



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE ABBAS LAGHROUR - KHENCHELA

Faculté Science de la Technologie

Département : Science de la Matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique et environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Présenté par : Nezzar Sihem et Nadji Marwa

Thème

***Qualité de l'eau et entretien d'un système
d'irrigation***

Jury d'évaluation :

Président du jury Mr. Radhouan.TAKOUACHET

Examineur Mr.Mouhamed AICHI

Invité Mr.Med.lazhar.BOUZOU

Rapporteur : Mr. Zakaria.BADIS

M.C.B.univ. khanchela

M.C.B.univ. khanchela

M.C.B.univ. khanchela

Promotion : 2020 /2021

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadreur BADIS ZAKARIA, Qui ont confiance en nous et ils nous ont permis de travailler sur un sujet de mémoire, et qu'ils ont mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation.

Je remercie mes parents pour leur soutien je tiens à remercier aussi les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

Nous remercions à tous les enseignants des départements science et technologie.

Nous remercîments l'ingénieur M.NADJOUA Et aussi tous l'équipes

D'un laboratoire et pour la confiance.

Dédicace

Je Dédie Ce Travail De Fin D'étude A Ma Famille
NADJI Au Sens Large Et A Tout Mon Encourage
Mais Tout Particulièrement

à

Ma Mère Et Mon Père Pour Leur Patience ,
Coseilles, Aident Et Aussi M'encourager A La
Réalisation De Ce Modeste Travail

<<je vous remercime, mes parents>>

A Mes Sœur Et Mon Frère Fathallah Et Les Papilles
De La Famille ANNAHID ANNADA , SIDRA ,YARA
NOURSINE.

A Mon Encadreur BADIS Et Sa Famille

A Mon Binome SIHAM

Mes Touts Les Flours De Mon Cours : Issam Radhia,

Dédicace

Je remercie en premier lieu dieu le tout puissant qui ma aidé et donner la force pour accomplir ce modeste travail.

Et je le dédie a la mémoire de

Mes chers parent que dieu les acceptent dans son vaste paradis inch'allah.

Et aussi je dedie ce travail particulierement a mon *frère et mes sœurs* qui me soutiennent et m'encourage et que dieu les gardes pour moi.

sans oublie bien sur mes chers amies ;

H.walid et B.mohamed fahmi;et ma collegue *Marwa* .

SIHEM.Nezzar

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a binding or a scroll edge. The text is centered within this border.

Tables des matières

Tables des matières :

Titre	page
RAMERCIMENTS	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
ITRODUCTION GENERALE	I – II
<i>CHAPITRE I : Description de la zone d'étude</i>	
I.1. Situation géographique administrative de F^okirina	04
I.1.1. Développement technico-économique	05
I.2. Présentation du site	06
I.3. Le cadre climatique	08
I.4. Le cadre hydrologique	08
I.5. L'environnement industriel et Agricola	09
I.6. Les réseaux	09
I.6.1. 1'A.E.P	09
I.6.2. L'assainissement	10
<i>CHAPITRE II : Matériel et Méthode</i>	
Introduction	12
II.1. Méthodologie	12
II.1.1. Missions de terrains	12
II.1.1.1. Mission de reconnaissance	12
II.1.1.2. Prélèvement de l'eau	12
II.1.1.3. Mesure physico-chimique in situ	14
II.1.1.3.1. Mesure de la température T (°C)	14
II.1.1.3.2. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)	14
II.1.1.3.3. Mesure de la conductivité électrique (CE)	14
II.1.1.3.4. Mesure la salinité (SAL)	15
II.1.1.3.5. Mesure de la turbidité	15

Tables des matières

II.1.1.4. Le Mode opératoire	15
II.1.2. Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs)	15
II.1.2.1. Analyse par spectrophotométrie UV-Visible (PC MultDirect)	17
II.1.2.1.1. Principe de la technique de spectrophotométrie	17
II.1.2.1.2. Manipulation	17
II.1.2.1.3. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	18
II.1.2.1.4. Détermination des nitrites (NO_2^-)	19
II.1.2.1.5. Détermination des nitrates (NO_3^-) Méthode au Salicylate de Sodium	19
II.1.2.1.6. Détermination des sulfates	20
II.1.2.2. La spectrophotométrie à Flamme	20
II.1.2.2.1. Principe de la spectrophotométrie	20
II.1.2.2.2. Réglages préliminaires	21
II.1.2.3. La titrimétrie	22
II.1.2.3.1 Détermination des chlorures (Méthode de MOHR)	23
II.1.2.3.2. Détermination TH et TAC (Méthode de MOHR)	24
II.1.2.3.3. Détermination du Ca^{2+}	25
II.1.3. La représentation simplifiée des caractéristiques chimiques des eaux	25
II.1.3.1. Diagramme de piper	25
II.1.3.2. Diagramme de Schoëller et Berkloff	26

CHAPITRE III : Etude Hydro-Climatique

I.1. Les facteurs climatiques	29
I.1.1 Précipitations	29
I.1.2. Température	31
I.1.3. Evaporation	32
I.1.4. Humidité	33
I.1.5. Vent .	34
I.1.6. Sirocco	35

Tables des matières

I.1.7. Neige	36
I.1.8. Gelée	37
I.1.9. La Grêle	38
I.1.10. Orage	39
I.1.11. Brouillard	40
I.1.12. La rosée	41
II.1. Synthèse climatique	41
II.1.1. Indice d'aridité	41
II.1.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Baghous	43
II.1.3. Le climagramme d'Emberger	43
III. Bilan hydrique	44
III.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)	45
III.1.1. ETR selon la formule de Turc	45
III.1.2. L'ETR selon la C.W.Thornthwaite	46
III.2. Mesure de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)	46
III.3. Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)	47
III.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite	49
IV. Estimation du ruissellement et de l'infiltration	49
IV.1. Ruissellement	49
IV.2. Infiltration	50
Conclusion	51
<i>CHAPITRE IV : Etude Hydro Chimique</i>	
Introduction	53
I.1. Détermination des apports de contamination	54

Tables des matières

II.1. Les paramètres physiques	54
II.1.1. La température	54
II.1.2. La conductivité	55
II.1.3. Le pH	56
II.1.4. La dureté	56
II.2. Paramètres chimiques	57
II.2.1 Les cations	57
II.2.1.1. Le calcium (Ca²⁺)	57
II.2.1.2. Magnésium (Mg²⁺)	57
II.2.1.3. Sodium (Na⁺) et potassium (K⁺)	58
II.3. Les Anions	58
II.3.1. Chlorures (Cl⁻)	58
II.3.2. Bicarbonate (HCO₃⁻)	58
II.3.3. Sulfates (SO₄⁻²)	59
II.3.4. Les nitrates (NO₃⁻)	59
III.1. Les facies chimiques	60
III.1.1. Le diagramme de piper	60-61
III.1.2. Le diagramme de Schoeller Berkalov	62
IV.1. Aptitude des eaux à l'irrigation	63
IV.1.1. Classification des eaux par la méthode de Richards	64
Conclusion	65
Conclusion générale	67-68
Références bibliographiques	70-71



Liste des figures

Liste des Figures

Liste des figures

<i>N° de figure</i>	<i>Titre de figure</i>	<i>page</i>
Figure 01	La situation de F'kirina	06
Figure 02	La situation de la centrale	06
Figure 03	Vue vers l'Ouest	07
Figure 04	Vue vers l'Est	08
Figure 05	Oued à l'entrée du site	09
Figure 06	Filtration des échantillons	16
Figure 07	Le spectrophotomètre UV_ visible	18
Figure 08	Les étalons mesuré par le spectrophotomètre ont flamme	22
Figure 09	Le spectrophotométrie à flamme	22
Figure 10	Le dosage titrimétrie	23
Figure 11	Diagramme du piper	26
Figure 12	Diagramme de Schoëller et Berkaloff.	27
Figure 13	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (1995-2020)	30
Figure 14	Diagramme des précipitations moyennes nombre de jours de pluie (1995-2020)	30
Figure 15	Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (1995-2020)	31
Figure 16	Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (1995-2020)	32
Figure 17	Diagramme des moyennes mensuelles de l'humidité de la période (1995-2020)	33
Figure 18	Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1995-2020)	34
Figure 19	Diagramme des moyennes la direction du vent de la période (1995-2020)	35

Liste des Figures

Figure 20	Diagramme du moyen sirocco de la période (1995-2020)	35
Figure 21	Diagramme des moyennes de nombre de jours de neige de période (1995-2020)	36
Figure 22	Diagramme des moyennes de nombre de jours de gelée de période (1995-2020)	37
Figure 23	Diagramme des moyennes de nombre de jours de grêles de période (1995-2020)	38
Figure 24	Diagramme des moyennes de nombre de jours de d'orage de période (1995-2020)	39
Figure 25	Diagramme des moyennes de nombre de jours de brouillard de période (1995-2020)	40
Figure 26	Diagramme des moyennes de nombre de jours de rosées de période (1995-2020)	41
Figure 27	Indice d'aridité annuel de Martonne	42
Figure 28	Diagramme ombrothermique de Gausсен et de Bagnols (1995-2020)	43
Figure 29	le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude	44
Figure 30	Carte d'invention des points de prélèvement 2020	54
Figure 31	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude	61
Figure 32	Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude	62
Figure 33	Classification des eaux par la méthode de Richards	64

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side. The text is centered within this border.

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

<i>N° de tableau</i>	<i>Titre de tableau</i>	<i>Page</i>
Tableau N°01	Les coordonnées géographiques de la station d'Oum El Bouaghi	29
Tableau N°02	Type de climat selon l'indice d'aridité	42
Tableau N°03	ETR selon la formule de turc	45
Tableau N°04	Bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'El Hamma	48
Tableau N°05	ETR selon la C.W Thornthwaite	48
Tableau N°06	La lame d'eau ruisselée pour la station de F'kirina	50
Tableau N°07	La lame d'eau infiltrée estimée à l'aide du bilan hydrologique	50

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side. The text is centered within this border.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

(TH) : Titre Hydrométrique.

(TAC) : Titre Alcalimétrique Complet.

EDTA : Acide éthylène diamine tétra-acétique.

NET : Le noir Eriochrome T.

TDS: Total des solides dissous.

L'ADE : Algérie des eaux.

T (°C) : La Température.

(PH) : Potentiel D'hydrogène.

(CE) : La Conductivité Electrique.

(SAL) : la salinité.

μ/cm : micro-siémens par centimètre.

OMS : organisation mondiale de la santé.

PDAU : Le Plan Directeur D'aménagement Et D'urbanisme.

ANRH : (agence nationale des recherches hydrique) : Carte topographique de la région de F'krina1/50000.



Résumé

Résumé

Le principal objectif de cette étude est un diagnostic de la qualité d'eaux souterraines pour la consommation humaine et principalement pour l'irrigation des cultures. Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 10 puits de la nappe aquifère exploitée dans la région de F'kirina, sur lesquelles une étude hydro-chimique et physico-chimique a été effectuée. Les résultats obtenus ont montré que l'eau est polluée. Selon l'étude des paramètres de pollution, on observe une augmentation de plusieurs concentrations par rapport les normes préconisé par l'OMS. L'évolution de ces éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine seront classées en deux familles : Famille des eaux chlorurées, sulfatées calciques à magnésiennes et famille des eaux bicarbonatées calciques et magnésiennes. La mise en place de ces faciès est due à la présence d'un remplissage formé par des dépôts calcaires (graviers et croûtes calcaires) et des dépôts salifères venant de l'érosion des formations carbonatées et gypsifères des massifs entourant la plaine. En général on constate que ces eaux ne convient pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peut être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

Mots clés : qualité des eaux souterraines, paramètres physico-chimique, irrigation, F'kirina,

المخلص:

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تشخيص نوعية المياه الجوفية للاستهلاك البشري و ري النباتات.

اخذنا 10 عينات من 10 ابار ارتوازية من المياه الجوفية للمنطقة ، والتي خضعت لدراسة كيميائية وفيزيائية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه ملوثة. وفقاً لدراسة عوامل التلوث لاحظنا ان هناك زيادة في مختلف التراكيز مقارنة بالمعايير المعتمدة من منظمة الصحة العالمية ، ويظهر تطور هذه العناصر الكيميائية بدلالة الزمن ان مياه السهل تم تصنيفها إلى عائلتين: عائلة من المياه الغنية بالكلور، مياه كبريتات الكالسيوم والمغنيزيوم ، و عائلة من مياه الكالسيوم وبيكربونات المغنيزيوم. يرجع الاصل في تكونها إلى وجود سد يتكون من رواسب الحجر الكلسي ورواسب الملح الناتجة عن تآكل الكربونات وتكوينات الجبس في الكتلة الصخرية المحيطة بالمنطقة.

تبين أن هذه المياه ليست مناسبة لري المحاصيل في الظروف الطبيعية الا في حالة زرع النباتات المقاومة للملوحة شرط تهوية التربة ومع ذلك يجب التحكم في نسبة الملوحة.

الكلمات المفتاحية : نوعية المياه الجوفية ، العوامل الفيزيائية و الكيميائية، الري، فكيرينة

Abstract

The main objective of this study is to diagnose the quality of groundwater for human consumption. We sampled 10 wells in the region's aquifers, which were the subject of a chemical and physical study. The results obtained showed that the water was contaminated. According to the study of pollution factors, we observe an increase in the concentration of nitrates, sodium and sulphate, the evolution of these chemical elements as a function of time shows that the water will be classified in two families: a family of Chlorinated water, magnesium calcium sulfate, a family of calcium water and magnesium bicarbonate. The construction of these facilities is due to the presence of a dam consisting of limestone deposits (gravel and lime) and salt deposits resulting from the corrosion of carbonates and gypsum formation in the surrounding rock mass. In general, it is found that these waters are not suitable for irrigating crops under normal conditions and can be used if the salt-tolerant species on particularly well-drained soils, however, the evolution of salinity must be controlled.

Key words: Groundwater quality, physical Hydro chemical elements, fkirina

A decorative red border that resembles a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll's edge. The text is centered within this border.

Introduction générale

Introduction générale :

Les eaux souterraines constituent une ressource naturelle importante. Elles représentent un réservoir d'où l'on peut tirer, s'il est bien protégé, une eau de bonne qualité pour l'approvisionnement en eau potable ainsi que pour l'agriculture et l'industrie.

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. Plusieurs cas de pollution ont déjà fait l'objet de nombreuses études et publications dans des journaux internationaux.

En Algérie, la pression sur les ressources en eau et en particulier sur les ressources en eau souterraines est à la hausse, parce que l'eau est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique. et L'exploitation de ces ressources devienne très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, dont ils sont autant des facteurs qui font augmenter la dégradation de sa qualité et qui rendent le domaine de l'eau de plus en plus vital et les nappes aquifères de plus en plus vulnérables à la pollution. C'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques de l'eau périodiquement

Au vu de l'état inquiétant de la qualité des eaux dans la plaine de f'kirina et à proximité de la centrale turbine à gaz, on a intervenue pour faire une étude a fin d'indiquer le rôle principal de l'industrie et surtout celui de la centrale thermique dans la détérioration de la qualité des eaux. ainsi de traiter les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines au niveau de cette zone. Dans cette thèse, nous allons approfondir nos études et essayer de répondre à certaines questions :

- Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux superficielles et souterraines de la plaine ?
- Quels est l'origine des polluants chimiques existant dans l'eau ?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques intervenant dans l'évolution de ces polluants dans le temps et dans l'espace ?

Pour répondre à ces questions, une analyse physico-chimique des eaux souterraines a été réalisé en collaboration de Plusieurs outils (géologique, climatique) ont été utilisés afin d'interpréter les données. L'ensemble des résultats obtenus montre l'existence d'une forte pollution : Tantôt par l'effet des rejets urbains, et par l'effet de l'utilisation intensive des

engrais chimiques dans l'agriculture et la dissolution des formations évaporitiques et enfin la nappe des graviers par l'effet de la salinité.

De strontium vers la nappe, ainsi qu'au niveau de la nappe par l'augmentation des teneurs en sulfate, sous l'effet du stockage des produits industriels, ainsi qu'au niveau de la nappe par l'augmentation des teneurs en sulfate, sous l'effet de la variation des conditions d'oxydoréduction issues à des réactions avec le courant vagabond qu'est dégagé de la part de la centrale turbine à gaz.

Les détails de ces résultats sont présentés dans cette thèse, à travers deux parties :

- La première partie bibliographique représente une description générale de la zone d'étude avec une étude des caractéristiques géologiques et climatologiques.
- La deuxième partie pratique concerne les résultats détaillés qui sont réalisées sur les sites expérimentaux de la centrale turbine à gaz, qui traitent à la fois de la géologie locale du site, et de la chimie des eaux.

Chapitre 01 :

*Description de la zone
d'étude*

Description de la zone d'étude**I.1. Situation géographique et administrative de F'kirina**

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 Pour les limites naturelles on distingue les zones suivantes:

- ✚ **Au Nord :** la ligne de partage des eaux formé par le djebel El Galaa Kebira(1246 m), Djebel Ammamrat El Kebira (1203 m),et le djebelEl Forne (1184).
- ✚ **Au Sud:** la ligne de partage des eaux formé par le djebel Boutakhma (1291m), djebel feditionj Amer (1259m), et le Djebel Bou Tebina (1226m).
- ✚ **A l'Est:** la ligne de partage des eaux formé par le djebel El Meditionjifla (1174m), le Djebel Feditionjijet (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.

