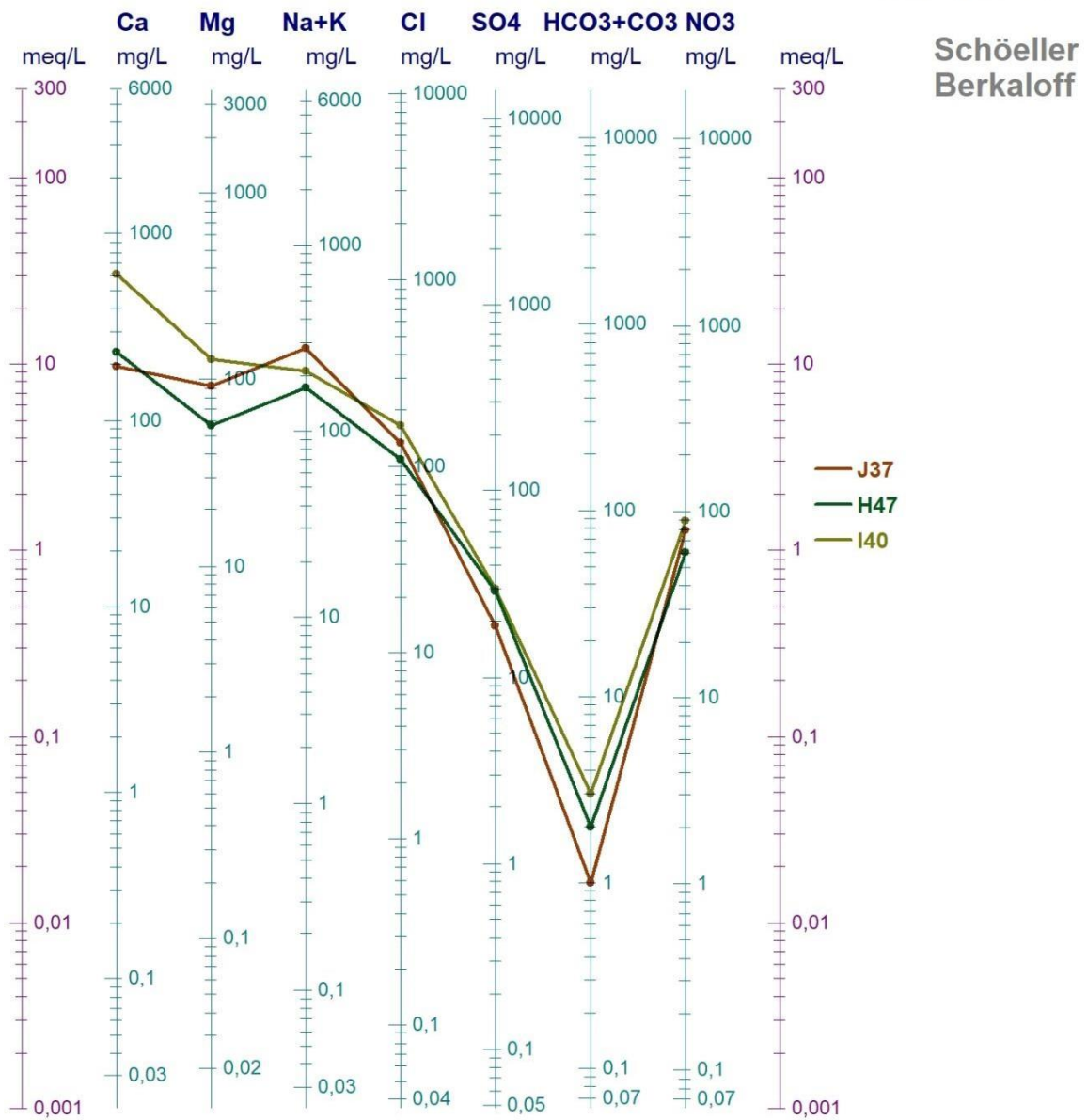


Figure 68: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2008

Fkirina 2016

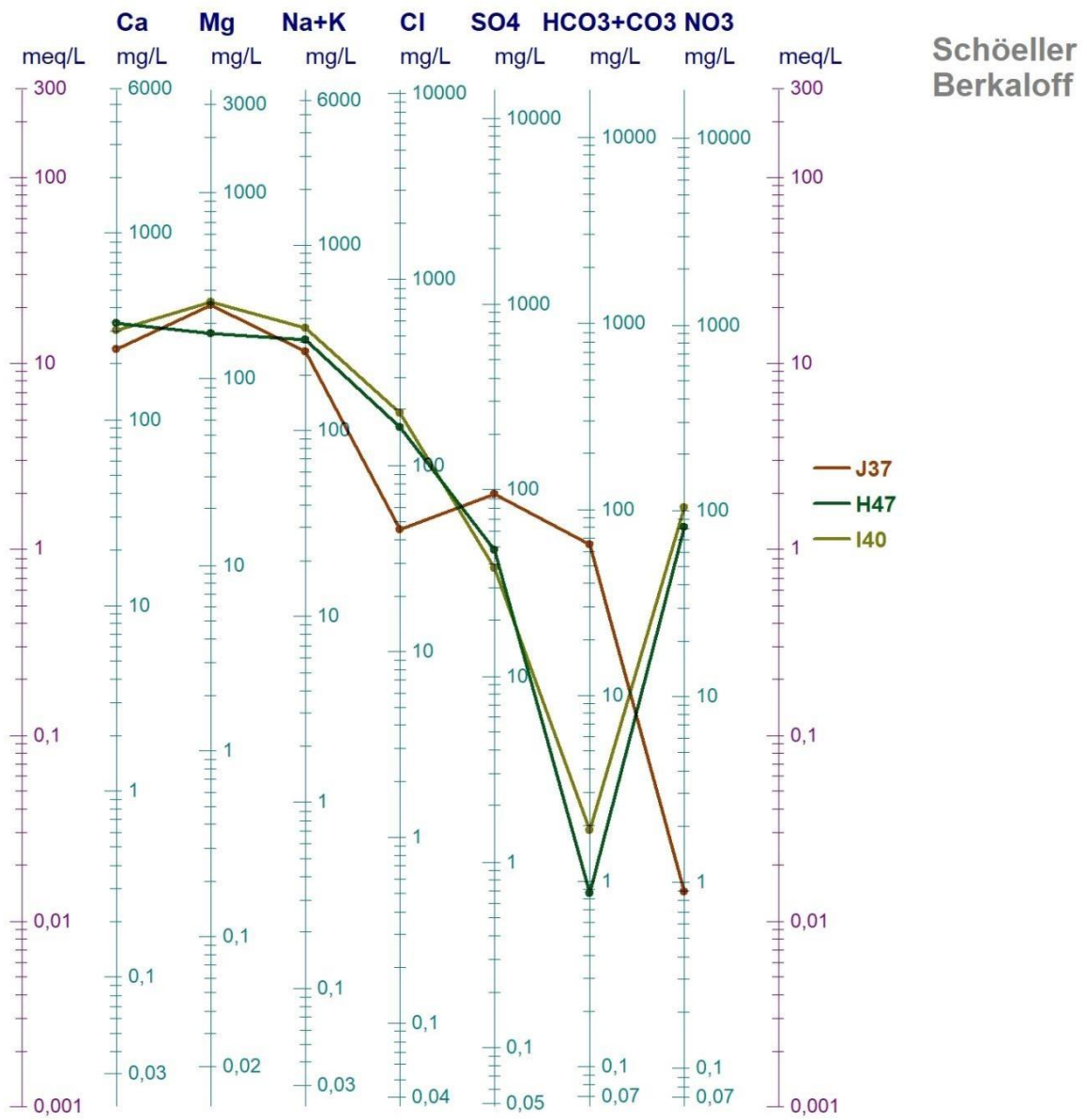


Figure 69: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2016

Fkirina 2020

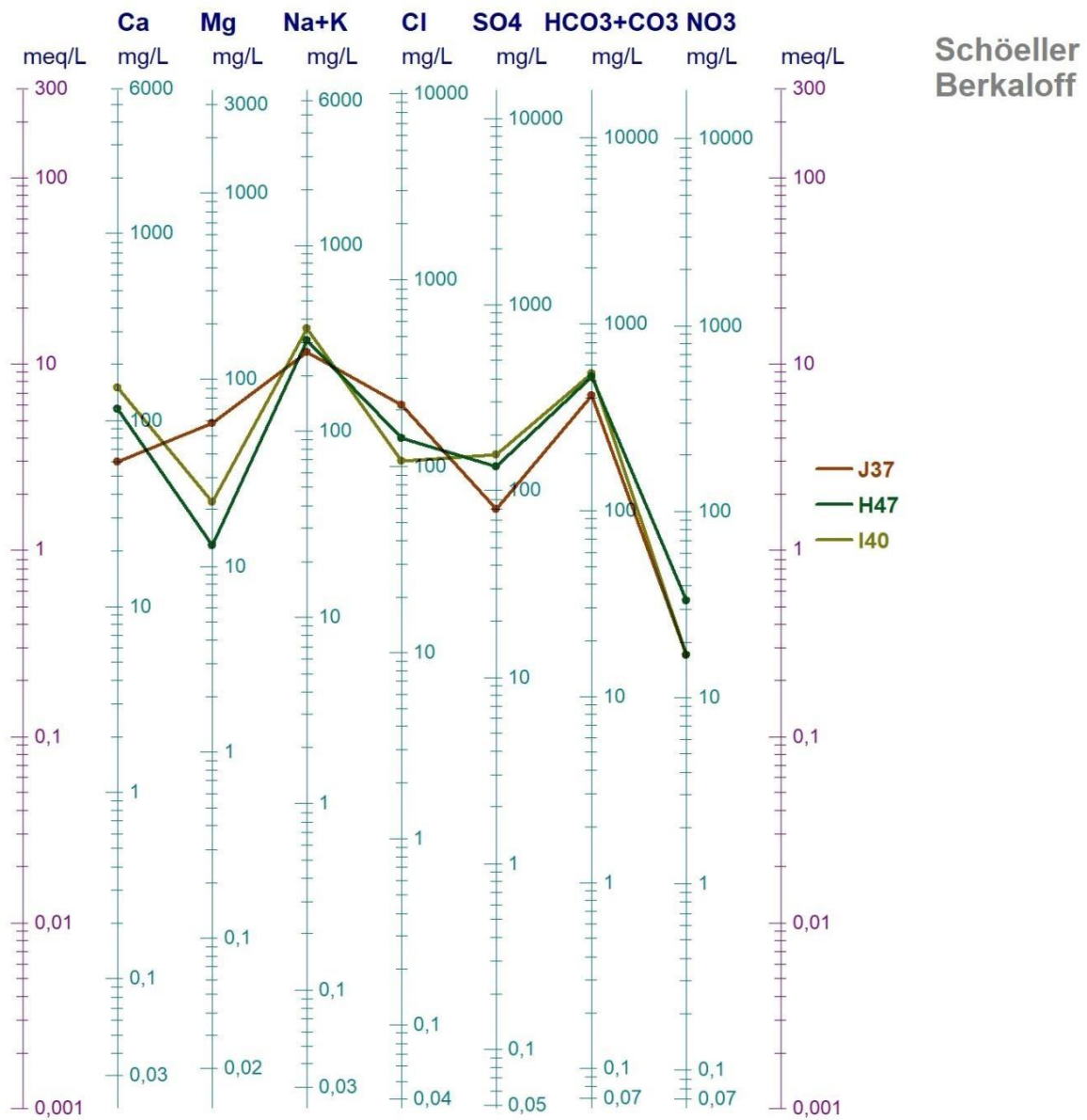


Figure 70: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude en 2020

L'analyse du diagramme de Schoeller-Berkaloff et de piper pendant toutes les années nous permet de conclure que la majorité des eaux de la zone d'étude présentaient des profils identiques. Elles sont marquées par les calciums qui s'accompagnent tantôt de bicarbonate, tantôt de sulfate et de chlorure. Ceci est en liaisons direct avec la présence dominante des argiles, des terrains salifères, et des formations carbonatées et gypsifères.

Conclision générale

Conclusion générale et recommandations

A Travers a Ce travail, nous avons commencé par présenter le cadre physique de la région d'étude incluant les contextes géographiques, climatiques morphologiques, hydrologiques. L'étude physique explique que la région de Fkirina à un morphology de faible altitude.

