

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

**UNIVERSITE ABBES LAGROUR KHENCHELA**

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département d'Ecologie et Environnement*

**MEMOIRE**

**Présenté en vue de l'obtention de diplôme de Master**

***Spécialité : Ecologie fondamentale et appliqué***



## **Thème**

***Etude comparative des paramètres physico-chimiques des  
eaux des sources de la wilaya de Khenchela.***

**Présenter Par :**

*Reghis Soumia*

*Cherguia Ouahiba*

**Encadrer par :**

*Mme .OUANES Miyada*

**Membres de jury:**

*Président: Mr.LARBAARabeh*

*Encadreur : Mme.OUANESMiyada*

*Examinatrice: Mme.MEZHOUD Amel*

*MCB,Univ. Khenchela*

*MAA,Univ. Khenchela*

*MAA,Univ. Khenchela*

***Promotion 2019/2020***

## ***DEDICACE***

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents à qui je dois tous,*

*Je les Remercie à leurs encouragements, aides et les  
sacrifices qu'ils ont fait pour moi que DIEU les protèges*

*A mes chers et adorables sœurs et frères*

*Surtout Ma sœur SOULEF*

*A mon binôme OUAHIBA*

*A tous ceux qui nous chers A toute la promotion*

*Reghis Soumia*

## ***DEDICACE***

*A mon père et A ma mère*

*Auxquels je dois ce que je suis. Que DIEU vous protège*

*A mes frères et sœurs ;*

*Hamza, Toufik et Kenza*

*A toute ma grande famille*

*A mon amie avec laquelle j'ai passé les plus beaux  
moments ;*

*Soumia Reghis*

*A tous mes amis*

*Ou' ils trouvent dans ce mémoire l'expression de mes  
remerciements les plus Sincères*

*Enfin*

*Atout le monde*

*Cherguia Ouahiba*

*Dédicace*

*CHERGUIA*

## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout un très grand merci à ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.*

*Nous n'arrivons pas à trouver de mots suffisamment forts pour exprimer la reconnaissance que nous avons à l'égard de notre encadreur madame **OUANES MIYADA**, pour m'avoir encadré tout le long de ce travail, que ce soit sur le plan professionnel ou personnel. Elle a su nous donner confiance dans les moments difficiles. Nous sommes sincèrement son très reconnaissants.*

*Nous souhaite remercier Mr. **LERBAA RABAH** pour avoir accepté de présider mon jury, et Mm. **MAZHOUD AMEL** d'avoir acceptés d'être membre de jury.*

*Mes remerciements sont aussi adressés à tout le personnel de laboratoire de l'ADEKhenchela et précisément **Mme KOB AMEL** qui a participé étroitement à l'avancée de nos recherches et à la réalisation des études expérimentales.*

*Nous remercions le personnel de la station météorologique d'El Hamma, d'avoir facilité l'accès aux données climatiques*

*Mes plus tendres remerciements vont à nos familles pour les encouragements et la patience qu'ils m'ont témoignés durant cette tâche, à nos collègues de promotion*

*En fin, j'exprime mon vifs remerciements à tout ceux qui sont contribués à la réalisation du ce mémoire de près ou de loin.*

## *Table des matières*

Remerciments	
Résumé	
Liste des figures	
Listedes tableaux	
Introduction générale	01
<b><i>Partiebibliographique</i></b>	
<b><i>CHAPITRE I : Description de la zone d'étude</i></b>	
I.1 Situation géographique	03
I.1.1 Cadre socio-économique	03
.I.2 Les reliefs	05
I.3 L'altitude	05
I.4 Les pentes	05
I.5 Aperçu pédologie	07
I.6 Esquisse géologique	08
I.7 Aperçu climatologie	10
I.8 Réseau hydrographique	10
<b>Chapitre II : Etude hydro-climatique</b>	
Introduction	12
II.1Caractéristiqueclimatologique	13
II.1.1. Température	13
II.1.2. Précipitation	14
II.1.3. Vent	16
II.1.4Evaporation	17
II.1.5 L'insolation	18
II.1.6 Humidité	19
II.1.7Neige	20
II.1.8. Grêle	21
II.2..Synthèse climatique	22
II.2.1.Indiced'aridité	22
II.2.2.Diagrammepluviothermique de Gaussen	23
II.2.3.Diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger	24