Du point de vue administratif la commune de F'kirina se trouve à une distance de 55 km au sud-est du chef-lieu de wilaya d'Oum El Bouaghi; à 40 km au Nord-Est de Khenchela; et à 18 km du siège de la Daïra de Ain El Beidha. Traversée par la route nationale 80 qui permet la liaison d'Oum El Bouaghi avec Khenchela. Sa superficie est de l'ordre de 342.08 km² (Figure 01) Elle est limitée au Nord par Ain Beida, la commune de Zorg et la commune de Berriche, au Sud par La commune d'Ouedition Nini, à l'Est par la commune d'El d'jazia, à l'Ouest par la commune d'Oum El Bouaghi et Ain Zitoun et au Sud-Ouest par La commune de M'Toussa (willaya de Khenchla).

En plus de chef-lieu, la commune compte une agglomération secondaire qui est Ain Oum El Gmel et qui se situe au Nord du territoire communal.

I.1.1. Développement technico-économique

La région de F'kirina, est en sa totalité une région à vocation agricole, principalement de céréaliculture notamment l'orge et le blé tendre et l'élevage du bétail. Un autre domaine récemment introduit dans la région, est l'activité industrielle, avec la création des nombreuses usines concernant l'industrie légère tel que: Le complexe de produits textiles d'Ain Beida, L'usine de liège et de bois (S.N.L.B) et L'usine de SONELGAZ (la centrale turbine à gaz). Cette petite zone industrielle exploite des ressources hydrauliques importantes.

I.2. Présentation du site

La centrale turbine à gaz de F'kirina a été réalisé dans la Wilaya d'Oum El Bouaghi, sur la commune de F'Kirina à 5 km au Sud-Ouest du centre de la ville de Aïn El Beïda, dans une zone faiblement urbanisée. Elle se trouve à environ de 100 km au Sud-Est de la ville de Constantine à laquelle elle est reliée par la route nationale RN 10, à 24 km d'Oum El Bouaghi, à 48 km de la ville de Khenchela à laquelle elle est reliée par la RN 80, et à 520 km au Sud-Est d'Alger. (Altitude: 950 m, latitude: 35 N, longitude: 7 E) (Figure 02).

Il s'agit d'une centrale énergétique de 2 x 146.2 MW fonctionnant avec des turbines à gaz de technologie ALSTOM, type GT13E2. Ces deux turbines à gaz fonctionnent en base avec du gaz naturel amené par gazoduc; à l'intérieur de site Il existe :

- ❖ Un bâtiment électrique et salle de contrôle jouxtant un bâtiment administratif,
- ❖ Des magasins et un atelier,
- ❖ Des bâtiments pour les auxiliaires répartis sur le site: compresseur d'air, pompes incendie, station de production d'eau déminéralisée...
- ❖ Un mur de 3 m de haut entourera les 240 000 m² du site.

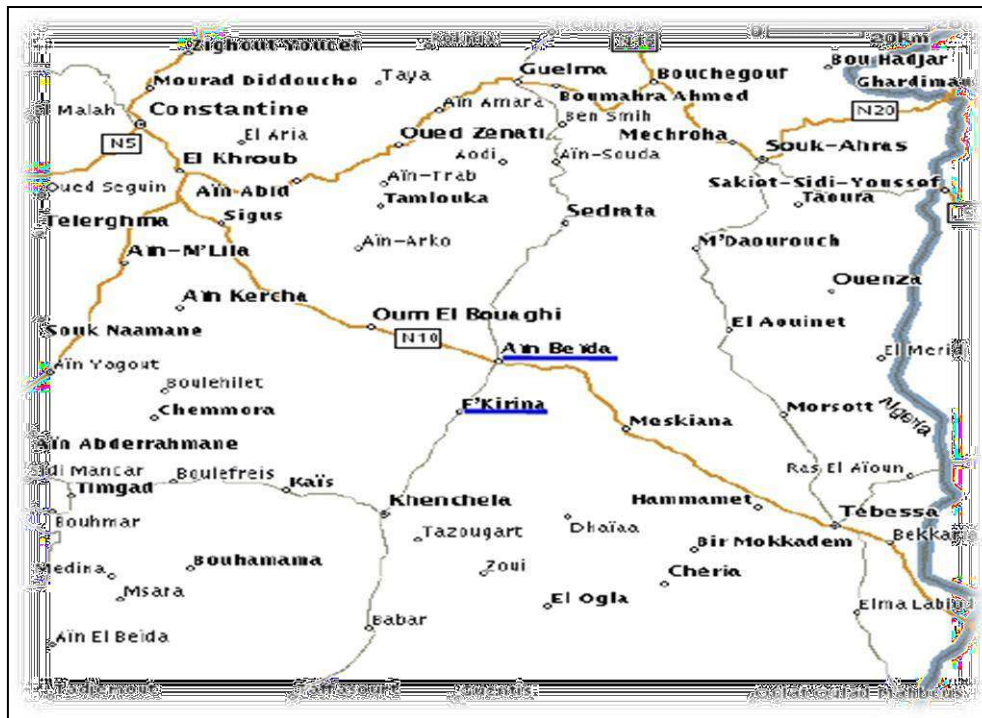


Figure 01 : la situation de F'kirina



Figure 02: la situation de la centrale

Le site est implanté entre les zones hautes des piemonts du djebel Oum El Guemel à l'Est et la dépression de la Sebkhha de Garaet Et Tarf à l'Ouest et au Sud-Ouest.

Il présente un dénivelé de 5 mètres (955 m au point le plus haut au NE du site, 950 m au point le plus bas au S-O du site). **(Figure 03)**



Figure 03 : Vue vers l'Ouest

Le site, d'une superficie de 24 hectares (600 m x 400 m), la longueur étant orientée Nord - Sud), est délimité:

- ✚ à l'Est par la route nationale RN 80,
- ✚ à l'Ouest par un terrain agricole domanial (parcelle 572),
- ✚ au Sud par un terrain agricole domanial,
- ✚ au Nord par un terrain agricole domanial.



**Figure 04 : Vue vers
l'Est**

I.3. Le cadre climatique:

Le climat de cette région est de type continental froid et pluvieux en hiver, chaud et sec en été, les périodes de printemps et d'automne sont courtes. La région est exposée aux vents de l'Ouest.

En été ses vents proviennent du Sud appelé généralement « Sirocco » dont la moyenne annuelle est de 38 jours selon le « PDAU ».

I.4. Le cadre hydrologique

Ce site a un caractère inondable car de petits Oueditions le sillonnent, drainant les eaux superficielles vers l'Ouest et le Sud-Ouest (vers la Sebkha de Chott de Garaet Et Tarf). Un ouedition pénètre sur le site par la façade Nord du site. La région de F'kirina est drainée par deux importants sources d'eau au Sud-Est de la commune, il s'agit de Ouedition Isfert et Ouedition Oulmen

La ville de F'Kirina est alimentée par 3 réservoirs surélevés avec une capacité de 250 m³ x2 et 500 m³. Actuellement, la région est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par des forages.

La station de reprise des eaux située à l'Est du site est alimentée par les forages éloignés de CHEBATA et d'EL DJEZIA. A noter néanmoins que le site retenu ne se trouve pas à la verticale de l'aquifère correspondant



Figure 05 : Ouad édition à l'entrée du site

I.5. L'environnement industriel et agricole

La carte d'occupation agricole du sol, nous permet de constater que la commune est une région essentiellement céréalière extensive (blé dur, blé tendre, orge) bien que la plaine de F'kirina semble favorable l'agriculture intensive irriguée vu les potentialités hydrogéologiques importante qui permet certaines cultures intensives. Donc nous sommes en présence d'une agriculture archaïque basée sur la céréaliculture dont les rendements restent faibles et la production dépend des conditions climatiques notamment la pluviométrie.

Le site est entouré sur trois côtés de parcelles agricoles à dominante de cultures céréalières. Une menuiserie (travail du bois et de l'aluminium) EMAB est implantée à 600 m au Nord du site.

I.6. Les réseaux :

I.6.1. L'A.E.P

L'alimentation de l'eau potable du chef-lieu est assurée à partir d'un forage (J 40) débitant 10 l/s. Le réseau de distribution est de type maillé, concerné seulement la population agglomérée, le taux de branchement est de 95% et le réseau est en bon état. Le stockage est quant à lui assuré par un réservoir de 48 m³. La dotation théorique journalière est de 173 l/j hab.

La population en zone éparsée s'alimente à partir de puits individuels et de bornes-fontaines. (EIE,2004)

I.6.2. L'assainissement

La ville est dotée par un réseau d'assainissement de types unitaire assurant l'évacuation des eaux usées domestiques et pluviales hiérarchisées, avec des diamètres de 300 à 2000 mm. La longueur totale de ce réseau est 93,269 km avec un taux de raccordement de 96%. Une population allant jusqu'à 9120 âmes et des moyens de drainages directs vers Ouédit Nini.

Le rejet des eaux usées se déverse au milieu naturel sans traitement (source : subdivision de F'Kirina). Ou se fait directement vers Ouédit Nini. Pour les rejets solides et d'ordures, la commune dispose d'une superficie de 500m², malheureusement cette décharge n'est pas contrôlée

Chapitre 02 :

Matériel et méthodes

Introduction :

L'étude hydro chimique des eaux a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité. Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques.

Pour étudier le chott de la Sebka, nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné les forages et les puits à étudier. Quinze échantillons sont prélevés et analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution de la qualité d'eau, ces dernières sont choisies de manière à représenter fidèlement le chott. Un planning de prélèvement des échantillons a été effectué le mois d'Avril 2020 et il consiste à prélever des échantillons d'eaux et parallèlement aux prélèvements, des mesures physico-chimiques ont été effectuées in situ (la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissout, et pour les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+), les anions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^-), les analyses ont été effectuées au laboratoire de Samir GHEDIR rue ain beida - khanchela

II.1. Méthodologie

La méthodologie suivie est l'observation de la zone d'étude le mois d'Avril 2020 elle consiste en missions de terrains, travaux de laboratoires, traitement et analyse des données recueillies avec notamment des logiciels appropriés (Diagramme, Excel, Surfer).

II.1.1. Missions de terrains**II.1.1.1. Mission de reconnaissance**

La reconnaissance du chott a été effectuée en Avril 2020 elle nous a permis de délimiter la zone d'étude dans l'espace, de choisir les points de prélèvements des échantillons d'eau, les limites de la zone d'étude sont les limites naturelles du chott.

II.1.1.2. Prélèvement de l'eau

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

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

(rodier)

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau.

Dans le cas d'une eau souterraine, deux cas très différents peuvent se présenter. S'il s'agit d'un captage ou d'un puits équipé d'une pompe, les prélèvements se situeront normalement au terme d'une épreuve de pompage ininterrompue d'une durée totale de l'ordre de 30 heures ou, tout au moins à la fin de la dernière journée d'une série de trois journées consécutives de pompage de 10 heures. S'il s'agit d'une source aménagée, effectuer le prélèvement au trop plein, sinon il convient de procéder à un aménagement provisoire.

Dans le cas du prélèvement à partie d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps (10 mn au moins).

Les porte-échantillons sont des bouteilles en plastique, d'un demi-litre de volume. Elles sont rincées trois fois avec de l'eau distillée et une fois avec avant les prélèvements. Les échantillons ainsi prélevés sont conditionnés dans un lieu à l'abri de la lumière et à une basse température. Pour cela nous avons effectué les prélèvements en profondeur et en utilisant des bouteilles en plastique (0,5L) afin d'éliminer toute interaction entre la matière et l'échantillon. En ce qui concerne la conservation des échantillons nous avons utilisé une glacière gardant la température à 4°C et les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans les premières 24 heures au laboratoire et cela pour ne pas altérer l'échantillon. **(rodier)**

Les échantillons destinés à l'analyse chimique doivent être prélevés pendant les heures normales d'exploitation, de 15 à 30 cm sous la surface de l'eau ou, lorsque la profondeur du bassin est inférieure à 30 cm, à mi-chemin entre la surface de l'eau et le fond du bassin.

Les échantillons doivent être prélevés dans une partie peu fréquentée par les baigneurs au moment du prélèvement. Il faut également effectuer le prélèvement entre la sortie du système de filtration et le retour d'eau. Dans le cas des bains tourbillons, les échantillons peuvent être prélevés en tous points sous la surface de l'eau.

De plus, il est essentiel de respecter rigoureusement l'ensemble des instructions fournies par le fabricant des différentes trousse de mesures chimiques utilisées. Il est aussi primordial que la personne qui effectue les prélèvements ait les mains très propres pour éviter toute contamination subséquente (par la sueur, par des résidus de produits chimiques, etc.) au cours des manipulations.

Les cellules de mesure des différentes trousse doivent être propres et transparentes. Il faut les rincer avec l'échantillon avant de les remplir et d'ajuster le niveau de liquide.

Il faut ensuite les essuyer avec un tissu propre et doux avant d'effectuer les comparaisons de couleur pour que les parois externes soient propres et sèches. Les cellules doivent toujours être remplies au niveau demandé pour éviter des écarts dans les mesures. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec 2009.

II.1.1.3. Mesure physico-chimique in situ :

A chaque campagne d'échantillonnage, des mesures physico-chimiques ont été effectuées, il s'agit de la température, du pH et de la conductivité électrique, le total des solides dissous (TDS), l'oxygène dissout et la salinité, ont été mesurés à l'aide d'un multi paramètre de type « CONSORT C931 », Cet appareil permet de mesurer la salinité, mais vu la grande concentration des saumures, il affiche toujours le message hors échelle

II.1.1.3.1. Mesure de la température T (°C)

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux elle joue un rôle très important dans la solubilité des minéraux.

La mesure de température est effectuée sur terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi paramètre. La lecture est effectuée après une immersion de 10 Minutes (Rodier et al. 2009)

II.1.1.3.2. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. C'est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Coulibaly, 2005). Il est mesuré sur Le terrain à l'aide d'un pH-mètre portatif.

II.1.1.3.3. Mesure de la conductivité électrique (CE)

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, mesurée au moyen d'un conductimètre électrique, donnant des mesures en $\mu\text{s. cm}^{-1}$ (Rodier Et al. 2005).

II.1.1.3.4. Mesure la salinité (SAL)

La salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau, ainsi selon Sorensen (1902), la salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau. La salinité était alors notée « S » et s'exprimait en g/kg ou en %.

II.1.1.3.5. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.


II.1.1.4. Le Mode opératoire


Pour la **température**, plonger immédiatement la sonde du multi paramètre dans la source de l'eau à analyser jusqu'à la stabilisation de la température, la mesure de la température a été effectuée sur le terrain, au même endroit et au même moment avec **le pH**. La mesure de **la conductivité électrique et la turbidité** se font sur terrain et elles se refont au laboratoire à l'aide d'un conductimètre.

La mesure de la **salinité**, se fait au moyen d'un multi-paramètre « CONSORT C931 » sur terrain et elle se refaire au laboratoire a l'aide d'un multi-paramètre de paillasse.

II.1.2. Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs)

Les analyses des paramètres chimiques des échantillons sont effectuées au niveau du Laboratoire de l'ADE et le laboratoire de l'université Abbes Laghrour Khenchela. Les éléments chimiques majeurs concernés par cette étude analytique sont :

 **Cations :** Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺

 **Anions:** Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻, NO₃⁻, NO₂⁻

Afin d'obtenir des résultats fiables pour la détermination de la quantité des éléments minéraux majeurs ou mineurs constituant les eaux à étudier, des méthodes conventionnelles sont utilisées :

- La spectrophotométrie à UV et du visible
- La spectrophotométrie à flamme.
- La méthode titrimétrie

Méthode d'analyse	Elément chimique	Laboratoire
La spectrophotométrie à UV, visibles.	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ et NH ₄ ⁺	Laboratoire de l'ADE
La spectrophotométrie à flamme.	Na ⁺ et K ⁺	Laboratoire de l'université Abbes Laghrour Khenchela
La méthode titrimétrie.	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , HCO ₃ ⁻ et Cl ⁻	Laboratoire de l'ADE

Pour la préparation des échantillons pour l'analyse, l'eau doit être filtrée à l'aide d'un papier filtre n° 1 (Figure 06) qui élimine la matière en suspension qui est toujours présente dans l'eau naturelle sous forme de particules d'origine minérale, organique ou biologique.



Figure 06 : filtration des échantillons.

II.1.2.1. Analyse par spectrophotométrie UV-Visible (PC MultDirect) :

La spectrophotométrie UV-Visible est une méthode d'analyse utilisée pour les éléments quantitative et qualitative qui présente un grand intérêt pour le dosage de cations et d'anions. Elle est fondée sur la mesure de la quantité d'énergie absorbée par les molécules traversées par un faisceau de la lumière monochromatique. L'énergie absorbée correspond à une transition électronique d'un niveau fondamental à un niveau excité (**Tahar-Cherif, 1994**).