L'étude géologique permis de distinguer les principales formations géologiques de cette région; à savoir: Un substratum marneux du Maestrichtien inférieur observe au djebel Boutekhma dans la partie sud de la plaine.

- Un ensemble appartenant au Crétacé et au Miocène caractérisé par des calcaires maestrichtiens, affleurent près des djebels (El Bardo, Djazia, Fedjidjet, Boutekhma.)

- Un bassin comblé d'une sédimentation hétérogène, notamment alluvionnaire, constituent le quaternaire, avec une épaisseur de dizaines de mètres.

Les données climatiques de la région étudiée, cette dernière à un climat semi-aride ; Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 392.4 mm pour une température moyenne annuelle de 15,7 °C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de distinguer une période chaude et sèche et une période froide et pluvieuse. L'évapotranspiration réelle moyenne est de l'ordre de 392.4 mm Le déficit agricole est de l'ordre de 464.0 mm Le ruissellement est de 27.45 mm et l'infiltration est de -27.45 mm pour la station d'Oum El Bouaghi.

L'étude hydrochimique a permis de caractériser les principaux paramètres physicochimiques des échantillons d'eau prélevée. L'étude des caractéristiques physiques (la température, le pH, la conductivité électrique, la minéralisation, Le résidu sec et La turbidité), l'établissement des cartes de distribution spatiale de ces paramètres montre l'évolution de chaque paramètre et explique les facteurs qui contrôlent cette évolution.

D'après les résultats des analyses chimiques et leurs classifications, nous remarquons que

Les données des ions majeurs, reportées sur le diagramme de Piper ont permis de mettre en évidence l'évolution des eaux, d'un faciès à l'autre, en passant d'eaux chlorurées calciques, sulfatées calciques vers des eaux mixtes en chlorurées calciques sulfatées calciques et carbonatées calciques puis passent en eaux carbonatées sodiques et chlorurées sodiques .

Le diagramme de Scholler montre que les eaux étudiées ont des origines différentes.

Conclusion générale et recommandations

Et selon notre étude on montre qu'il y'a des danger dans la région qui peut pollué les sources d'eau ; parmi elle on peut mentionner :

- La décharge non contrôlé de Fkirina.
- Le CET de Ain el Beidha qui est pose dans Fkirina.
- Les eaux usées.
- Les déchets des poubelles.

Enfin l'instauration d'un système d'observation et de contrôle périodique permettra de:

- Connaître les conditions et les limites d'exploitation ainsi que la qualité des eaux et leur destination.
- Prévoir en s'appuyant sur une banque de données un programme d'exploitation rationnelle des différents horizons aquifères.

En conclusion, nous espérons que l'étude hydrogéologique que nous avons menée au niveau de la plaine de Fkirina en région semi-aride, a apporté un certain nombre d'informations supplémentaires et de précisions qui pourront orienter les futures travaux dans le domaine de la maîtrise et la gestion des ressources en eaux.