## *Table des matières*

---

Conclusion	25
<i>Partie pratique</i>	
<i>CHAPITRE III: Etude hydro-chimique</i>	
Introduction	26
III.1. Résultats des analyses de l'eau	26
III.1.1 Les paramètres physiques	26
III.1.1.1. La température de l'eau	26
III.1.1.2. Le Potentiel d'Hydrogène Le (pH)	28
III.1.1.3. Conductivité électrique (CE)	29
III.1.1.4. La turbidité	30
III.1.2 Etude analytique des éléments chimiques	31
III.1.2.1 Les bicarbonates ( $HCO_3^-$ )	31
III.1.2.2 Sulfates ( $SO_4^{2-}$ )	32
III.1.2.3. Les nitrates ( $NO_3^-$ )	33
III.1.2.4. Les chlorures ( $Cl^-$ )	34
III.1.2.5. Le calcium ( $Ca^{2+}$ )	36
Conclusion générale	38
Références bibliographiques	
Annexe	

## *Liste des figures*

<i>N° de figure</i>	<i>Titre de figure</i>	<i>Page</i>
<b><i>CHAPITRE I : Description de la zone d'étude</i></b>		
<b>Figure N°01</b>	<b><i>Carte administrative de la wilaya de Khenchela</i></b>	04
<b>Figure N°02</b>	<b><i>carte des pentes de la wilaya de khenchela</i></b>	06
<b>Figure N°03</b>	<b><i>Carte géologique de la Wilaya de Khenchela</i></b>	09
<b>Figure N°04</b>	<b><i>Carte hydrologique de la wilaya de Khenchela</i></b>	11
<b><i>CHAPITRE II: Etude hydro-climatique</i></b>		
<b>Figure N°05</b>	<b><i>Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2009-2019)</i></b>	13
<b>Figure N°06</b>	<b><i>Diagramme des températures moyennes annuelles de la période (2009-2019)</i></b>	14
<b>Figure N°07</b>	<b><i>Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2009-2019)</i></b>	15
<b>Figure N°08</b>	<b><i>Diagramme des précipitations moyennes annuelles de la période (2009-2019)</i></b>	15
<b>Figure N°09</b>	<b><i>Diagramme de régime pluviométrique saisonnier pour la période (2009-2019)</i></b>	16
<b>Figure N°10</b>	<b><i>Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2004-2018)</i></b>	17
<b>Figure N°11</b>	<b><i>Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2004-2018)</i></b>	18
<b>Figure N°12</b>	<b><i>Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période (2004-2018)</i></b>	19
<b>Figure N°13</b>	<b><i>Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2004-2018)</i></b>	20
<b>Figure N°14</b>	<b><i>Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2004-2018)</i></b>	21
<b>Figure N°15</b>	<b><i>Diagramme des moyennes des nombres de jours de Grêle de la période (2004-2018)</i></b>	21
<b>Figure N°16</b>	<b><i>l'indice d'aridité annuel de Martonne</i></b>	23

## *Liste des figures*

---

<b>Figure N°17</b>	<i>Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls</i>	24
<b>Figure N°18</b>	<i>Climagramme d'Embergie pour la zone d'étude.</i>	25
<b>CHAPITRE III : Etude hydro-chimique</b>		
<b>Figure N°19</b>	<i>Carte de concentration de température des eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	27
<b>Figure N°20</b>	<i>Carte de concentration de pH des eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	28
<b>Figure N°21</b>	<i>Carte de la répartition spatiale de la conductivité électrique des eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	30
<b>Figure N°22</b>	<i>Carte de concentration de la turbidité des eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	31
<b>Figure N°23</b>	<i>Carte de concentration de bicarbonate dans les eaux de Sources de la wilaya de khenchela</i>	32
<b>Figure N°24</b>	<i>Carte de la distribution des teneurs en sulfate dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	33
<b>Figure N°25</b>	<i>carte de la distribution des teneurs en nitrate dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	34
<b>Figure N°26</b>	<i>carte de la distribution des teneurs en chlorure dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	35
<b>Figure N°27</b>	<i>Carte de la distribution des teneurs en calcium dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela</i>	37