II.1.2.1.1. Principe de la technique de spectrophotométrie

La technique de spectrophotométrie ou d'absorptiomètre est basée sur la propriété de la matière, et plus particulièrement de certaines molécules, d'absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la [loi de Beer-Lambert](#) qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration, aussi bien qu'une étude structurale des complexes par l'étude des spectres d'absorption.

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un spectrophotomètre qui détermine l'absorption d'une solution pour une longueur d'onde donnée ou pour une plage de longueurs d'ondes judicieusement choisie.

II.1.2.1.2. Manipulation

La manipulation dépend du spectroscope utilisé. Néanmoins, il est impératif de préparer au moins deux cuves :

- une cuve où le produit dont on veut le spectre est dilué dans un solvant
- une cuve de solvant pur qui servira de référence (appelé le " blanc ")
- On réalise le spectre entre une longueur d'onde de départ et une longueur finale.
- Remarque : le solvant peut être un mélange de solvant.

Le blanc est nécessaire. En effet, si le solvant absorbe dans le domaine de longueur d'onde choisit pour tracer le spectre, on va avoir superposition des courbes. Le spectrophotomètre fait la différence des deux signaux de transmission : il ne reste plus que le spectre du produit dilué.



Figure 07 : Le spectrophotomètre UV-Visible.

Les éléments chimiques utilisés par le spectromètre UV sont : SO_4^{2-} , NO_3^- et NO_2^- , NH_4^+

II.1.2.1.3. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

a) Principe :

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

b) 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^+
- Lire au spectrophotomètre.

c) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.1.2.1.4. Détermination des nitrites (NO_2^-)**a) Principe :**

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

b) Mode opératoire :

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

c) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.1.2.1.5. Détermination des nitrates (NO_3^-) Méthode au Salicylate de Sodium

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

a) Principe :

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

b) 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 H_2SO_4 pur laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de Sodium et de Potassium.

➤ Lire au spectrophotomètre.

c) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.1.2.1.6. Détermination des sulfates

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

a) Principe :

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

b) Mode opératoire :

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

c) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.1.2.2. La spectrophotométrie à Flamme :

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité (E_n) et le niveau fondamental (E_0), plusieurs transitions électroniques étant possibles suivant la quantité d'énergie fournie. Ce transfert correspond à une absorption d'énergie, qui peut être réémise spontanément sous forme de photons lors du retour à l'état fondamental initial. L'utilisation de ce phénomène constitue la base de la spectrométrie d'émission, encore appelée photométrie de flamme. (Rodier, 2009)

II.1.2.2.1. Principe de la spectrophotométrie

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme ; leur retour à l'état fondamental

s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité est fonction de sa concentration. L'élément est dosé en mesurant l'intensité des raies émises par la fraction des atomes passés à l'état excité. En effet, pour une population d'éléments atomisés dans la flamme, une fraction est excitée et provoque une émission lumineuse dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en éléments excités et donc à la concentration de cet élément dans l'échantillon. Cette relation suppose que la fraction d'éléments atomisés est rigoureusement identique tout au long de la procédure, ce qui ne peut être assuré que pour de faibles concentrations en éléments et pour des conditions instrumentales rigoureusement identiques. (**rodier**)

II.1.2.2.2. Réglages préliminaires

Le flux lumineux reçu par la cellule contient la somme de deux flux :

L'un provient de l'émission de l'élément à doser, l'autre provient de la flamme elle-même.

Cette dernière émission est le fond de flamme. Ce fond de flamme peut être compensé à l'aide de boutons qui permettent de ramener la valeur de l'indication à zéro lorsque l'échantillon est constitué d'eau distillée.

Le photomètre étant branché et réglé sur la position Na^+ (ou K^+), pulvériser de l'eau distillée et faire le réglage du zéro (Afficher 0 à l'aide du bouton « Blanc »)

a) Mesures

- Placer le filtre sur Na ou K selon le dosage.
- mesurer les éthanols (K^+ , Na^+) pour 100,50 et 25 ppm à l'aide des deux potentiomètres
- « Sensitivité fine et coarse ».
- noter l'indication correspondante à chaque solution.
- Faire passer la solution à doser (les échantillons), noter la graduation.
- Entre chaque mesure, rincer le dispositif de pulvérisation à l'eau distillée.

Les éléments chimiques utilisés par le spectromètre à flamme sont : **Na et K^+**



Figure08 : les étalons mesurés par le spectromètre ont flamme.



Figure09 : La spectrophotométrie à Flamme.

II.1.2.3. La titrimétrie :

La titrimétrie comprend l'ensemble des méthodes analytiques basées sur la détermination d'un réactif de concentration connu qui est nécessaire pour réagir complètement avec une solution de volume connu contenant la substance à analyser (l'analyte). Le réactif peut être une solution étalon (c'est à dire une solution de concentration connue avec précision) (titrage volumétrique), un produit chimique (titrage gravimétrique ou par précipitation) ou un courant électrique de grandeur connue (titrage colorimétrique).

Une titration consiste à déterminer la concentration d'une espèce chimique en solution par une réaction de neutralisation de cette espèce : une solution de concentration connue, appelée titrant, est utilisée pour neutraliser une espèce chimique, appelée analyte, contenue

dans la solution à titrer. Le point de neutralisation, ou équivalence, est connu via la mesure continue d'un paramètre directement lié à cette réaction de neutralisation (ex : changement de couleur, pH, potentiomètre). Il s'agit du moment où le titrant et l'analyte ont réagi dans des proportions stœchiométriques : la quantité de titrant utilisée renseigne alors sur la quantité d'analyte présent dans l'échantillon. Le volume équivalent de titrant est ensuite déterminé de manière très précise par la méthode de Gran (1952).



Figure10 : Le dosage titrimétrie.

II.1.2.3.1 Détermination des chlorures (Méthode de MOHR)

a) Principe :

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

b) Mode opératoire :

➤ **Le blanc :** Prendre 100 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mol/l.

➤ **Le titre :** Prendre 10 ml de NaCl à 0.02 mol/l +90 ml d'eau distillée + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mol/l.

➤ **L'échantillon :** Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K_2CrO_4 . Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mol/l.

Le tirage se fait jusqu'au virage rouge brique.

c) Calcul :

$$[\text{Cl}^-] = (V_E - V_B) \cdot C \cdot F / P_E$$

V_E : Volume de l'AgNO₃ utilisé pour l'échantillon.

V_B : Volume de l'AgNO₃ utilisé pour le blanc.

P_E : la prise d'essai 100 ml

C : La concentration réelle de l'AgNO₃ en mol/l ($C = 0.02 \cdot \text{Titre} / \text{Titre} = 10 / VT$)

F : La masse molaire du Chlore $M = 35.5$ g/mole.

II.1.2.3.2. Détermination TH et TAC (Méthode de MOHR)**a) Principe :**

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en Alcalis libres, Carbonates et Bicarbonates. (Bicarbonate = $TAC \cdot 12.2$); (Magnesium = $(TH - CA) \cdot 4.86$).

b) Titre Hydrométrique (TH) :

Prendre 50 ml d'échantillon, ajouter 4 ml de KID, ajouter 2 gouttes de NET et titrer avec EDITIONTA pour obtenir le virage Bleu.

c) Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :

➤ **Le blanc** : Prendre 100 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle orange. Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50).

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

➤ **L'échantillon** : Prendre 100 ml de l'échantillon plus 3 gouttes de Méthyle orange. Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50).

Le tirage se fait jusqu'au virage jaune

II.1.2.3.3. Détermination du Ca²⁺ : (Rodier 8ème EDITION 2005)**a) Principe :**

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

b) Mode opératoire :

Prendre 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 2 ml de NaOH , 3 gouttes de Bleu ajouter 0.2g de HsH. Verser la quantité nécessaire de solution d'EDITIONTA pour obtenir le virage au violet.

II.1.3. La représentation simplifiée des caractéristiques chimiques des eaux

L'interprétation des analyses chimiques reposent sur la cartographié hydro-chimiques pour illustrer le faciès chimique des eaux et remonter leur origine. Cette représentation utilise des diagrammes puisés dans le logiciel qui s'appelle **DIAGRAMME** initié par le docteur Roland SIMMLER du laboratoire d'hydrogéologie de l'université d'Avignon. Le recours à des diagrammes et graphiques divers est donc assez fréquent et utile en hydrochimie.

II.1.3.1. Diagramme de piper

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles équilatéraux à la base surmontés d'un losange eau. Milieu permettant de représenter le faciès hydro-chimiques des eaux par rapport à la. Concentration relatives des cations et des anions. Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons. (Valles, 2007)

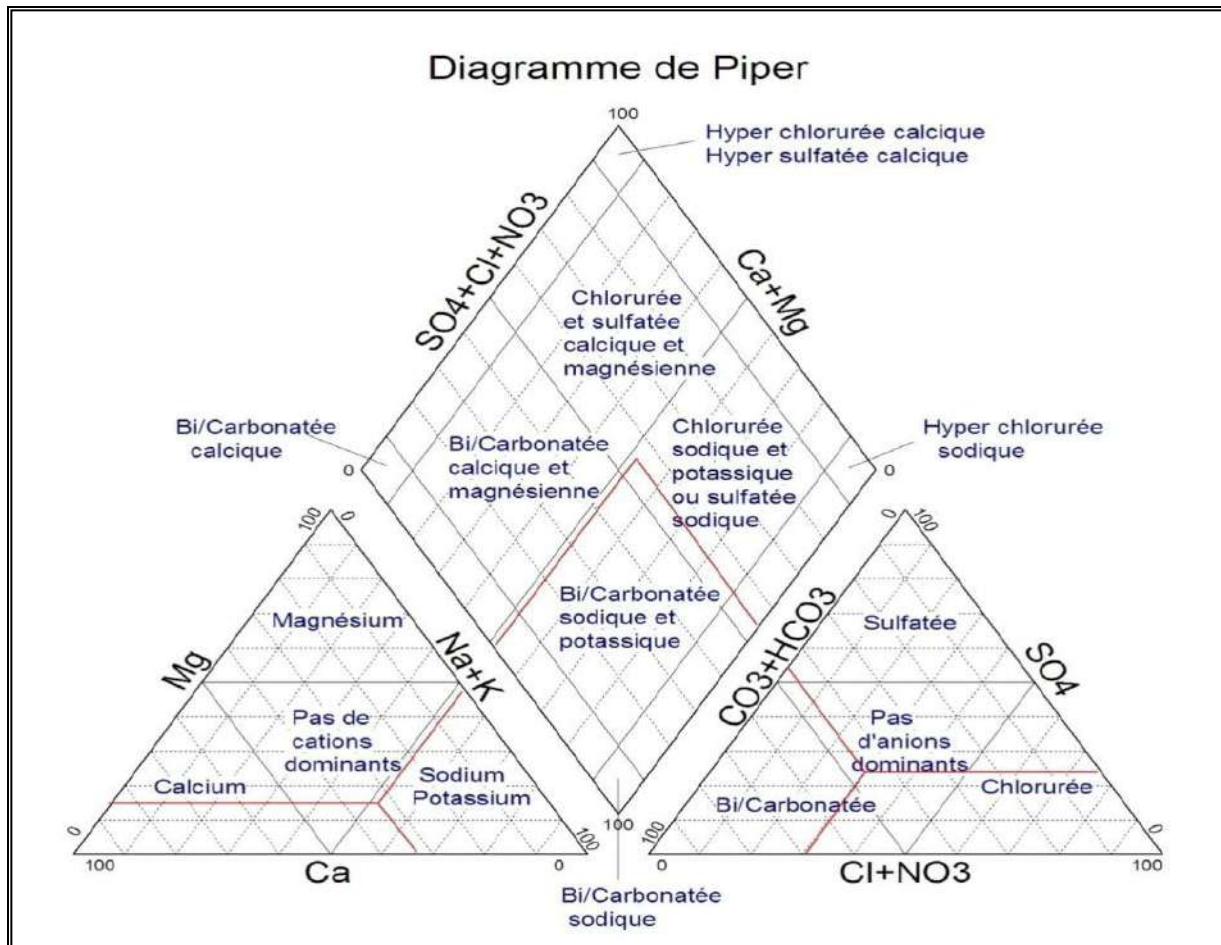


Figure 11 : Diagramme de Piper

II.1.3.2. Diagramme de Schoëller et Berkaloff

Le diagramme de Schoëller et Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

Il est ainsi possible de visualiser le faciès chimique, comme pour le diagramme de Piper, mais aussi la minéralisation de l'eau, ce qui est appréciable. Toutefois, la visualisation du faciès est moins aisée qu'avec le diagramme de Piper. (Valles, 2007)

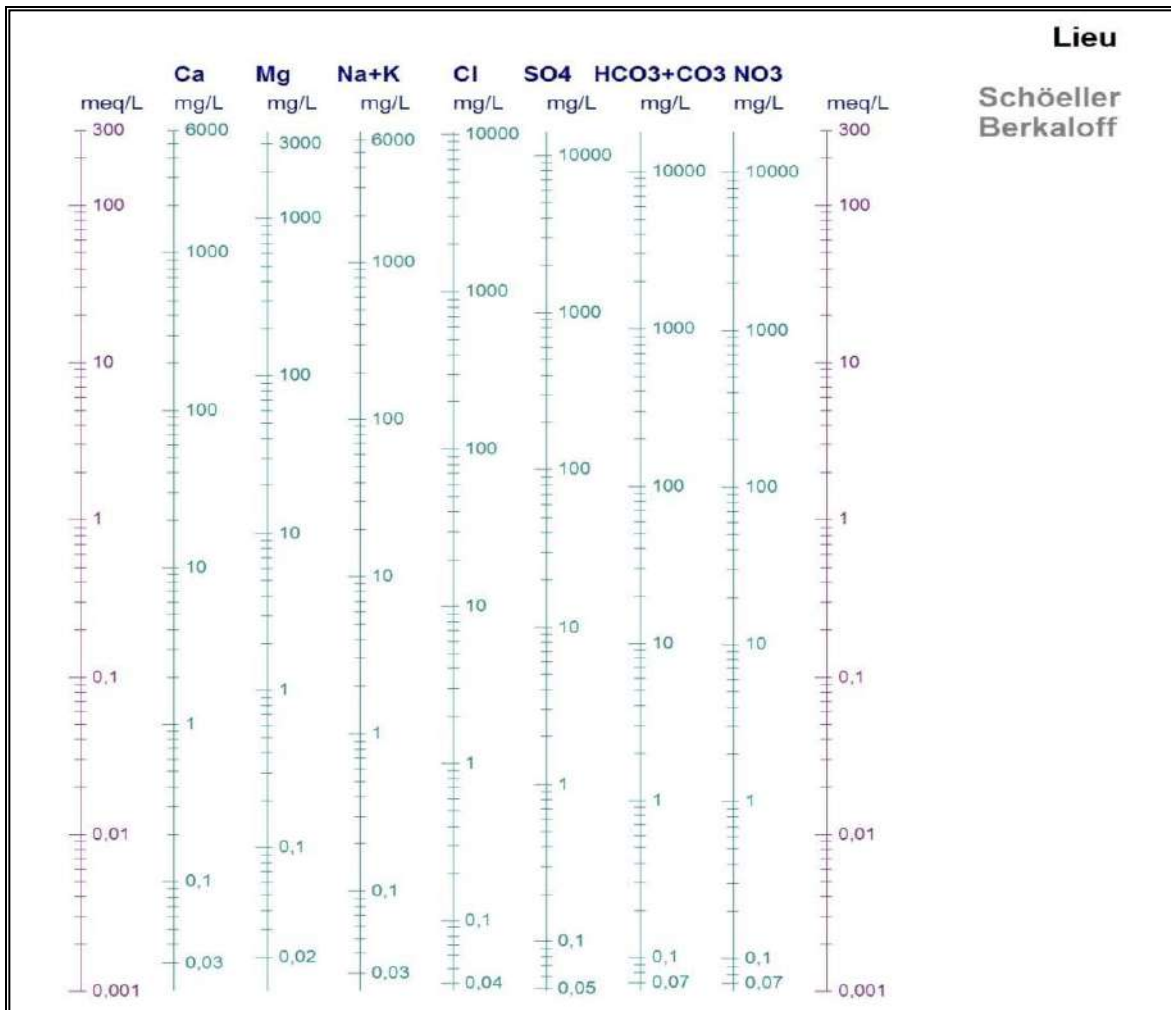


Figure 12 : Diagramme de Schoëller et Berkaloff.

Chapitre 03 :

Etude

Hydro - Climatique

Etude hydro-climatique

Introduction

Le climat est le résultat du comportement de l'atmosphère du point de vue humidité, pluies, température, éclaircissement et vents. (**Boudy, 1950**)

La connaissance des facteurs climatiques (précipitations, températures,..) est indispensable pour quantifier les ressources en eaux, de surface et de déterminer la part de l'eau qui s'infiltré dans les nappes, constituant ainsi les eaux nécessaires utilisables.

Toute étude hydro-climatologique dépend sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie.