Références bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **(A1)** : La wilaya d'Oum El Bouaghi en Algérie (Algerie-monde.com).
- **Adda M. (2013)** : Caractérisation hydro chimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbain: cas de l'agglomération oranaise (Algerie) (thèse de magister université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed), 35-36p.
- **Akhillé A. (2018)** : Akhillé Aercke, 06 Juin, 2018.
- **Amiour S et Debieche T. H (2015)** : Qualité des eaux et des sédiments de la plaine alluviale d'Oued Nil Qualité des eaux et des sédiments de la plaine alluviale d'Oued Nil willaya de Jijel, NE algérien, 36p.
- **Bahir M, Mennani A, Oliveira da Silva M, et Blavoux B (2003)** : Impact de la sécheresse sur la ressource en eau en zone semi-aride: cas de l'aquifère barrémien-aptien de la zone côtière d'Essaouira (Maroc). Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos, 785-796p.
- **Belmekki M.E. (2013)** : Evaluation et caractérisation de quelques gisements Hydrothermaux du Nord des Aurès (mémoire de magister, Université Abbas Laghrour de kenchela.2013), 50p.
- **Belkoum N. (2017)** : L'apport de l'hydrochimie et des isotopes de la molécule d'eau dans l'étude de l'impact des eaux de barrage sur la qualité des eaux souterraines dans les bassins endoréiques (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour) ,61p.
- **Berkani C. (2017)** : Apport du Traçage Chimique et Isotopique à Des Sources En Eaux Au Massif des Aurès (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour ,2017), 32, 47,68p.
- **Brasilia . (2013)** : Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau, 56,63p.
- **Bougandoura A. (2013)** : Traçage chimique de quelque sources d'eau du Nord-est des Aurès (W. Khenchela) (Mémoire de Magister, Université de Khenchela-Abbas Laghrour ,2013), 28p.
- **Boumaiza I. (2012)** : Origine de la salinite et modelisation thermodynamique des eaux souterraines de l'aquifere de kenchela (Mémoire de Magistère Université de Khenchela-Abbas Laghrour.2012) ,43p.
- **Boumaraf W. (2010)** : Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala) (Mémoire de Magistère, 2010) ,23p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Bouabid A. (2013)** : Etude hydrogéologique du bassin de droh à partir de la bordure maastrichtienne de Tighanimine (Bassin versant de Oued Labiod Aval-Région des Aurès) (Mémoire de Magister en géologie Université Hadj Lakhdar- batna) ,115p.
- **Bouakkaz F. Z. (2015)** : Contribution à l'étude microbiologique et physico-chimique de l'eau des zones humides de la région de Collo (wilaya de Skikda (Doctoral dissertation, Oum-El-Bouaghi), 18p.
- **Chaib N. (2011)** : Cartographie de la qualité des eaux de surface du bassin hydrographique de l'oued kebir-est (nord-est d'algerie) (doctoral dissertation. Université Badji Mokhtar Annaba.2011), 22, 29p.
- **Chibani S. (2009)** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma) (Doctoral dissertation), (2009), 3p.
- **Chkir N, Trabelsi R , Bahir M, Hadj Ammar F, Zouari K , Chamchati H, et Monteiro J.P. (2008)** : Vulnérabilité des ressources en eaux des aquifères côtiers en zones semi-arides Etude comparative entre les bassins d'Essaouira (Maroc) et de la Jeffara (Tunisie). Comunicações Geológicas, 95, 107-121p.
- **Debieche T.H. (2002)** : Évolution 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 (docteur de l'Université de Franche-Comte) ,43p
- **Dib D. (2018)** : Origine et caractérisation de la pollution des eaux dans le bassin de Tarf (Ne-Algérien) (Doctoral dissertation, université Oum-El-Bouaghi.2018), 68p.
- **Dictionnaire Environnement (2012).**
- **Djoudi S. (2018)** : Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la plaine de F'kirina (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour),4-5,9- 11,14-22,30,39,65,72p.
- **DRE. (2021)** : Direction des ressources en eau, Fkirina. 2021 نزع الموارد المائية
- **DSA. (2021)** : Direction des services agricole de Fkirina.2021 النزع الفالحي
- **EDRAF. (2018)** : Etude De Diagnostic Du Réseau D'assainissement De La Ville De fkirina.w.oum el bouaghi ; Bureau d'Etudes des Structures Hydraulique et Environnement .07/07/2018, 3-5,10-12p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Gaagai A. (2009)** : Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de babar sur oued el arab region est de l'algerie. thèse de magister. universités de Batna, 50,70P.
- **Gaagai A. (2017)** : Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de babar (sud-est algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement (doctoral dissertation, université de batna 2 ,18 ,66p.
- **Granier A, Badeau V, et Bréda N. (1995)** : Modélisation du bilan hydrique des peuplements forestiers. Revue forestière française, 60p.
- **Guilal S. (2019)** : Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de la vallée d'El Oueldja- Khenchela- et leur impact sur l'environnement (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour, 2019,62p.
- **Habes S. (2013)** : Caractéristiques chimiques d'un lac appartenant aux écosystèmes humides du Nord de l'Algérie; Cas : Lac Fetzara Nord - Est Algérien ((Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba)
- **Hamidat M. (2010)** : Etude Hydrogéologique de la région d'El Abiodh Sidi Cheikh Atlas saharienne occidentale (Diplôme d'ingénieur d'état en sciences de la Terre et l'univers, Université Abou Bakr Belkaid -Tlemcen), 53p.
- **Hanachi R. (2015)** : Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable (Rapport de stage), 10p.
- **Hassad S. (2018)** : Caractérisation Géochimique et Isotopique des eaux souterraines du plateau de Mellagou Bouhmama (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour, 2018, 39, 41, 42,44 ,58p .
- **Kemoukh S. (2007)** : Dégradation de la qualité des eaux du barrage de zerdezassuite a une pollution naturelle W.de Skikda (Mémoire de Magistère, Université El Hadj Lakhdar-Batna.
- **Lakhdari S. (2012)** : Etude de la qualité des eaux de l'aquifère du bassin versant de foug el gueiss (wilaya de khenchela) (Mémoire de Magistère , Université de khenchela-Abbas Laghrour . 2018),43,62,65p.
- **Lekoui S. (2010)** : Evaluation du risque lié aux sites pollués en milieu urbain et industriel (Annaba en Algérie) (Mémoire de Magistère, Université de Annaba-Badji Mokhtar, 2010), 41 47p.
- **Laribi G. (2013)** : Etude du fonctionnement hydrologique d'un bassin versant et de son influence sur le régime des eaux. Cas du bassin versant d'oued allala. (ténès-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