# *Introduction générale*

# Introduction générale

---

## Introduction générale

L'eau est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible car est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, depuis l'aube de l'humanité.

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

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux.(Reggam et *al.* 2015). En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en Irrigation et l'industrie. (Mohammedi. et *al.* 2015).

L'eau est un corps simple de la nature, qui est en même temps une amie et une ennemie de l'homme.. Partout dans le monde, une eau saine et propre est indispensable au confort, à la santé et à la survie de l'homme (Bouziani, 2000).

Les recherches scientifiques menées sur l'hydrochimie des eaux souterraines sont d'un grand intérêt. La wilaya de Khenchela est Située à l'Est du pays, au contrefort des monts des Aurès, son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km<sup>2</sup>. Sur le plan géographique, la région de khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux

L'objectif principal de notre étude est de comparer la qualité des eaux de sources de la région d'étude entre eux et avec les normes de potabilité à partir des analyses physico chimique de quelques échantillons d'eau prélevés dans le site.

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

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

## Introduction générale

---

Afin de répondre à ces préoccupations, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes: un axe théorique et une autre pratique.

**La partie théorique** ;est réservée à l'étude bibliographique comprenant un seul chapitre :

- Le premier chapitre porte sur une présentation générale du site d'étude.

Et comprend une étude géologique du site d'étude.

**La partie pratique** est réservée à une étude climatique de notre zone de travail. Et elle est réservée surtout à l'étude hydrochimique qui est basé sur les résultats des analyses de notre échantillonnage et les discutés après les représentées sous forme des cartes de concentrations.

**Chapitre 1 :**  
**Description de la**  
**zone d'étude**

### I.1.Situation géographique

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

- Au Nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au Nord-ouest par la wilaya de Batna ;
- Au Sud-ouest, par la wilaya de Biskra ;
- Au Sud, par la wilaya d'El Oued ;
- A l'Est, par la wilaya de Tébessa.(figure 01)

Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km<sup>2</sup>. Sur le plan géographique, la région de khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud.

#### I.1.1. Cadre socio-économique.

La région de Khenchela a été depuis toujours une zone à vocation agro-sylve-pastorale, l'activité principale au niveau de la région demeure l'agriculture avec une superficie de 231768 ha. Les terres à haute valeurs agricole sont de 39 000 ha, les terres improductives sont de 150 155 ha (terres improductives 78 900 ha, terres urbanisés 7 236 ha).

Le secteur de l'industrie est faiblement représenté dans la wilaya. Il se constitue de deux unités de production de secteur public et trente et un de la petite et moyenne entreprise privée.

La population de la wilaya a évolué au rythme de la croissance nationale, avec une population estimée à 384 268 habitants en 2008, dont 30% en milieu rurale. La surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du Nord, et de ce fait la région se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie Ouest de la wilaya ;

- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya ;

- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés.