Pour cette étude, les séries des données d'une période de (1995-2020), qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique d'Oum El Bouaghi, dont Les coordonnées géographiques sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 01: les coordonnées géographiques de la station d'Oum El Bouaghi

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

I.1. Les facteurs climatiques

I.1.1. Précipitations

Généralement, nous englobons sous le terme de « précipitations », toutes les eaux qui tombent à la surface de la terre sous forme liquide ou solide et varie selon l'altitude.

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

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière. Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles observées dans la zone expérimentale au cours d'une période de 23 ans (1995-2020) sont reportées comme dans la **figure n° 13**.

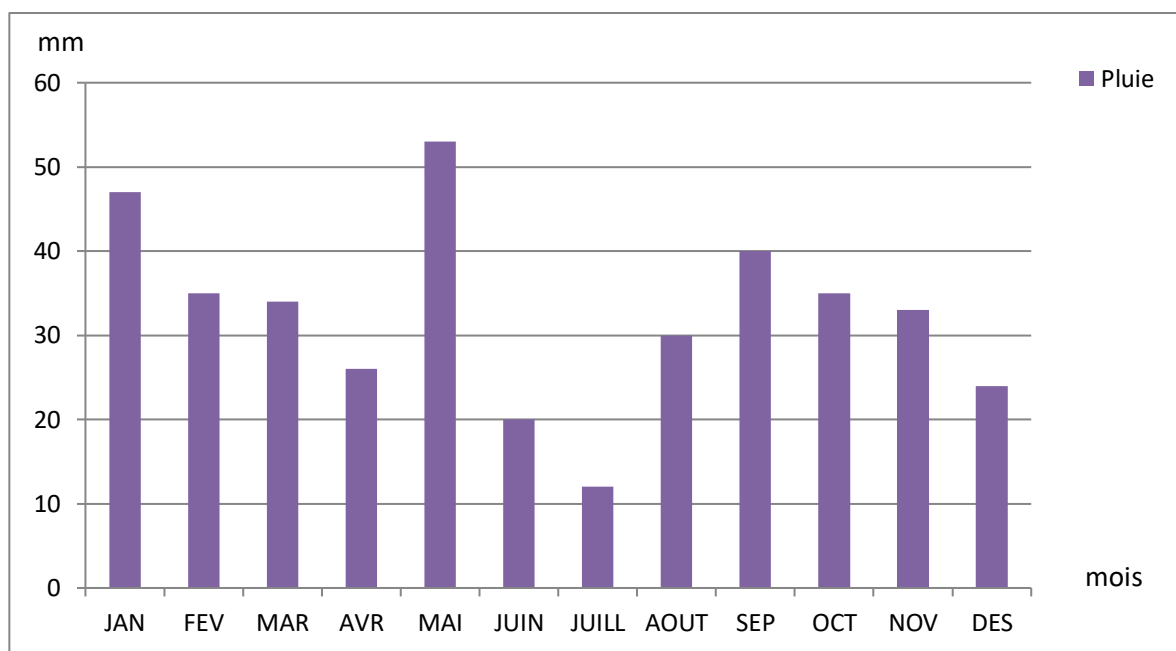


Figure 13 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (1995-2020)

On remarque des précipitations mensuelles dans histogramme révèle que mai est le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 50.84 mm, tandis que juillet est le mois le plus sec avec une moyenne mensuelle de 12.04 mm. Les précipitations moyennes mensuelles de la période (1995-2020) sont de 31.11 mm

➤ **Nombre de jours de pluie**

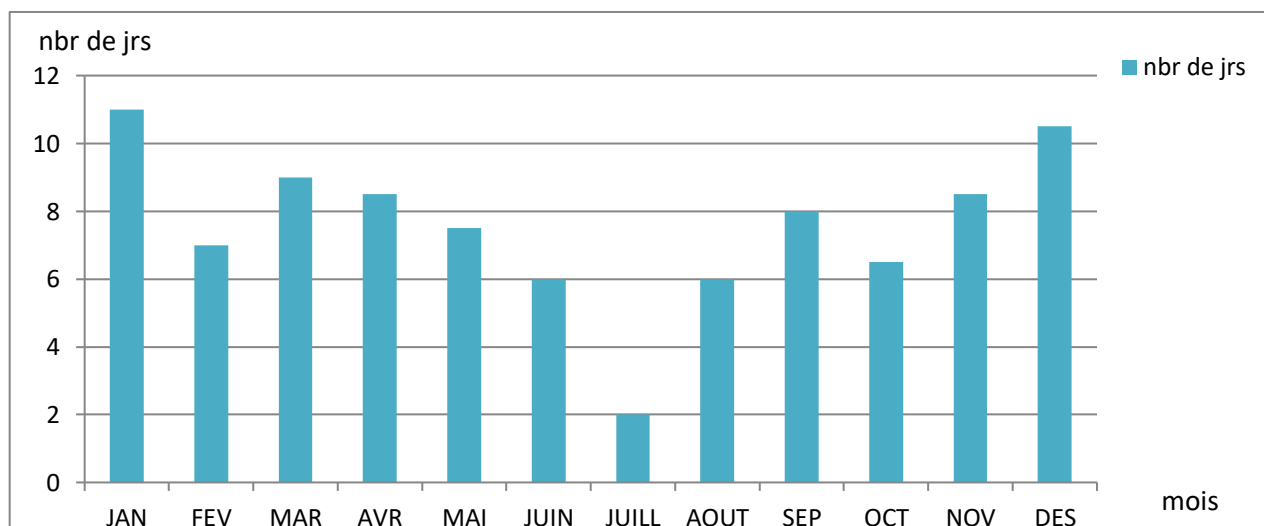


Figure 14 : Diagramme des précipitations moyennes Nombre de jours de pluie (1995-2020)

Le Nombre de jours de pluies dans histogramme révèle que janvier est le mois le plus long dans le jours avec une moyenne mensuelle de 10.92 h , tandis que juillet est le mois le plus court dans le jour avec une moyenne mensuelle de 2.17 h. le moyennes mensuelles de Nombre de jours de pluies dans la période (1995-2020) sont de 7.48 h

I.1.2. Température

la température est l'un des éléments important pour la caractérisation du climat, elle est une grandeur physique liée à la sensation de chaud et froid d'un chaleur, sa mesure se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules , l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique (Roger et al.2006).

L'étude des températures permet de quantifier l'évaporation et par conséquent les conditions d'alimentation des aquifères profonds et la concentration des sels dissous dans leurs eaux et de précises les limites de la thermalité.

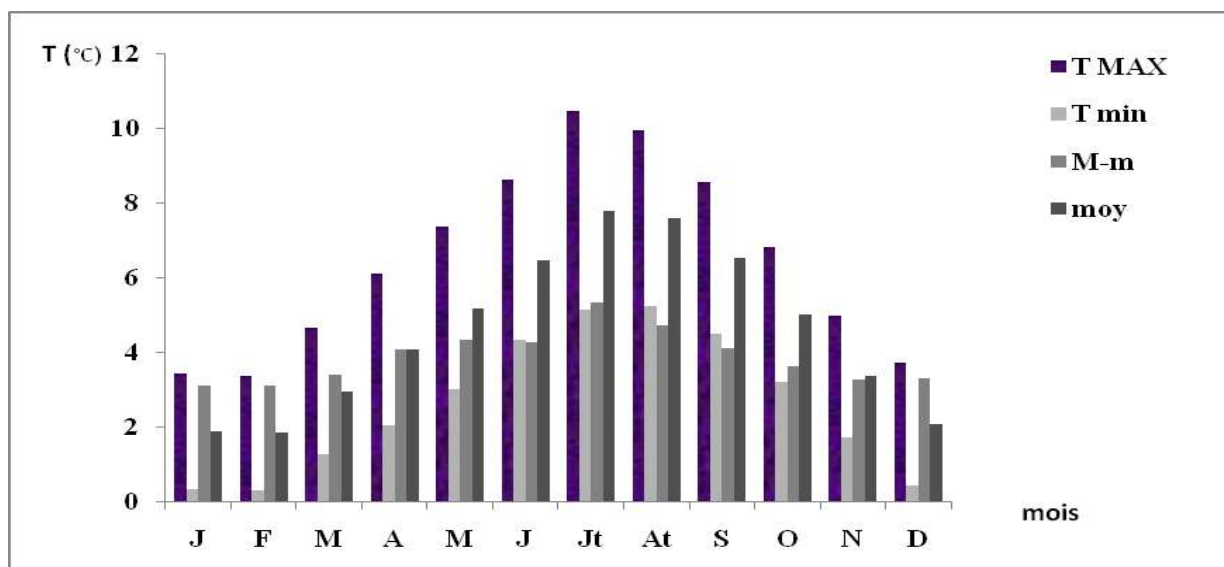


Figure15: diagramme des températures moyenne mensuelle de la période (1995-2020)

En analysant les données de la période (1995-2020), nous constatons que février est le mois le plus froid avec une température moyennes minimale de 0.28°C, alors que juil est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale de 10.47°C.

I.1.3. Evaporation

Elle est un phénomène physique qui augmente avec la température, Ce terme représente la restitution de l'eau de la surface terrestre sous forme de vapeur, à l'atmosphère et sous des conditions climatiques et physiographiques. (Ramade, 2005).

L'évaporation est une composante fondamentale du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant.

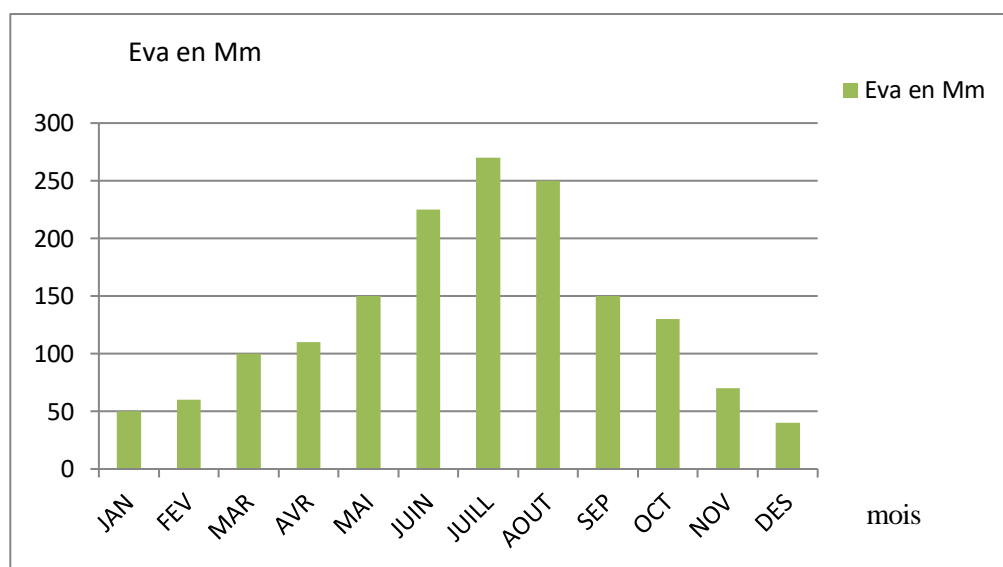


Figure16 : Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (1995-2020)

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 267.56 mm et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec une moyenne de 50.29 mm. L'évaporation moyenne mensuelle dans la période est de 129.63 mm.

I.1.4. Humidité

Elle est un phénomène physique qui augmente avec la température, Ce terme représente la restitution de l'eau de la surface terrestre sous forme de vapeur, à l'atmosphère et sous des conditions climatiques et physiographiques.(nawel et djahida 2015 (Ramade, 2005).

L'évaporation est une composante fondamentale du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant.

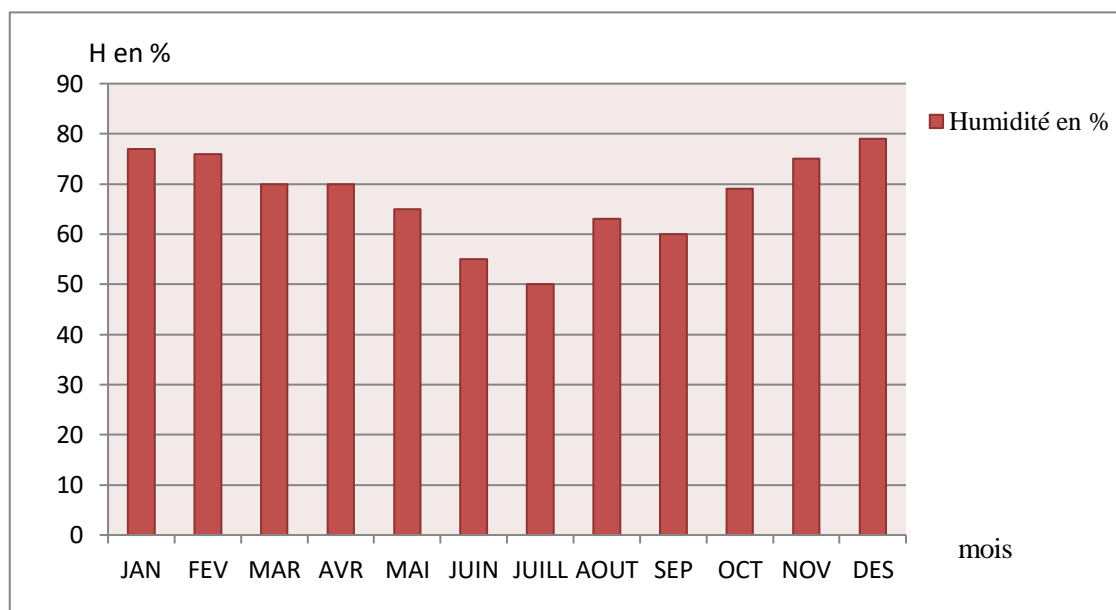


Figure 17 : Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (1995-2020)

A partir de la figure 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 78.79% ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, et le plus faible durant le mois de juillet avec 44.58%.L'humidité relative de la région d'étude est constamment élevée, Son évolution saisonnière est étroitement liée aux précipitations et à l'évaporation.

I.1.5. Vent

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. Il provoque le déplacement d'air et transporte ainsi les caractères climatiques. (Roger et al., 2006).

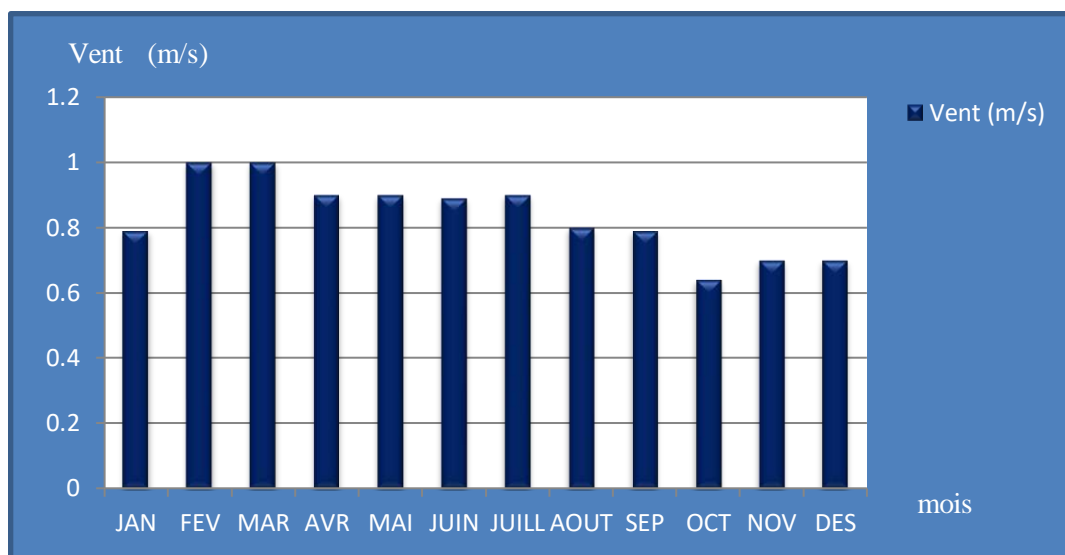


Figure18: Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1995-2020)

L'histogramme représentant les moyennes annuelles des vitesses des vents dans la région de F'kirina dans la période (1995.2020) .Où il montre le maximum au mois de février (0.97 m/s),et un minimum au mois de décembre (0.65m/s).