chlef))(Mémoire de Magistère, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis), 41p.

- **Lucile W. (2014)** : 27 juin 2014. chloures (cl-) et eau minérale.
- **Mahamat, S. A. M. et al ; (2015)**: Mahamat, S. A. M., Maoudombaye, T., Abdelsalam, T., Ndoumtamia, G., & Loukhman, B. (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad. *Journal of Applied Biosciences*, 95, 8973-8980.
- **Meghzili B. (2003)** : Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamadi-Krouma (Skikda). Essais d'optimisation (Doctoral dissertation, Thèse de magister Université de Biskra, 14, 77, 89p.
- **Mekaoussi N. (2014)** : Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de hammam debagh (est algerien) (Doctoral dissertation, Université de Batna 2)58, 64, 81p.
- **Mezhoud A.(2013)** :Fonctionnement geochimique et hydrochimique de la vallee d'oued meskiana (Magister dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour),38,40p.
- **M .F. (2020)** : (Phénomènes météo, Météo-France, (consulté le 15 mai 2020).
- **(Mostefaoui H. (2011)** : Étude d'impact des changements climatiques sur la productivité du blé dur en zone semi-aride: Cas de la région du bassin du chélif (Doctoral dissertation, Université de Chlef-Hassiba Benbouali), 39 p.
- **Mourdi W. (2011)** : Pollution urbaine, impact sur l'homme et l'environnement (Mémoire de Magister, Annaba 2011), 31p.
- **Nedjar y. (2012)** : Impact des rejets de la station d'épuration d'ElManchar sur la qualité des eaux souterraines (Wilaya de Khenchela, Nord Est algérien (Université Abbes Laghrour Khenchela, Mémoire de Magistère, 2012) ,36p.
- **Osmani S. (2012)** : Etude biogéochimique et isotopique de quelques sources du versant Nord du massif des Aurès (W. massif des Aurès (W. de Khenchela) (Mémoire de magister Université de Khenchela-Abbas Laghrour.2012)p38.
- **Ouanes M(2012)** : Synthèse hydro chimique des eaux du bassin semi aride de Fkirina (mémoire de magister Université de Khenchela-Abbas Laghrour), 12, 16, 19, 35p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Ouanes M, (2020)** : Effet de changements climatiques sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de F'kirina de la W d'Oum el Bouaghi (Doctoral dissertation), 16, 19,23-25, 34, 35p.
- **PDAU. (2021)** : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme .2021, 6-7,14p.
- **POS F 05 (2012)** : Plan d'occupation du sol F'kirina n° 05 2^{ème} phase, 2012.
- **POS K F (2008)** : Pos k fkirina, première phase ; rapport d'orientation .mars.2008
- **Ramade. (2002)** : Ramade François. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement 2^{ème} édition.dunod paris. (2002), 534p.
- **Ramade. (2003)** : Ramade François. élément d'écologie fondamentale 3^{ème} édition .DUNOD paris (2003) ,122 ,134p.
- **Remini B. (2005)** : Larhyss/Journal n°04, Juin 2005, 81p.
- **Rouabhi A. (2020)** : Polycopiés de cours bioclimat et changement climatique université Ferhat Abbas, Faculté des sciences de la nature et de la Vie,(S. N. V). OFFRE DE FORMATION MASTER, 12p.
- **Saci R (2019)** : Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable (Rapport de stage), 8p.
- **Sedrati A. (2018)** : Contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal - zone sud Khenchela – Algérie Doctoral dissertation Université de Khenchela-Abbas Laghrour.2018), 52p.
- **Sekkiou S. 2020** : Caractérisation physico-chimiques des eaux du massif de Chelia-Aurès Khenchela (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour , 2020, 24p.
- **Smail H. (2012)** : Evaluation microbiologique et physicochimique de l'eau du barrage de Timgad (wilaya de Batna). mémoire de magister , université abbes laghrour de khenchela . 2012, 14, 54p.
- **Sekkiou S. (2020)** : Caractérisation physico-chimiques des eaux du massif de Chelia-Aurès Khenchela (Doctoral dissertation, Université de Khenchela-Abbas Laghrour ,2020,24p).
- **Younssi H. E. (2009)** : Epuisement de la nappe aquifère de la région de F'kirina (W. d'Oum El Bouaghi), et ces répercussions sur la gestion des ressources en eau (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar), 11-16,23p.