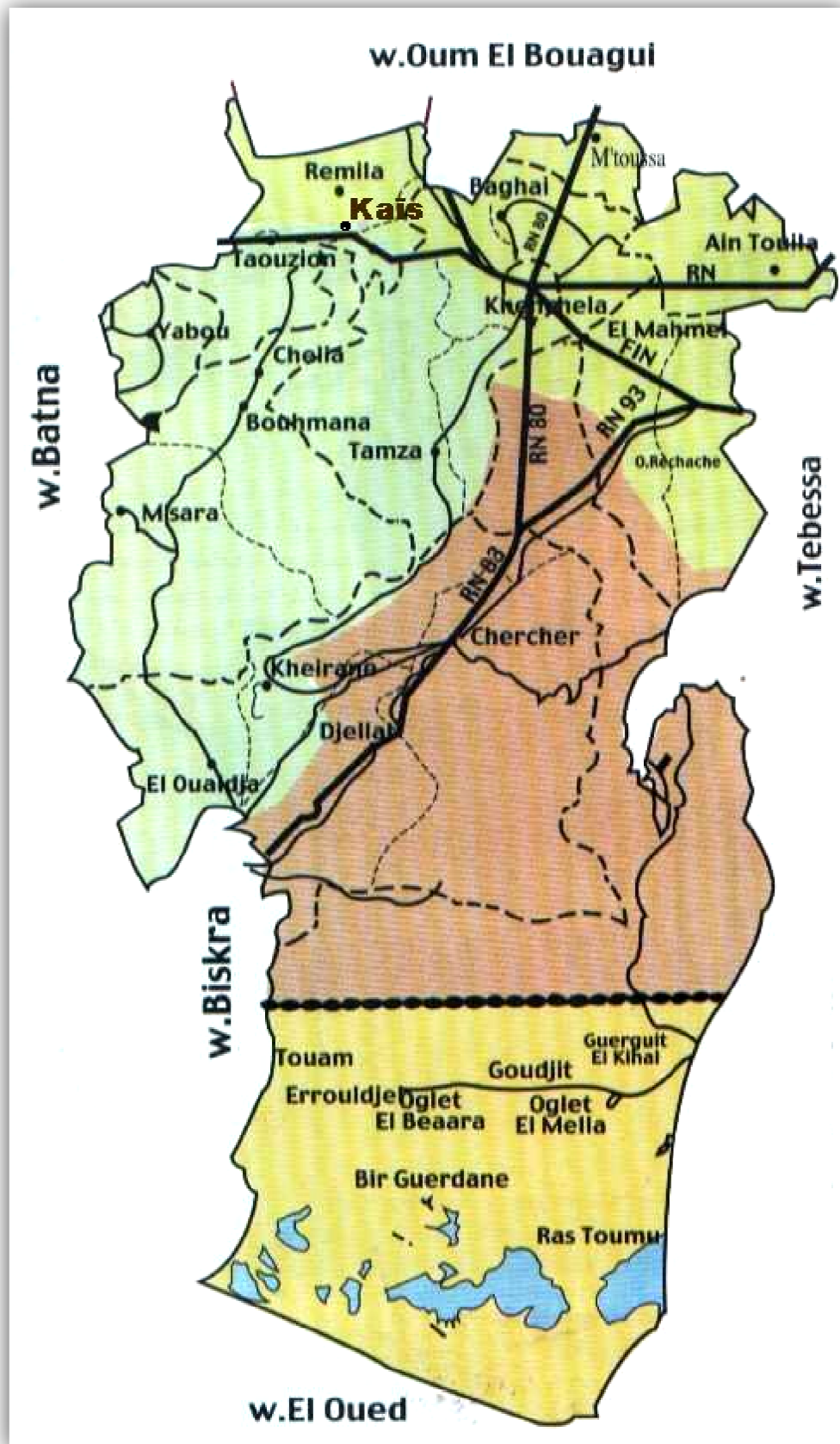


Figure 01: Carte administrative de la wilaya de Khenchela (Source PAW ; 2009)

**I.2. Les reliefs**

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs : l'altitude et la pente ; cette dernière, par ses effets handicapants, constitue l'un des facteurs les plus contraignants pour l'aménagement du territoire en général et la mise en valeur agricole en particulier. Le relief de la wilaya de Khenchela présente, d'une manière générale, trois compartiments distincts :

- Une zone de hautes plaines, au Nord, qui se singularise par une altitude d'ensemble oscillant entre 850 et 900 mètres, et une pente généralement faible (inférieure à 3%) ;
- Une zone de montagnes au centre de la wilaya, formée par le massif des Aurès et Eméchas, dont le point culminant atteint 2169 m sur le Djebel Chélia, ce qui fait de lui l'un des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien.