En remarque aussi qu'il n'y a pas une variation importante entre un mois et l'autre

➤ **La direction du vent**

Les vents sont en général très violents dans la région. Ceux chargés de pluies soufflent surtout du Sud-est en hiver, en automne et une partie en printemps. (OUANES 2012)

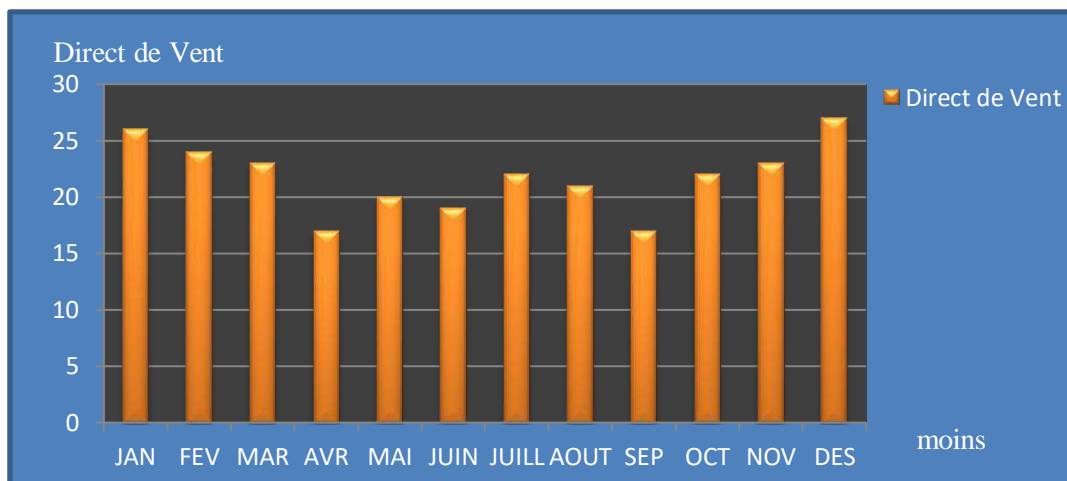


Figure 19 : Diagramme des moyennes La direction du vent de la période (1995-2020)

La figure montre que le mois qui comporte La direction du vent est décembre avec unemoyenne de 26.95, tandis que le moins est septembre avec une moyenne de 17.66.

I.1.6. Sirocco

Sirocco désigne un vent très sec et très chaud, qui est chargé de poussières et qui souffle du Sahara vers l'Algérie, lorsque de basses pressions règnent sur la Méditerranée. (Site web)

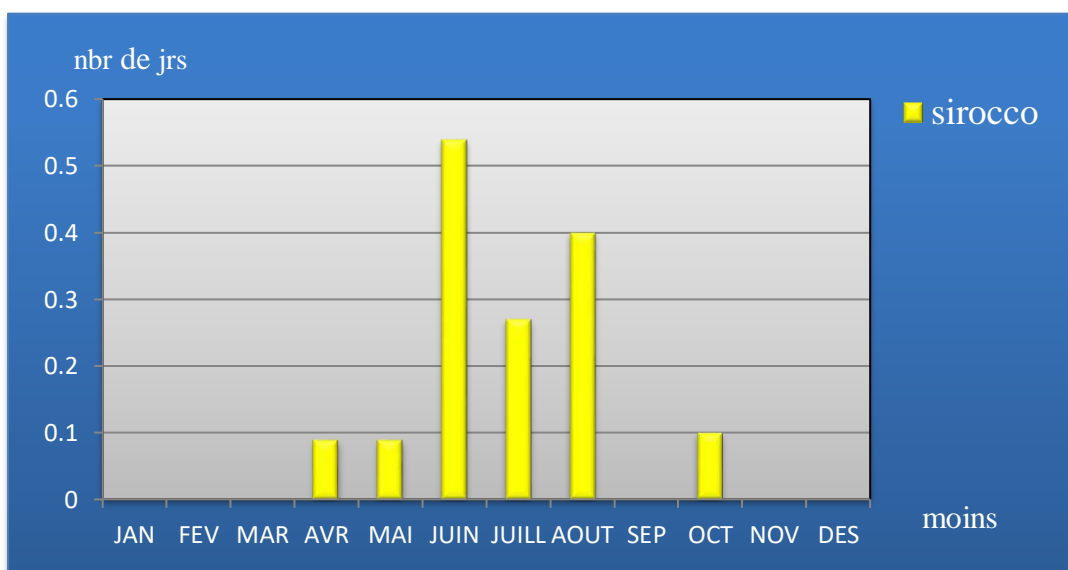


Figure 20 : Diagramme des moyennes Sirocco de la période(1995-2020)

Le sirocco souffle du sud avec un maximum de fréquence en avril et mai avec une moyenne 0.086, Où son absence a été observée dans la période hivernal

I.1.7. Neige

La neige aussi est un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique. La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, protège efficacement du froid la végétation et les animaux (rongeurs par exemple), enfouis sous cette dernière. (Ramade, 2003).

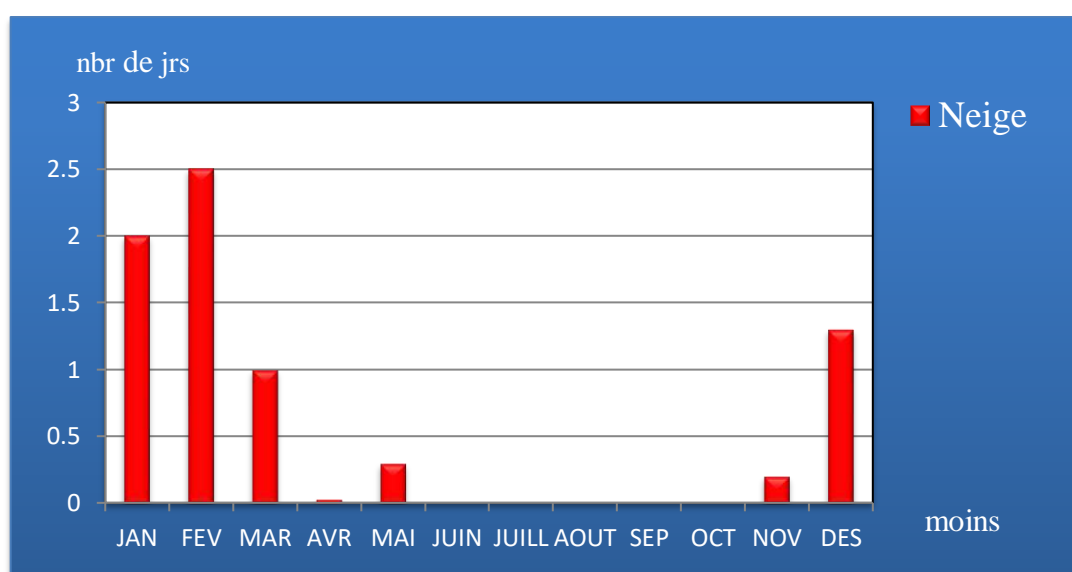


Figure 21 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (1995-2020)

A partir de la figure 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 à un moyenne 2.41 mm . L'enneigement consiste une réserve d'eau cédée progressivement du sol.

I.1.8. 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 .

(Gheditionjmis et al.2016).

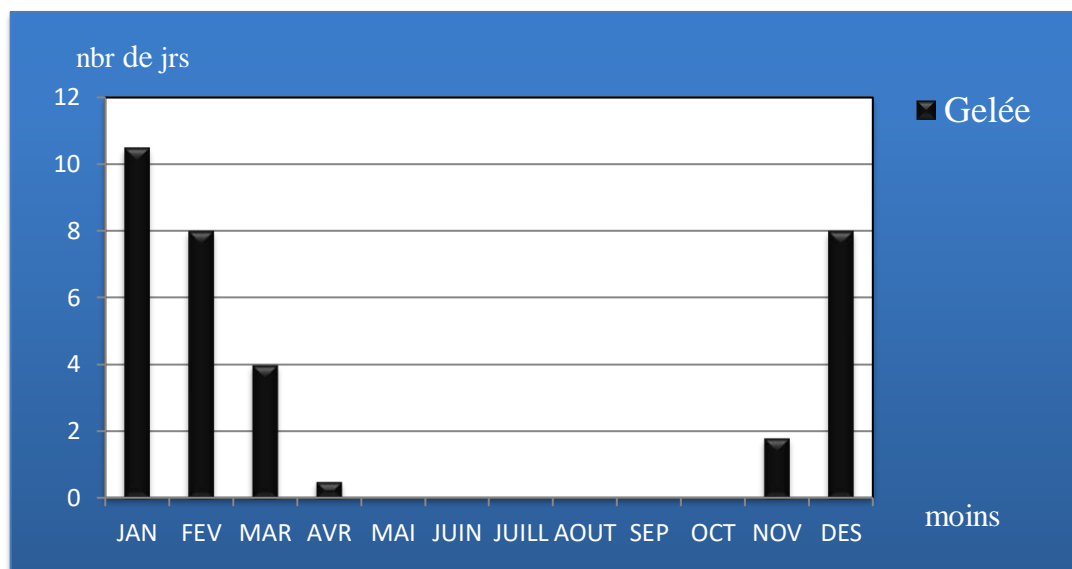


Figure 22 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de gelée de la période (1995-2020)

A partir de l'histogramme en révèle que la gelée et s'tale pendant la période hivernal de novembre à avril, janvier est le mois le plus élevée avec une moyenne de 10.58.

I.1.9. La Grêle :

Est un phénomène très connu dans la région de l'Aurès, elle cause des dégâts grave au niveau des plantations (déformation physique et physiologique), arrête même leur développement et provoquant également les effets de refroidissement brusque. C'est un facteur de dégradation de la couverture végétale par son action mécanique. (Messas et al. 2007).

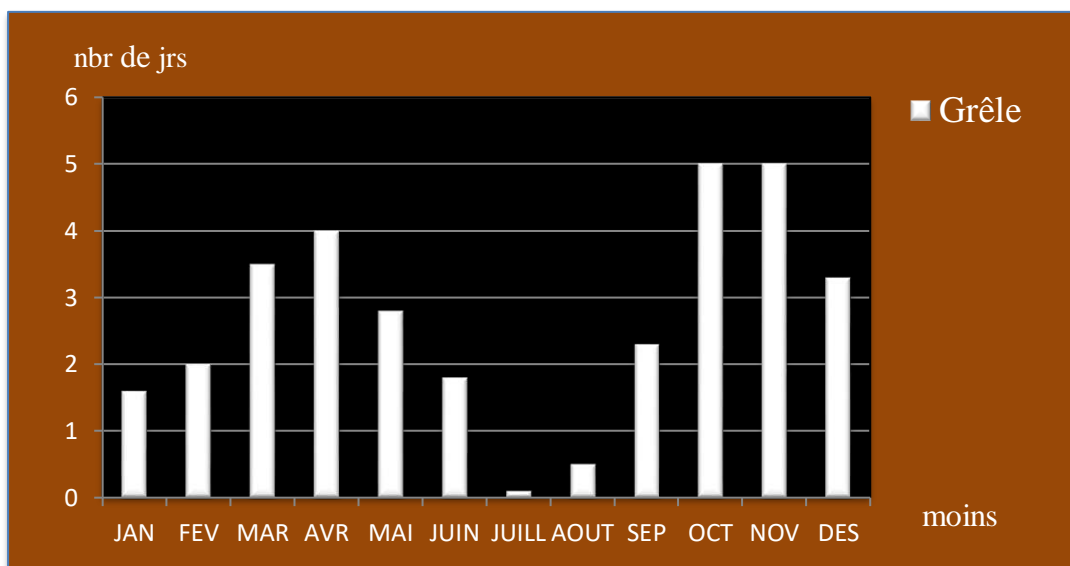


Figure 23 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de grêle de la période (1995-2020)

Le diagramme des moyennes des nombres de jours montre que la grêle est fréquente dans la région pendant tout le mois, le maximum est enregistré au mois de janvier alors que le minimum est enregistré dans les mois avril, juin et octobre.

I.1.10. Orage

L'orage est un phénomène météorologique caractérisé par la présence d'éclairs et de tonnerre avec ou sans précipitations liquides ou solides. il est constitué par une formation nuageuse spécifique appelée cumulonimbus, qui peut s'étendre sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés et dont le sommet culmine à une altitude comprise entre 6000 et 15000 mètres et qui peut contenir une centaine de milliers de tonnes d'eau, de grêlons et de cristaux de glace.(carrier,2004)

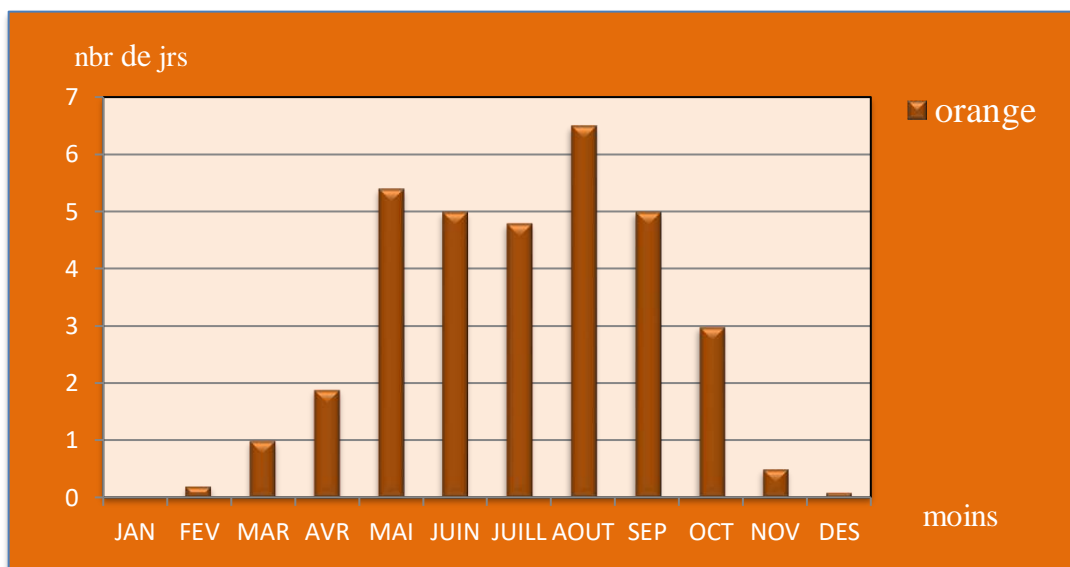


Figure24: Diagramme des moyennes des nombres de jours d'orage de la période (1995-2020).

A partir de la figure on constate que l'orage s'étale sur tous le mois sauf janvier, le maximum étant au mois d'Aout avec une moyenne 6.29. Tandis que le moins mois c'est décembre avec un moyenne 0.04.

I.1.11. 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. (Site web).

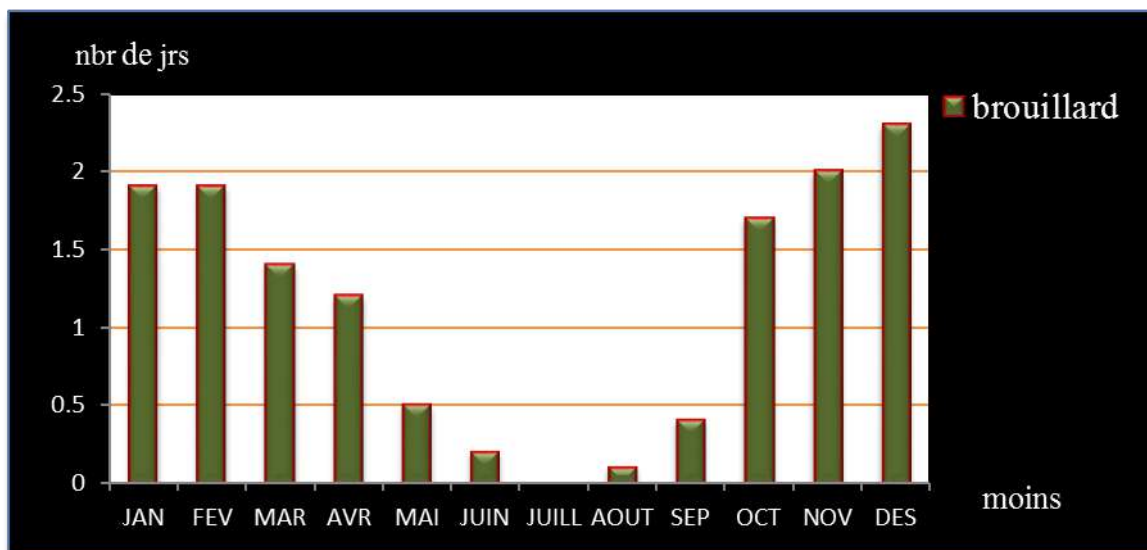


Figure25: Diagramme des moyennes des nombres de jours de brouillards de la période (1995-2020)

Selon la station météorologique d'Oum El Bouaghi, la moyenne de nombre de jour de brouillard varie d'un mois à l'autre. On remarque que le brouillard s'étale sur tous le mois sauf juill. la valeur maximale est enregistré en décembre et la valeur minimale aout.

I.1.12. La rosée

La rosée est un phénomène météorologique qui se traduit par la condensation nocturne de l'humidité de l'aire sur la surface du sol et sur les extrémités refroidies des plantes (**hajer et samira 2017(Ramade, 2002)**).