Résumé

L'objectif de cet étude c'est la connaissance et le contrôle de la qualité des eaux souterraines de la plaine de Fkirina avec une étude comparative temporelle. Et pour cela des analyses physicochimiques sur des échantillons de l'eau prélevée de quelques forages utilisées pour la consommation humaine ont été effectuées. Les résultats obtenue ont montré qu'il y'a un problème dans la qualité de l'eau. Ceci concerne plus particulièrement la conductivité (minéralisation), la dureté totale L'étude des paramètres de pollution a mis en évidence qu'il y avait un excès dans la concentration des nitrates ainsi que du sodium et de sulfate. Cela peut probablement être dû à l'activité agricoles et l'excès en utilisation des engrais chimiques la décharge non contrôlé des rejets domestiques, l'évacuation anarchiques des eaux usées vers les oueds...etc. À cet effet, l'évaluation continue de la qualité de l'eau est impérative et un traitement pour réduire la détérioration de la qualité des eaux et éliminer les problèmes de santé peut s'avérer nécessaire

Mots clé

Contrôle de qualité, eaux souterraines, Fkirina , ,analyses physicochimiques .

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة وضبط جودة المياه الجوفية الكاملة للكبريتة والمجازنة بين بضع سنوات. ومن أجل ذلك قمنا بنح الهل نيزهائفة كيمهائفة على عينات من الماء مأخوذة من بعض الآبار. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود مشكلة في جودة المياه. وهذا ينصل على نحو أكثر أهمية بحركة النوصيل (المعدن). لقد أظهرت دراسة عوامل التلوث وجود نايض في تركيز النترات نضالً عن الصوديوم والكبريتات. ويمكن أن يوجع ذلك على الأرجح إلى النشاط الزراعي والاستخدام المنرط لألسمدة الكيمهائفة ، والنصرئف غير المنضبط للنصريف المنزلي ، والنصرئف غير المنضبط لمياه الفضالت إلى الوديان إلخ. ولهذا الغرض ، ال بد من إجراء تقييم مستمر لنوعية المياه ، وقد يكون

من الضروري المعالجة للحد من تدهور نوعية المياه والقيضاء على المشكل الصحفة.
الكلمات الدالة مراقبة الجودة ، المياه الجوفية ، نكبريتة ، النح الهل النيزهائفة والكيمهائفة .

Abstract

The objective of this study is the knowledge and control of the groundwater quality of the Fkirina plain with a comparative temporal study. Physico-chemical analyses were carried out on samples of water taken from some boreholes used for human consumption. Results have shown that there is a problem in water quality this relates more particularly to conductivity (mineralization), total hardness. The study of pollution parameters showed that there was an excess in the concentration of nitrates as well as sodium and sulphate. This can probably be due to agricultural activity and the excessive use of chemical fertilizers, the uncontrolled discharge of domestic discharges, the uncontrolled discharge of wastewater to wadis... etc. For this purpose, continuous water quality assessment is imperative and treatment to reduce water quality deterioration and eliminate health problems may be necessary.