**I.3. L'altitude**

L'altitude la wilaya de Khenchela se caractérise par une très forte dénivellation. En effet l'altitude oscille entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au Sud-est de la wilaya), et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au Nord-ouest de la wilaya. Globalement, on relève cinq domaines à altitudes différenciées :

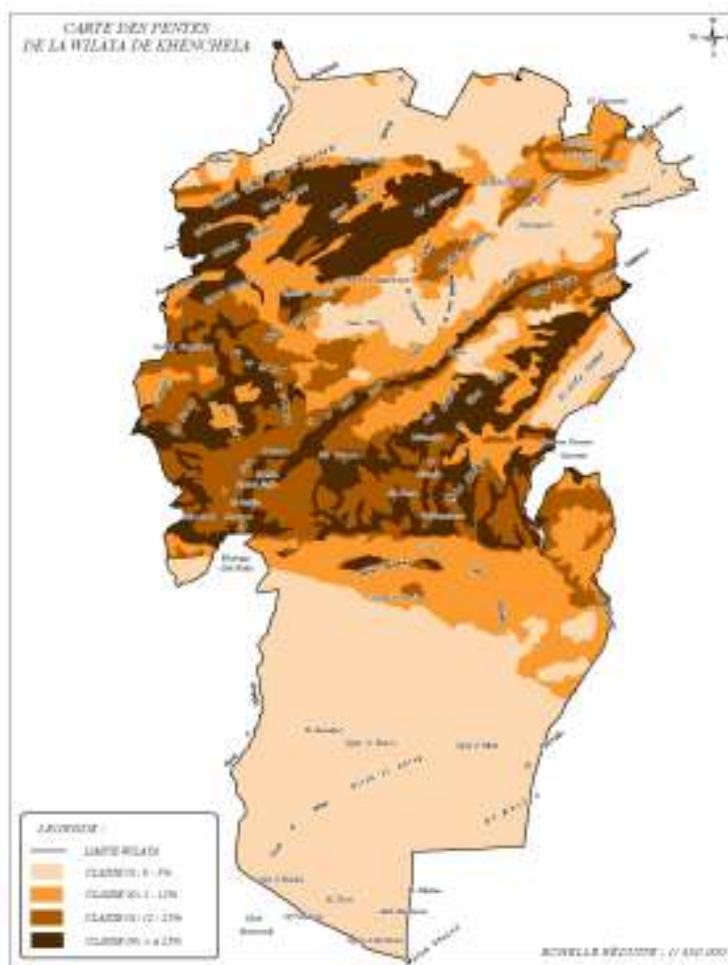
- Le domaine montagneux des Aurès, au Nord-ouest, qui se distingue par ses altitudes très élevées, où l'on dénombre de nombreux sommets dépassant les 1500 m : Djebel Chélia (2169 m) ; successions de monts atteignant 1623 à 2113 m sur la chaîne montagneuse du Djebel Tafrent ; Djebel Fourhal (1698 m, etc.) ;
- Le domaine montagneux des Nemenchas, à l'Est, dont l'altitude oscille entre 600 et 1400 m, avec toutefois quelques sommets avoisinant les 1600 m (versant Nord d'El OutaGuert). Les monts des Nemenchas se distinguent par leur dénivellation qui s'abaisse brutalement du Nord au Sud ;
- Le domaine des hautes plaines au Nord, dont l'altitude oscille généralement entre 800 et 1000m ;
- Le domaine des piémonts des Némemchas, dont l'altitude oscille entre 200 et 600 m ;

**I.4. Les pentes**

La pente Comme pour les classes d'altitude, une carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressé, sur la base de la grille retenue par le MATET pour le

classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 04 classes:

- Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5% : Relativement favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques ;
- Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5% : elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive ;
- Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25% : Favorable à l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures ;
- Classe 4 : pente supérieure à 25% : constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture. (CENEAP ; PAW 2009). **(figure 02)**



**Figure 02 : carte des pentes de la wilaya de khenchela**  
(Source PAW ; 2009)

### I.5. Aperçu pédologie

Aperçu pédologique sur les principaux sols de la région compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale.