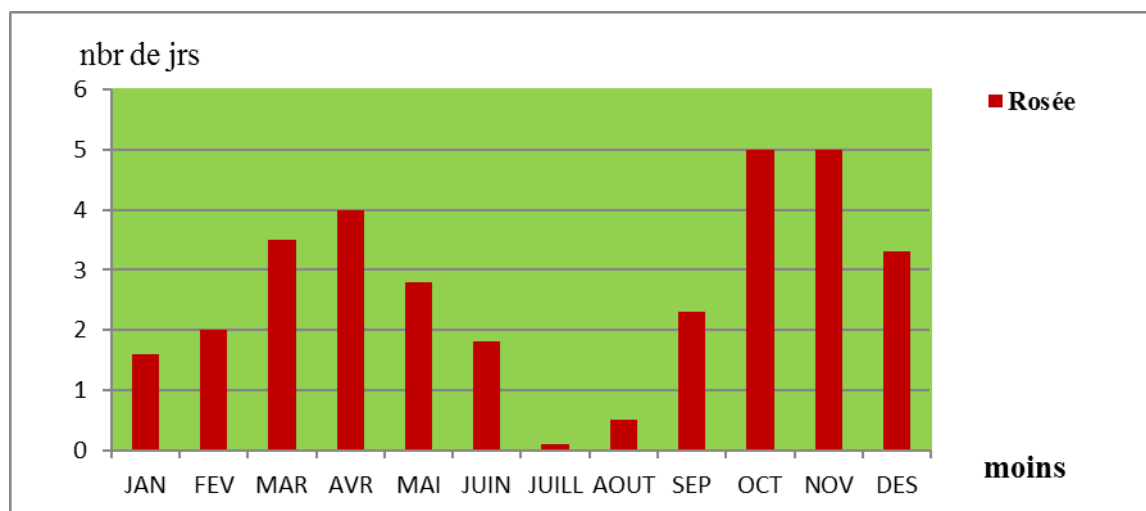


Figure 26 Diagramme des moyennes des nombres de jours de rosées de la période (1995-2020)

D'après la figure en résultant que la moyenne de rosée de la période (1995-2020) est le plus élevé durant le mois de novembre avec un moyenne 5.00 par contre le mois de juillet présente la valeur la plus faible.

II.1. Synthèse climatique

II.1.1. Indice d'aridité

L'aridité traduit des conditions climatiques caractérisées par la faiblesse des précipitations moyennes annuelles (moins de 250 mm d'eau par an) et par le fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle.

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_a). Ce dernier est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné (**John E. Oliver.**).

Cet indice est défini comme étant un rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles (P en mm) et la moyenne des températures annuelles (T en °C), et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (**ouanes 2013**) (**GAAGAI, 2009**).

On peut calculer cet indice (Ia) selon la formule suivante :

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

Avec:

Ia : Indice d'aridité

P: Précipitations moyennes annuelles (mm).

T: Températures moyennes annuelles (°C).

Les valeurs de l'indice permettent de déterminer le climat selon le tableau suivant :

Tableau 02: Type de climat selon l'indice d'aridité

Climat	Hyperaride	Désertique	Steppique	Semi-aride	Tempéré	Humide
Indice d'aridité	$I_a < 5$	$5 < I_a < 7,5$	$7,5 < I_a < 10$	$10 < I_a < 20$	$20 < I_a < 30$	$I_a > 30$

Pour la station de F'kirina, P = 373.33 mm et T=15.71 C donc cet indice est égale :

$$I_a = 373.33/15.71+10$$

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride.

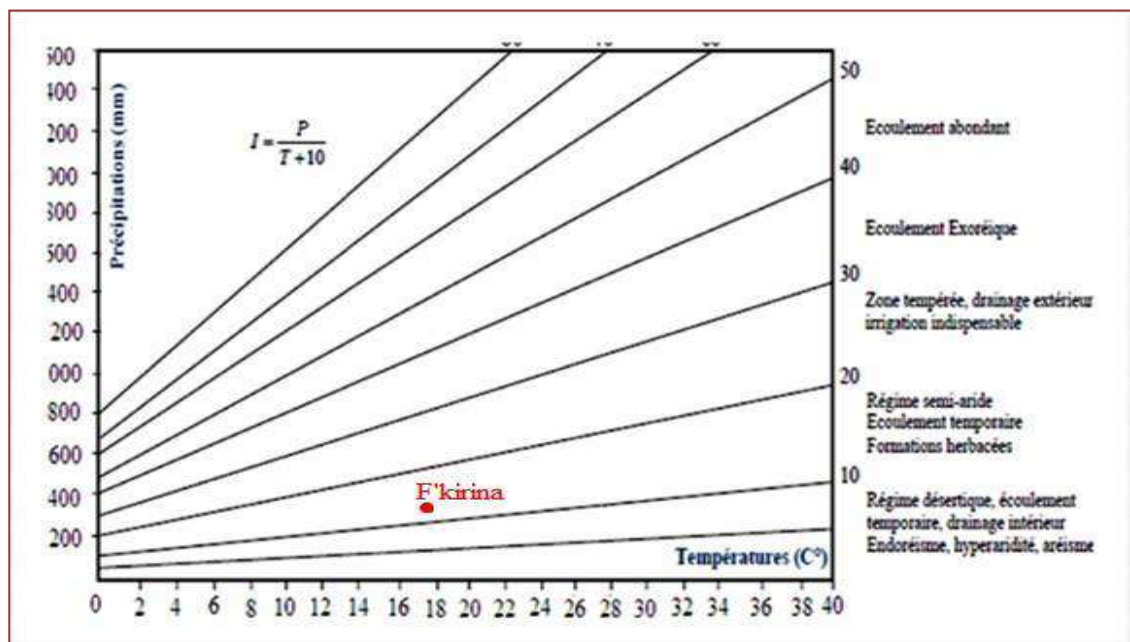


Figure 27: Indice d'aridité annuel de Martonne

II.1.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de comparer facilement les climats de différents endroits d'un coup d'œil du point de vue pluviosité c.à.d. permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$

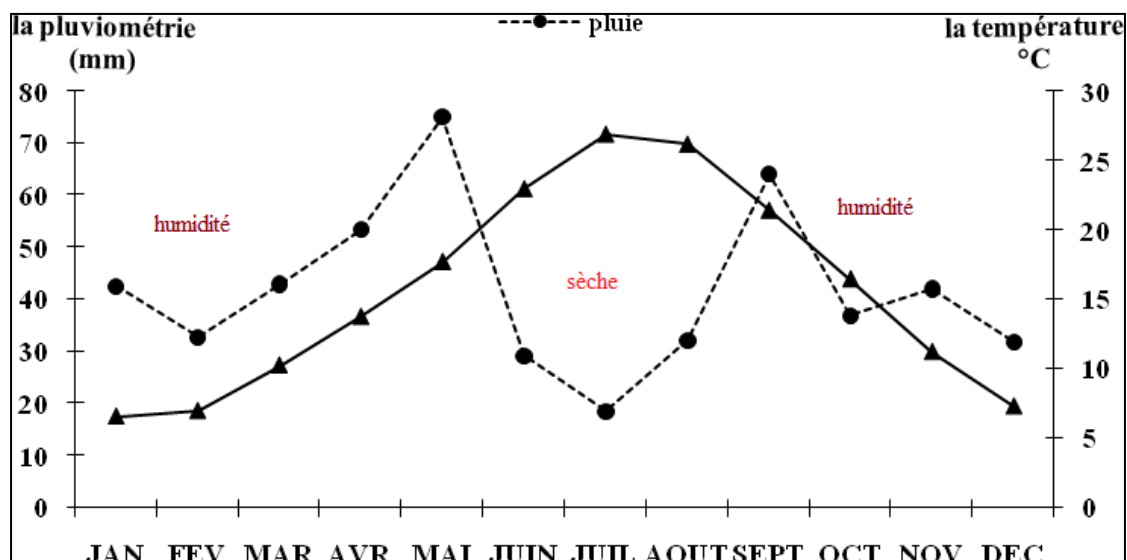


Figure 28: Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls(1995-2020)

Le diagramme ombrothermique de la région de F'kirina montre que la période sèche s'étale du mois de mai jusqu'au mi d'aout et dure environ 105 jours.

La superposition des deux courbes [P (mm) et T (°C)] permet ainsi de définir la période sèche.

II.1.3. Le climagramme d'Emberger

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique. Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

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

Avec :

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

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

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

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm

M-m : Amplitude thermique extrême moyenne

Dans notre zone d'étude :

$$P = 373.33 \text{ mm} ; M=35.9^{\circ}\text{C} ;$$

$$m=0.98^{\circ}\text{C}$$

Donc : **Q2= 36.67**

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

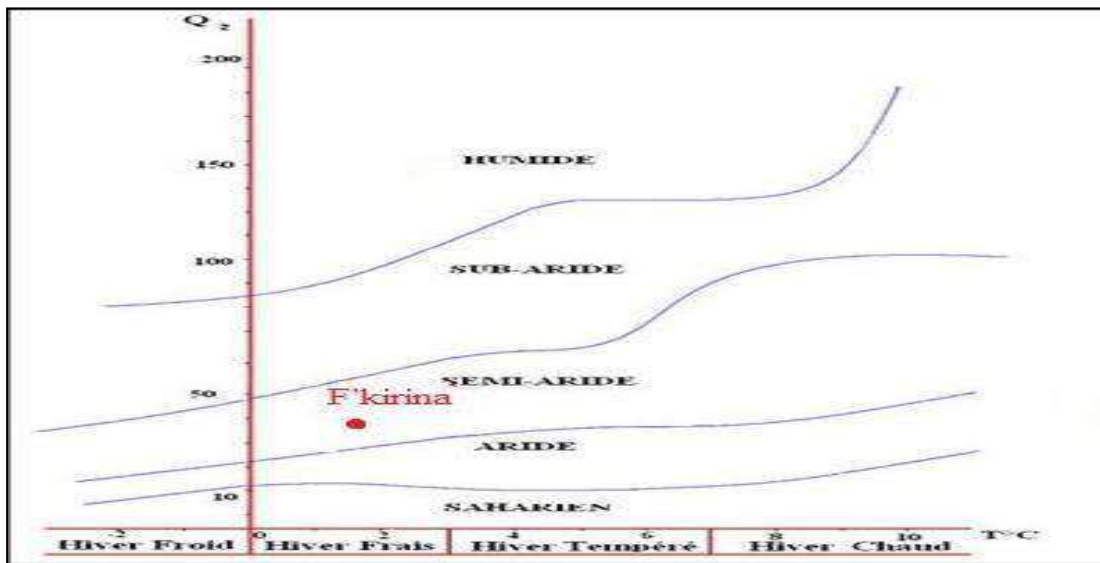


Figure 29 : le climagramme d'Embergie pour la zone d'étude

III. Bilan hydrique

Dans cette étude, nous allons évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants du bilan hydrique, à savoir le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration. Ce bilan est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelles (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm).

R : Ruissellement moyen annuel (mm).

I : Infiltration moyenne annuelle (mm).

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

III.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle):

L'évapotranspiration est une combinaison de deux processus : l'évaporation et la transpiration elle dépend de deux éléments :

- La teneur en eau du sol et les caractéristiques physiques des surfaces à partir desquelles produit l'évapotranspiration.
- Les variables climatiques telles que le rayonnement solaire, la vitesse du vent, au-dessus de la végétation.

III.1.1. ETR selon la formule de Turc:

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est en fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. Elle est calculée avec la méthode de Turc (1954) qui aboutit à la formule suivante :

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}. \quad L = 300 + 25 T + 0.05 T^3.$$

Avec:

ETR: Evapotranspiration réelle (mm/an);

P: Précipitation moyenne annuelle (mm);

L: Paramètre arbitraire lié à la température (pouvoir évaporant de l'atmosphère);

T: Température moyenne annuelle (°C).

❖ Application numérique:

Tableau 03: l'ETR selon la formule de turc

Station	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
F'kirina	373.33	886.61	15.71	346.540

III.1.2. L'ETR selon la C.W.Thornthwaite

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

- Si $ETP=P$, il y a existence d'une évapotranspiration réelle ETR, la réserve RFU ne se modifie pas et aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe.
- Si $ETP>P$, On a $ETR=ETP+RFU$, un déficit apparaît, une partie de RFU sera sollicitée jusqu'à la compensation de l'ETP. L'évapotranspiration agit donc sur le sol. Aucune infiltration ne se produit en direction de la nappe. (RFU=0)
- Si $ETP<P$, on a $ETR=ETP$ et $RFU=P-ETP$ (excédent hydrique) (Dali, 2009).

III.2. Mesure de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

Une évaporation potentielle est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporé sous un climat donné par un couvert végétale continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol/substrat et la et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau.

Plusieurs formules ont été utilisé pour estimer ETP parmi ces formules celle de C.W. Thornthwaite, qui a proposé également en 1948, elle a basée essentiellement sur les températures de l'air.

$$ETP = 16[10(t/I)]^a k$$

$$I = \sum i, i = (t/5)^{1.514}, a = 1.6$$

$$(I/100)+0.5I = 904.4$$

Avec:

$$ETP = 16[10(t/I)]^a k$$

$$I = \sum i, i = (t/5)^{1.514}, a = 1.6 (I/100)+0.5 I = 904.4$$

ETP: Evapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm).

i: Indices thermiques mensuel.

a : Paramètre arbitraire lié à la température. **I:** Somme des indices thermiques mensuels.

T: Température moyenne mensuelle (°C).

K: Coefficient d'ajustement mensuel (Coefficient de correction, qui dépend de la latitude).

III.3. 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**),

La réserve utile (**RFU**) en eau d'un sol, exprimée en millimètre d'eau, correspond à la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante. La RFU est encore la quantité d'eau comprise entre l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement:

- **humidité à la capacité au champ** : il s'agit de la teneur en eau d'un sol ressuyé dans des conditions où le drainage est assuré librement.
- **humidité au point de flétrissement** : elle correspond au taux d'humidité d'un sol pour lequel l'eau est retenue avec une intensité supérieure aux forces de succion des racines.

En général la RFU maximale généralement admise correspond à la hauteur de 100 mm d'eau. Dans la zone aride ou semi-aride, cette valeur maximale peut être ramenée à 50 mm du fait que le sol n'est pas toujours saturé (**Dali, 2009**). Dans notre cas, on prend une valeur de la RFU égale à 100 mm.

Tableau 04 : bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'El Hamma.

Période	Tp (°C)	i	K	ETP _c (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	25,20	11,6	1,04	124,3	44,60	-79,7	-0,6	0,0	0,0	44,6	79,7	0,0
O	21,00	8,8	0,98	83,7	24,60	-59,1	-0,7	0,0	0,0	24,6	59,1	0,0
N	14,60	5,1	0,85	36,5	36,40	-0,1	0,0	0,0	0,0	36,4	0,1	0,0
D	13,90	4,7	0,84	32,8	39,20	6,4	0,2	6,4	6,4	32,8	0,0	0,0
J	9,20	2,5	0,86	15,5	44,60	29,9	1,9	29,9	35,5	15,5	0,0	0,0
F	9,90	2,8	0,85	17,6	30,50	12,9	0,7	12,9	48,4	17,6	0,0	0,0
M	12,40	4,0	1,03	32,5	36,14	3,7	0,1	3,7	52,1	32,5	0,0	0,0
A	15,30	5,4	1,09	50,9	36,80	-14,1	-0,3	-14,1	38,0	50,9	0,0	0,0
M	18,30	7,1	1,21	79,7	48,10	-31,6	-0,4	-31,6	6,4	79,7	0,0	0,0
J	22,10	9,5	1,21	113,7	21,80	-91,9	-0,8	-6,4	0,0	28,2	85,5	0,0
J	25,90	12,1	1,23	155,8	12,61	-143,2	-0,9	0,0	0,0	12,6	143,2	0,0
A	27,20	13,0	1,16	161,2	29,11	-132,1	-0,8	0,0	0,0	29,1	132,1	0,0
Année	17,9	86,5		904,0	404,5	-499,5				404,5	499,5	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: $BH = RFU - DA$.

❖ **Application numérique:**

Tableau 05: ETR selon la C.W Thornthwaite

Station	ETR selon la formule de Turc (mm/an)	ETR selon la C.W Thornthwaite (mm/an)
F'kirina	346.540	404,5

III.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations. Les précipitations dominent dans la région d'étude avec un total de 404.5 mm/an ;
- A l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois d'avril les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois de 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 d'avril et se poursuit jusqu'au mois de novembre ;
- La reconstitution du stock s'observe au mois de décembre avec une RFU=06.4 mm.

La RFU atteint son maximum (52,1 mm) au mois de mars et diminue jusqu'à (35,5 mm) au mois de janvier, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock

IV. Estimation du ruissellement et de l'infiltration

IV.1. Ruissellement

Le ruissellement désigne en hydrologie le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. Il s'oppose au phénomène d'infiltration. Ce phénomène se produit quand l'intensité des précipitations dépasse l'infiltration et la capacité de rétention de la surface du sol. Le ruissellement est calculé selon la formule suivante :

$$R = P^3 / 3 \cdot (ETP)^2$$

Avec :

R: Ruissellement moyen annuel en mm;

P: Hauteur des précipitations moyenne annuelle en mm;

ETP: Evapotranspiration potentielle en mm/an.