Les principaux sols rencontrés au niveau de la wilaya sont :

- **Les sols calcaires humifères** : Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres ;
- **Les sols insaturés humifères** : Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts ;
- **Les sols calciques** : Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Fais en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela ;
- **Les sols éoliens d'ablation** : Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres ;
- **Les sols éoliens d'accumulation** : Ils sont localisés uniquement dans la zone Sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux) ;
- **Les sols alluviaux basiques** : Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce. On les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouchemaa et de la plaine de Guentis ;
- **Les sols salins**: Ces sols caractérisant les dépressions sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoréique ou de la présence de roches triasique (gypse : roche saline) ;
- **Les roches mères** : Ces roches, résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas.

## **I.6. Esquisse géologique**

Sur la carte présentant au dessous (figure 03), on distingue clairement les différents éléments géologiques et structuraux pris dans le cadre régional. En effet, cette carte met en évidence la démarcation entre les deux régions Nord et Sud, que l'on appelle Atlas et Sahara.

### **I.6.1. Approche géologique général**

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable), elle est un moyen d'investigation, parce qu'elle permet la prévision des formations susceptibles d'être aquifère et de suivre leurs évolutions dans l'espace du terrain d'étude. (CENEAP ; PAW 2009)

Selon les nombreux travaux qui existent [Joleaud, 1936 ; Kieken, 1961 ; Durand Delga, 1969 ; Raoult, 1974 ; Vila, 1980 ;...] la géologie de la région est très complexe en raison de nombreuses surfaces de chevauchement et de failles qui perturbent les successions de formations essentiellement sédimentaires.



La région de Khenchela est caractérisée par trois (03) zones naturelles qui peuvent être distingué comme suit :

- Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref.
- les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale Nord-est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.
- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts. (Houha ; 2007).

### **I.7. Aperçu climatologie**

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

### **I.8. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de la zone est de type endoréique, il est assez dense sur la quasi totalité du territoire. **(figure04)**

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

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

Les ressources en eau de l'aire d'étude proviennent, essentiellement, des eaux souterraines, à l'exception de la commune de Baghai qui dispose aussi d'un potentiel en eaux superficielles destiné à l'irrigation,

Les eaux de hammam El Salhine sont drainées par Oued El kissen, d'une longueur de 6 km, et qui prend naissance sur les hauteurs des Aurès et longe les hautes plaines de Rémila pour se terminer dans Chott Ezzahar.