❖ Application numérique:

Tableau 06 : La lame d'eau ruisselée pour la station de F'kirina

P (mm)	373.33
ETP (mm)	904.0
R (mm)	21.22

IV.2. Infiltration

Le phénomène d'infiltration se produit après reconstruction d'un certain niveau d'humidité du sol. C'est une propagation de l'eau vers les tranches de sols plus profonds et vers la nappe. L'arrivée de l'eau au niveau de la nappe se produit d'une manière différée par rapport à la pluie. Elle s'écrit de la manière suivante :

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

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm)

ETR : Evaporation réelle en (mm/an)

I : Infiltration en (mm/an)

R : Ruissèlement moyen annuel en (mm)

❖ Application numérique:

Tableau 07 : La lame d'eau infiltrée estimée à l'aide du bilan hydrologique.

P (mm)	373.33
ETR (mm)	346.54
I (mm)	5.57

Conclusion :

En définitive, ce chapitre nous a permis d'obtenir des résultats sur les divers facteurs climatiques concernant la série de (1995 -2020).

A partir des données climatiques on peut dire que la région d'étude est caractérisée par deux saisons :

- Une saison peut pluvieuse froide allant du mois d'octobre jusqu'au mois de mai ;
- Une saison sèche chaude du mois de juin jusqu'au mois de septembre.
- D'une manière générale et d'après le climagramme d'emberger, le climat de la zone d'étude est situé dans l'étage semi aride avec :
- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 373.33 mm ;
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 15,71°C ;
- Une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 904.0 mm ;
- Une évapotranspiration réelle de l'ordre de 346.540 mm ;
- Un déficit agricole de l'ordre de 499,5 mm. Notons que le bilan hydrique est déficitaire, et l'alimentation se fait latéralement soit par les bassins voisins, soit par drainance ;
- Un ruissellement et une infiltration respectivement 21.22mm et 5.57 mm. Cette dernière contribue à l'alimentation de la nappe superficielle à partir de la surface.

Chapitre 04 :

Etude

Hydro - Chimique

Etude hydro chimique**Introduction**

L'étude de la chimie des eaux souterraines ou hydrochimie apporte son lot d'informations dans le traçage chimique pour la compréhension du fonctionnement des différents systèmes aquifères et des relations inter-nappes. Ainsi que pour déterminer les caractéristiques physico- chimiques des eaux et des éléments dissous afin de déterminer leurs origines, définir les faciès chimiques des eaux souterraines, de les comparer et de suivre leur évolution dans l'espace. Il sera également étudié la qualité des eaux souterraines vis-à-vis de la potabilité et leur aptitude à l'irrigation.

Pour étudier l'aptitude à l'irrigation des eaux souterraines de la plaine de F'kirina nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné les forages et les puits à étudier des mesures physico-chimiques.

Dix échantillons sont prélevés et analysés en période des hautes eaux (Décembre 2020). Nous nous sommes intéressés aux éléments chimiques fondamentaux (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) et son analyse ont été effectuées au laboratoire d'Algérienne des eaux à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR-2000 dans le domaine du visible (325 à 900 nm) ; et aux paramètres physiques qui sont mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon par nous-même, à l'aide d'un multi paramètre de type HANNA HI9025 sont: la température, la conductivité électrique et le potentiel d'hydrogène.

Pour cela, un certain nombre de cartes et de diagrammes ont été élaborés et qui serviront de base pour l'interprétation générale des résultats de mesures des paramètres physico-chimiques et d'analyses

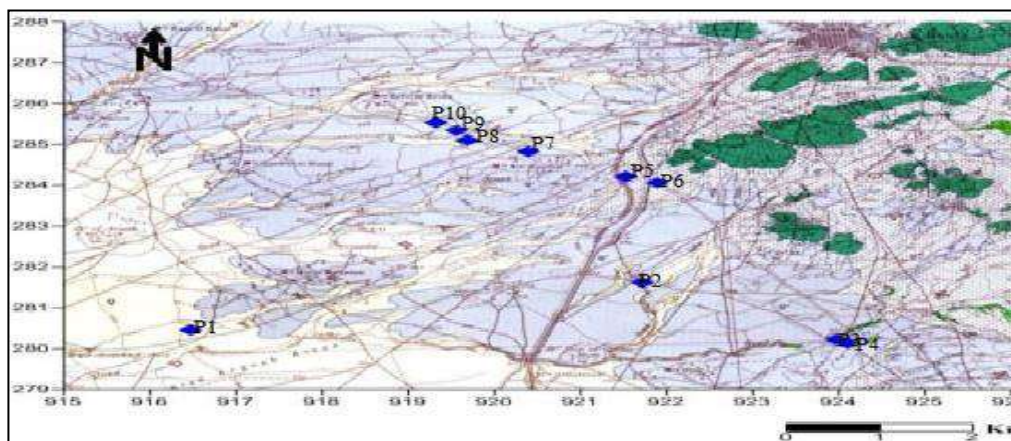


Figure 30 : Carte d'inventaire des points de prélèvement 2020

I.1. Détermination des apports

Vu à l'activité urbaine, industrielle et agricole (irrigation) qui se développe dans la zone d'étude (zone rural agro pastoral), plusieurs apports de contaminations ont été détectés : l'une d'origine anthropique due aux rejets directs d'eaux usées, au stockage des produits industriels et à l'utilisation des produits chimiques dans l'agriculture. L'autre d'origine naturelle, c'est essentiellement l'effet des évaporites et de la salinité. Ce dernier apport joue un rôle principal dans l'acquisition des éléments chimiques par les eaux, par la dissolution des formations géologiques. Le danger de ce processus apparaît lorsque les concentrations de ces éléments dépassent les limites de potabilité. (Debeiche, 2002)

L'ensemble de ces apports induisent une pollution chimique ou provoquent l'augmentation de la concentration des éléments chimiques dans les eaux souterraines. Cela conduit à une dégradation de leur qualité.

II.1. Les paramètres physiques

II.1.1. La température

La température des eaux est un paramètre physique qui permette de corriger les valeurs de conductivités mesurées, elle joue un rôle dans la solubilité des sels, et elle permet dans certains cas à déterminer l'origine des eaux.

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.

La température de notre eau étudiée est inférieure à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25°C, elle varie entre 17°C et 22°C. Malgré le changement de température de l'air est de 15.71°C. Ceci montre que la zone de l'aquifère non profonde et pourrait signifier comparativement aux normes précédentes, que les eaux analysées sont excellentes. Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine.

II.1.2. La conductivité

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique elle est déterminée par la teneur en substance dissoutes. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (**Derwich, 2010**). Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température influe également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température. (**Franck, 2002**)

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.

Les valeurs de la conductivité électriques des eaux de la zone d'étude sont comprises entre 520 et 1930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et s'avèrent donc selon ce classement que ces eaux sont salines.

II.1.3. Le pH

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogène (H^+) en solution. Notamment, en solution aqueuse, ces ions sont présents sous la forme de l'ion oxonium H_3O^+ (appelé aussi ion hydronium). Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Il est lié aux variations de la température, salinité, oxygène dissous, du taux de CO_2 et des terrains traversés (Hezil, 2013)

A partir du pH, on peut classifier les eaux de la manière suivante :

- ✚ pH inférieur à 5 : acidité forte ;
- ✚ pH égale à 7 : neutralité (eau pure) ;
- ✚ pH de 7 à 8 : neutralité rapprochée (eau de surface) ;
- ✚ pH de 5.5 à 8 : majorité des eaux souterraines ;
- ✚ pH supérieur à 8 : alcalinité, évaporation intense.

En comparant les résultats obtenus lors des analyses des échantillons de l'eau de la zone d'étude à les normes d'OMS qui situent entre 6.5 et 8.5 pour une eau potable, il ressort que leur pH est normal étant donné qu'il est compris entre 6.6 et 7.5.

II.1.4. La dureté

La dureté de l'eau exprime sa concentration en sels de calcium et de magnésium comme le pH, la dureté est liée à la nature des terrains traversés par une eau. On qualifie la dureté d'une eau :

- ✚ eau très douce : dont le DHT est compris entre 1 et 5 °f .
- ✚ eau de faible dureté : dont le DHT est compris entre 5 et 12 °f.
- ✚ eau de dureté moyenne : dont le DHT est compris entre 12 et 25 °f.
- ✚ eau très dure : dont le DHT est compris entre 25 et 50 °f.
- ✚ eau de dureté très élevée : dont le DHT peut aller jusqu'à 150 °f.

On observe que la totalité des échantillons analysés dépassent les normes, et présentent des eaux de dureté très élevée dont le DHT atteint une valeur maximale de 80°f.

II.2. Paramètres chimiques

II.2.1. Les cations

II.2.1.1. Le calcium (Ca²⁺)

La présence des ions Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles: soit à la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (Ca SO₄).

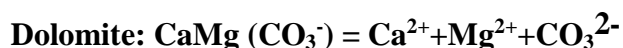


Pour l'eau étudiée, la plupart des points de prélèvement présentent des teneurs en ions de calcium élevées avec une valeur maximale de 208.42 mg/l (P07) qui sont supérieures à la norme de potabilité des eaux, à l'exception de puits 04 où la concentration est faible (72.15 mg/l), dont l'écoulement des H₂O souterraines est faible, ce qui indique que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

La forte teneur en Ca²⁺ est liés à la présence des croutes de calcaires et des calcaires surfacées dans la plaine.

II.2.1.2 Magnésium (Mg²⁺)

La dissolution de magnésium résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations dolomitiques. Le magnésium provient aussi de la dissolution des sulfates de magnésium dans les terrains gypseux et de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



La carte de concentration de magnésium montre que la teneur en Mg²⁺ est relativement faible dans la quasi-totale de la zone d'étude. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par l'OMS qui exige une concentration de 50 mg/l au maximum.

On peut attribuer la forte teneur en magnésium qui est enregistrée au niveau de puits 01 avec une valeur de 74.16 mg/l à la dissolution des dolomites des formations géologiques récentes. Et on peut supposer aussi qu'il y'a une contamination de la nappe par les eaux de l'Ou édition Nini et du Gareat el tarf.

II.2.1.3. Sodium (Na⁺) et potassium (K⁺)

Le sodium provient de la dissolution du NaCl, et formation argileuses et argilo-marneuses ainsi que des rejets des eaux d'origine industrielles et domestique. Nous savons que le K⁺ est en concentration faible dans les eaux du fait de l'absorption de cet élément par les végétations, nous intéressons donc que au sodium.

La répartition spatiale du sodium nous informe que d'après la carte de distribution en Na⁺ on remarque que la majorité des eaux des points de prélèvement dans la zone d'étude ont des teneurs faibles varient entre 32.89 et 120.75 mg/l qui sont inférieures à la norme de potabilité admissible par l'OMS (200 mg/l).

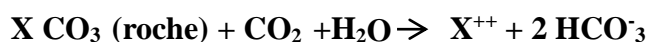
II.3. Les Anions

II.3.1. Chlorures (Cl⁻)

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées, et liées principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo sableuses ou argileuses. Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir la contamination par les eaux usées. Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, ils donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 250 mg/l (norme de l'O.M.S).

II.3.2. Bicarbonate (HCO₃⁻²)

Les bicarbonates résultent de la dissolution des roches calcaires, ils prennent naissance del'équilibre physique-chimique entre roche, eau et gaz selon l'équation :



La concentration des bicarbonates dans l'eau est en fonction des paramètres suivants :

- ✚ Le PH de l'eau.
- ✚ La pression de CO₂.
- ✚ La concentration de l'eau en sels et la nature géologique des terrains traversés.

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 bicarbonatée.

II.3.3. Sulfates (SO_4^{2-}):

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses. Les sulfates sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau résulte :

- De la légère solubilité du sulfate de calcium (CaSO_4) des roches gypseuses.
- De l'oxydation du sulfure de fer (pyrite.....).
- De la pollution des eaux et de l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et organiques.
- De l'oxydation des sulfures d'hydrogène et des oxydes de soufre émis dans l'atmosphère puis entraînés lors des précipitations.

L'examen de la carte montre que les concentrations des sulfates sont élevées au niveau des forages P1 (350 mg/l), P7 (280 mg/l) et P8 (260 mg/l). Ce qui explique l'influence des rejets de la centrale qui est très proche à ces points d'eaux. Elle s'inspire le surcroît des précipitations des sulfures résultant de l'activité du courant électrique vagabond, suivie par des réactions oxydo-réduction sous l'effet des pluies, qui va produire une infiltration des ions de sulfates vers les eaux souterraines consécutives la mauvaise odeur bien remarquable malgré l'absence des réseaux d'assainissement dans cette zone. Vu aussi la possibilité de la dissolution des formations riches en SO_2 comme l'argile du quaternaire.

Les valeurs des sulfates trouvés au niveau des autres points de prélèvements étudiés sont comprises entre 30 et 250 mg/l, elles restent inférieures à la concentration maximale admissible décrétée par la norme imposée par l'OMS (250 mg/l).

II.3.4. Les nitrates (NO_3^-):

Ils représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble, sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. Le nombre important des puits récents, les sondages opérés au fond des puits anciens et récents, le développement de l'agriculture irriguée (consommation de grandes quantités d'eau et d'engrais minéraux) ; ils deviennent donc impératif d'aborder la pollution de ces eaux.

Pour l'eau étudiée au niveau des puits F5, F6, P7, P8, P9, P10 ; la valeur des nitrates obtenue est supérieure à la norme prescrite, elle est comprise entre 78 et 87 mg/l. Donc, elle est de qualité médiocre par rapport à La norme de potabilité d'OMS qui recommande pour les eaux naturelles une valeur limite de 50 mg/l au maximum; Car une teneur en nitrate supérieure à la valeur citée peut provoquer des risques de méthémoglobinémie chez les nourrissons de moins de six mois alimentés au biberon, en raison que les nitrates (NO_3^-) transformés en nitrites (NO_2^-) dans l'estomac, conduisent à l'oxydation et à la transformation de l'hémoglobine. Cet effet toxique, appelée également «cyanose du nourrisson», « syndrome du bébé bleu »ou « la méthémoglobinémie », entraîne une réduction des capacités de transport de l'oxygène par le sang. Les fortes teneurs peuvent être dû au lessivage des terres cultivées ou de la contamination d'origine humaine ou animale.

Les résultats obtenues dans les échantillons d'eau analysés au niveau des puits P1, P2, F3, et F4 ont révélé que toutes les teneurs en nitrates sont dans les normes de potabilité (OMS).

III.1. Les facies chimiques

III.1.1. Le diagramme de piper

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.

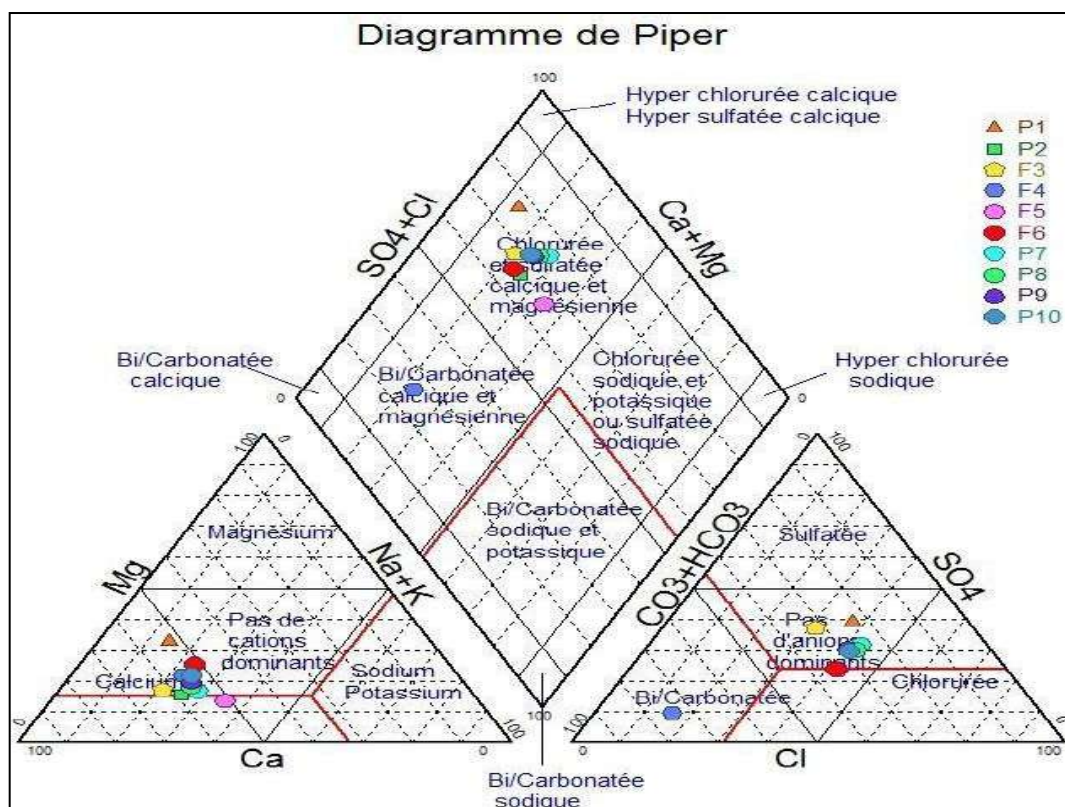


Figure 31: Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude

Ce diagramme de Piper met en évidence les faciès des deux grandes catégories d'eau de l'étude :

- Le premier pôle : On observe que les eaux analysées sont principalement de faciès chloruré et sulfaté calcique, et magnésienne, surtout pour les points d'eau 1.2.3. 5.6.7.8.9.10 ;
- le deuxième pôle se caractérise par un faciès bicarbonaté calcique et magnésien (points d'eau 4), il est lié à la dissolution des calcaires des réservoirs aquifères, La répartition spatiale de ces faciès chimiques dépend de la nature lithologique de l'aquifère et des conditions de recharge.

III.1.2. Le diagramme de Schoeller Berkalov

Le diagramme de Schoeller Berkalov permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence

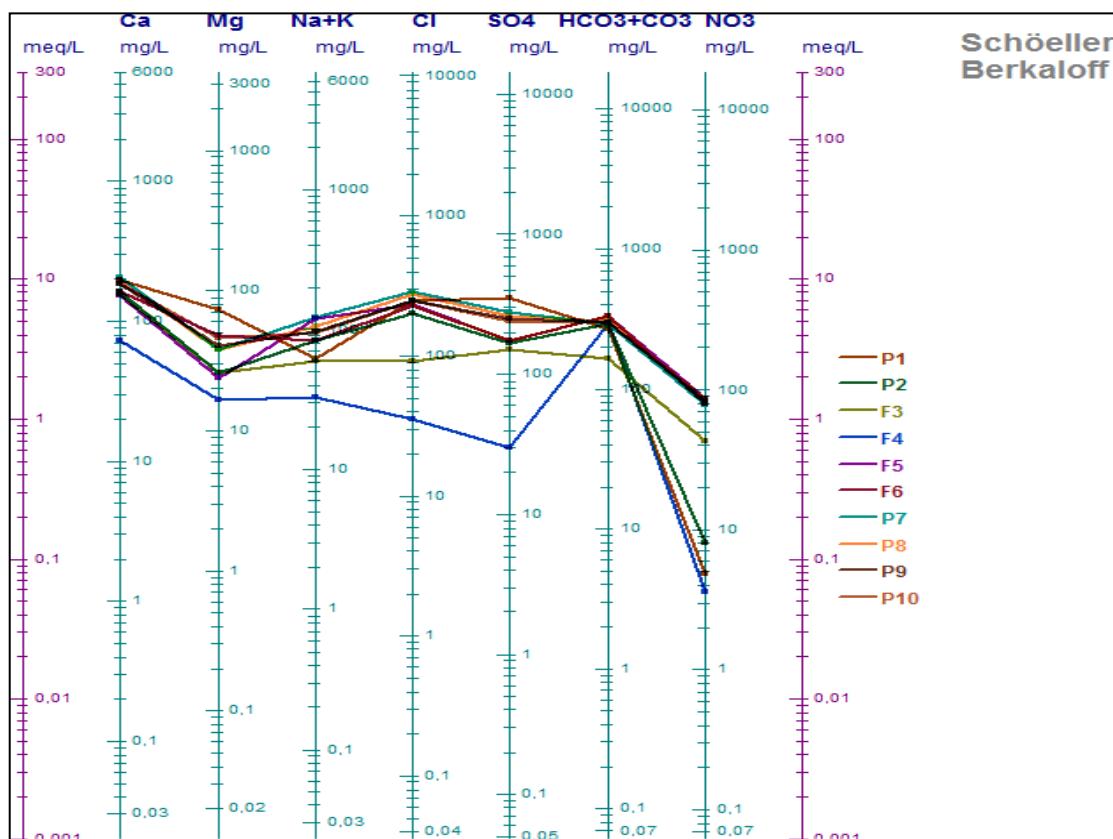


Figure 32 : Diagramme des analyses des eaux souterraines de la région d'étude

L'analyse du diagramme de Schoeller-Berkaloff nous permet de conclure que la majorité des eaux de la zone d'étude présentaient des profils identiques, à l'exception des points d'eau P1, F3, et F4. Elles sont marquées par les calciums qui s'accompagnent tantôt de bicarbonate, tantôt de sulfate et de chlorure. Ceci est en liaison directe avec la présence dominante des argiles, des terrains salifères, et des formations carbonatées et gypsifères.

IV.1. Aptitude des eaux à l'irrigation :

La qualité chimique des eaux influe directement sur le rendement des terres agricoles et sur la préservation des sols. A cet effet et étant donné que la zone d'étude est à vocation agricole, une étude chimique des eaux pour l'irrigation est indispensable pour mettre en évidence le danger que peut présenter certains éléments chimiques pour les plantes et pour les sols.

Afin d'apprécier la valeur agricole d'une solution, Wilcox (1948) a proposé le premier diagramme délimitant des classes basées sur la minéralisation totale et le pourcentage du sodium absorbé par l'eau; puis en 1954 le laboratoire de salinité du département de l'agriculture en USA (Richards) a proposé un deuxième diagramme délimitant aussi des classes fondées sur la minéralisation totale et le sodium absorbé par le sol (S.A.R).

IV.1.1. Classification des eaux par la méthode de Richards :

Cette classification a été proposée par Richards. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Une eau chargée en sels peut provoquer un risque pour l'irrigation. Ce risque est déterminé à l'aide de la valeur du sodium absorbable (Sodium Absorption Ratio, SAR). Ce paramètre comme étant une détermination du pouvoir d'échange des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , par le Na^+ dans les argiles et les colloïdes, Il est défini par l'expression suivante :

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

Avec :

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

Cette classification se fait donc, en reportant sur le diagramme les conductivités électriques en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 20 °C, en fonction du taux d'absorption du sodium (S.A.R).

La classification de Richards basée sur la conductivité et le S.A.R, permet de définir plusieurs classes d'eau, présentant chacune un danger de salinisation et d'alcalinisation variable, les plus caractéristiques sont quatre qui sont:

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

faible perméabilité.

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

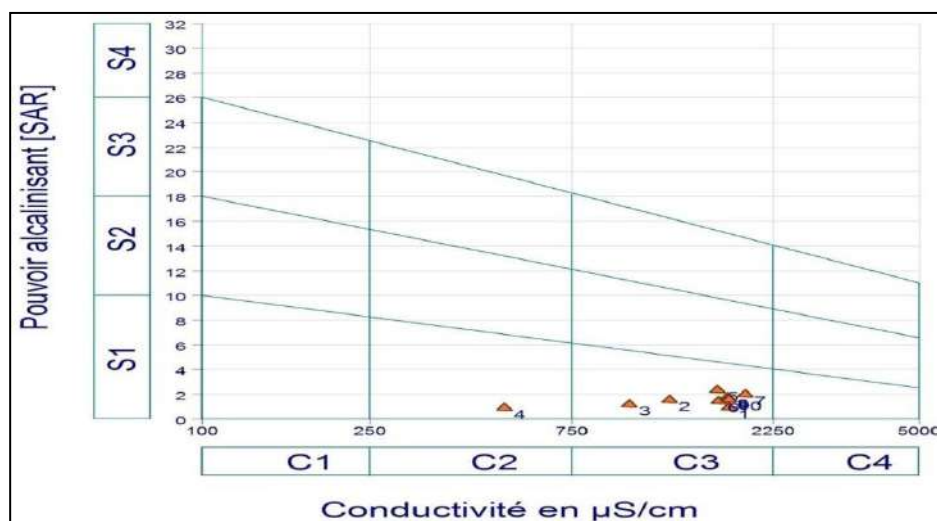


Figure 33 : Classification des eaux par la méthode de Richards

La représentation des échantillons analysés sur le diagramme de Richards (Figure 33.), montre que les eaux de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire appartiennent aux deux classes : C2S1, C3S1, mais la plupart des points d'eaux 90% appartiennent au classe C3S1. Elles se manifestent par un faible danger d'alcalinisation et par une salinisation élevée. En général on constate que ces eaux ne convient pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peut être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. La salinisation est causée par la dissolution des gypses et la forte évaporation des eaux, due au climat semi-aride de la région.

Conclusion :

Au terme de ce travail, nous avons essayé d'évaluer les aspects qualitatifs des eaux souterraines dans la nappe Mio-Plio-Quaternaire de F'kirina. La nécessité de cette recherche est due aux problèmes que vit la région comme la salinité et la mauvaise odeur bien remarquable autour de la station turbine à gaz ainsi que la forte demande en eau résultant des activités agricoles.

L'interprétation des classifications de, Schoeller-Berkaloff et Piper, montrent l'existence d'un faciès chimique dominant qui est le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

L'interprétation des cartes hydrochimies, montre que la majorité des échantillons analysés présentent des valeurs supérieures aux normes. Ces eaux sont très dures, ce qui entraîne des inconvénients de cuisson et pour la lessive.

L'utilisation de ces eaux à l'irrigation, sont convenable à l'irrigation de culture tolérante aux sels sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit être contrôlée.

A decorative red border with rounded corners and a scroll-like effect on the left and right sides, framing the text.

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'exploitation des analyses physico-chimiques relatives aux ressources en eaux de la nappe phréatique de F'kirina prélevées, nous a permis d'appréhender l'impact de l'industrie polluante et de l'agriculture employant des engrais fertilisants et d'une urbanisation anarchique liée à un accroissement démographique sur la qualité physico-chimiques de ces eaux.

Pour circonscrire ces différentes parties, nous nous sommes efforcés à définir les supports de base (la climatologie,...etc.) qui conditionnent et entretiennent l'évolution des paramètres physico-chimiques, autrement dit la qualité des ressources.

- Les études géologiques disponibles, nous montrent que la zone d'étude est une plaine méo- plio-quadernaire.

- L'étude hydro-climatique succincte, montre que les précipitations sont conséquentes et avoisinent les 373.33 mm alors que la moyenne annuelle de la température est de l'ordre de 15.71°C ; Ce qui explique que la plaine de F'kirina est située dans l'étage bioclimatique semiaride.

- l'examen et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevés nous a permis de caractériser l'état de la qualité de la ressource et son évolution spatio- temporelle. En effet :

- Selon les diagrammes de Piper et Scholler Berkhaloff, le faciès hydro-chimique dominant est de type calcique (et les variantes : Magnésien, Chloruré, bicarbonaté, Sulfaté et Sodique) reflètent l'origine de la minéralisation à travers les faciès géologiques de la plaine
- les eaux sont caractérisées par des paramètres physiques (pH, conductivités) qui augmentent en aval de la centrale turbine à gaz et leur confèrent un caractère incrustant et une minéralisation forte qui peuvent entraîner des risques de salinisation des sols.. les valeurs élevées en titre hydrotimétrique total (DHT) désignent les eaux comme étant des eaux dures.
- Les eaux souterraines de la nappe alluviale, issues généralement des eaux de surface par le biais des infiltrations directes ou indirectes, présentent les mêmes caractéristiques qualitatives et évolutives. Néanmoins du point de vue quantitatif, leur minéralisation est plus importante du fait de leur circulation et leur séjour dans les alluvions ; sans oublier les paramètres chimiques qui sont enregistrées avec des valeurs alarmantes dans la quasi- totale des points d'eaux

Conclusion générale

analysées. ce qui entraîne des inconvénients de cuisson et pour la lessive.

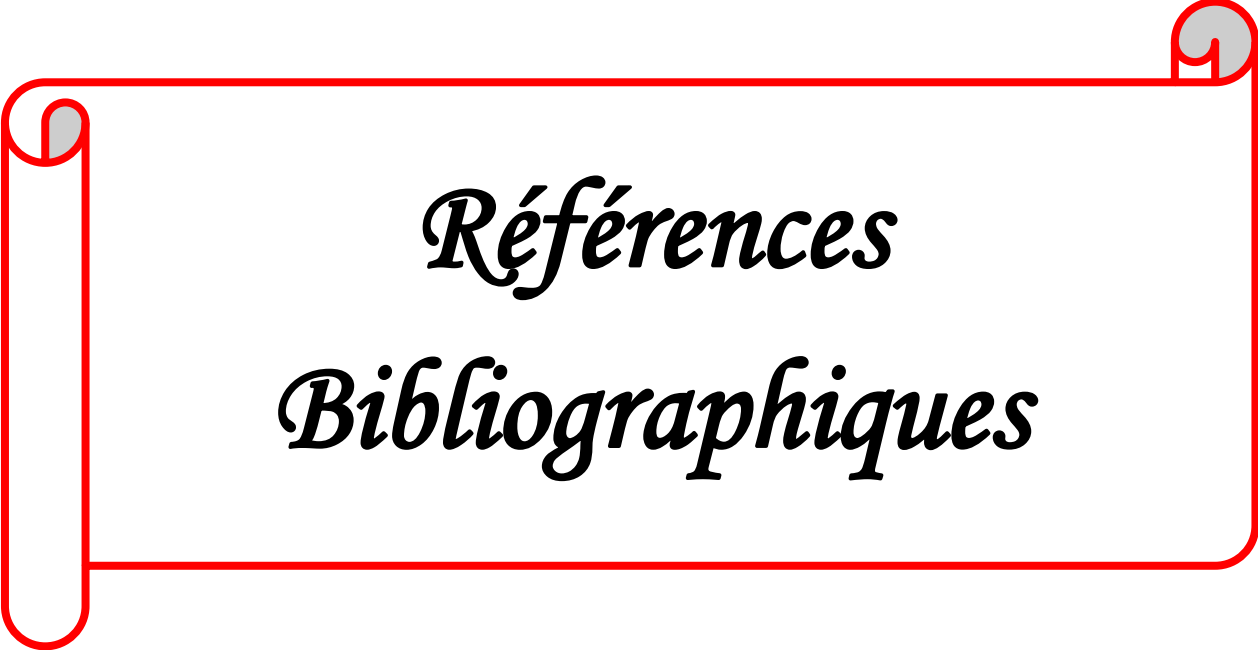
- ✚ En effet, la qualité des eaux étudiées est très exposée au phénomène de la pollution modérée aux origines diverses, dues généralement aux rejets domestiques, allant des pollutions dues aux

Rejets de la centrale thermique notamment pour les concentrations remarquable en métaux lourds précisément le strontium, en passant par les engrais fertilisant utilisés dans l'agriculture.

Prenant en compte ces résultats qui font état d'une situation préoccupante, il apparait urgent, par mesure préventive:

- ❖ d'instaurer un contrôle rigoureux des rejets domestiques en procédant à l'assainissement de toutes les contrées environnantes dont les rejets véhiculés par le réseau hydrographique aboutissent dans la plaine alluviale ;
- ❖ d'assurer une gestion rationnelle de l'entretien de station d'épuration existante au sein la centrale ;
- ❖ De réaliser de nouvelles stations d'épuration appropriées aux agglomérations ;
- ❖ D'initier une politique de la gestion des déchets ;
- ❖ De réglementer l'emploi des engrais fertilisants au niveau des surfaces irriguées et auxabords immédiats des ouvrages d'exploitation.

En conclusion, nous espérons que l'étude que nous avons mené au niveau de la plaine de F'kirina a apporté un certain nombre d'informations supplémentaires et de précisions qui pourront orienter les futures travaux dans le domaine de l'irrigation. En général on constate que ces eaux ne convient pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales et peut être utilisées si les espèces tolérantes aux sels sur des sols particulièrement bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. La salinisation est causée par la dissolution des gypses et la forte évaporation des eaux, due au climat semi-aride de la région.



*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques :

✚ Boudy, 1950: Economie forestière Nord-Africaine. tome II (monographie et traitement des essences forestières). Edit. Larouse.

✚ Debieche T., 2002: Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, thèse.

✚ Direction de l'hydraulique de Khanchela : Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets sur l'environnement / Ministère fédéral wilaya de KHANCHELA .Phase 3. Avant-projet détaillé.

✚ Gaagai.A, 2009: Etude hydrologique hydro-chimique du bassin versant du barrage de BABAR sur OUAD EL ARAB région est de l'ALGERIE. Thèse de Magistère. Université Batna, P113.

✚ Hezil.A., 2013 : Analyses physico-chimique des vapeurs d'eau thermale de HAMMAM K'NIF

.Mémoire Master, Ecologie et Environnement , Université de Khanchela..

✚ Messas H, Ben Zidane.L et Menaâ.S. 2007 : Etude de l'infestation du pin d'Alep par la processionnaire (*thaumetopoea pityocampa*) dans 3 types de forêts dans la région de Khanchela.

✚ Ramade., 1984 : éléments d'écologie : écologie fondamentale, (1^{re} édition , McGrawHill, 1984).

✚ Ramade. F , 2005 : Elément d'écologie : écologie appliquée 6^{ème} édition – Dunod. Belgique (2005). 864p.

✚ Ramade. F , 2003 : Elément d'écologie : écologie appliquée 6^{ème} édition – Dunod. Belgique (2005). 864p.

✚ Ramade.F., 2002 : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2^{ème} édition. Dunod , Paris 2002. P534.

✚ Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie,

Références Bibliographiques

microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

✚ Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.

✚ Roger, D.2006 : Précis D'écologie .8^e Edition ,Cour et Questions de réflexion , Licence 3^e Année

,Mastre ,Capes , Agrégation.

✚ site web Station météorologique d'Oum El Boughi:Donnée climatique de la période (1995-2020).

✚ tahar-cherif méthode spectroscopie d'analyse chimique I.R UV RMN .