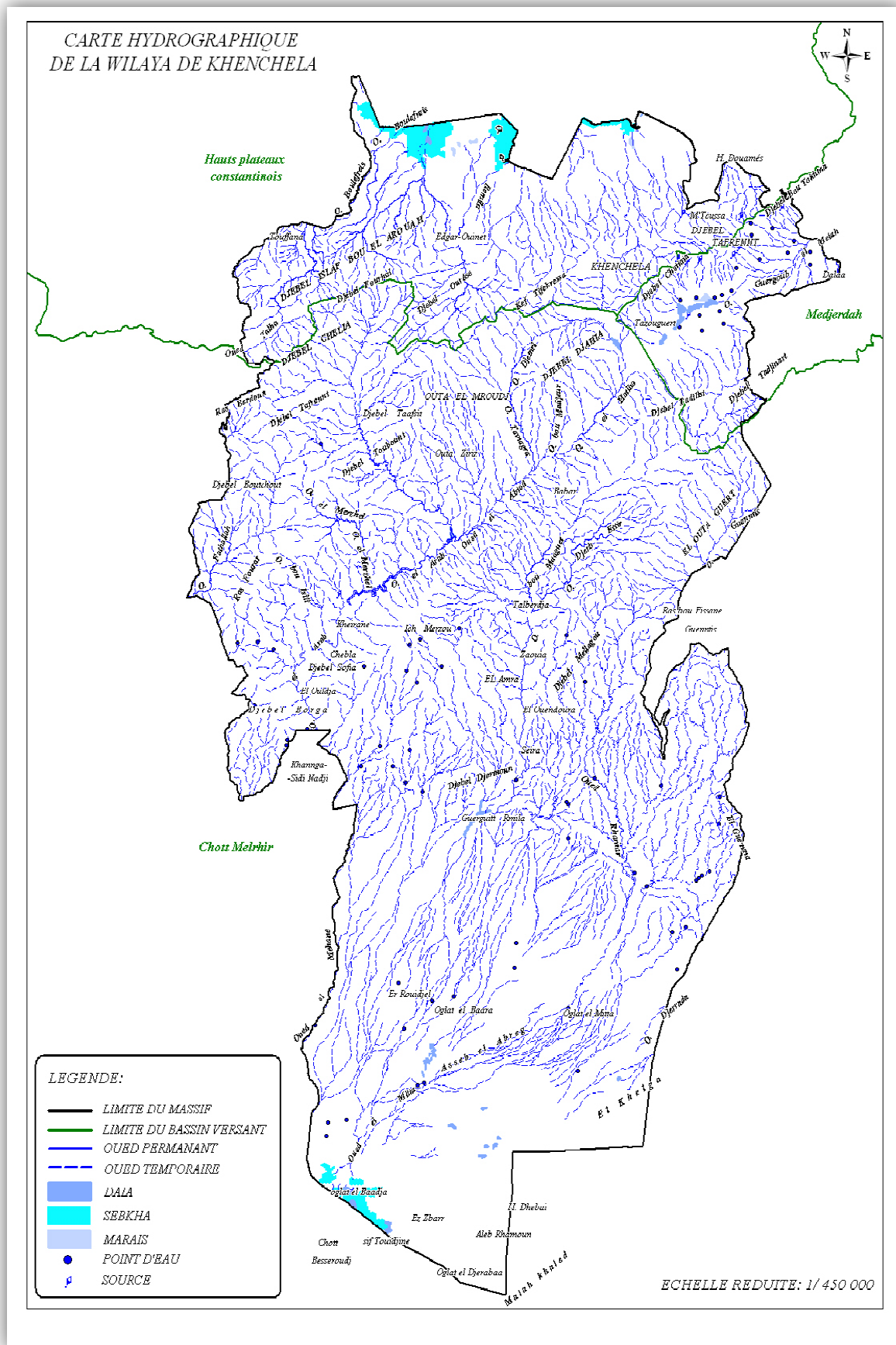


Figure 04: Carte hydrologique de la wilaya de Khenchela (Source PAW ; 2009)

**Chapitre 2 :**

**Etude hydro-  
climatique**

**Introduction**

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

La climatologie s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère, principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent. Le climat représente donc le « temps moyen » en un lieu donné (Emselem, 1989).

Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes Architecturaux et urbains. Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaire et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps. Il est défini aussi comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et à travers toute l'année. (Bellara, 2005).

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme ; la nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux.(Ramade,2003).

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

Les données de température et de précipitation correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies et de température qui ont été recueillies à la station de **l'office national de météorologie (OMN) d'El Hamma W. de Khenchela** situées à **890 m** d'altitude suivant une période de mesures de **2009 à 2019**.

Les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° 01 : les coordonnées géographiques de la station d'El Hamma

Station	Altitude	Latitude	Longitude
El Hamma	982.5 m	35° 28° N	07° 05° E

## II. 1. Caractéristique climatologique

### II.1.1. Température

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

Les données de température durant la période (2009-2019) sont représentées sur le tableau avec des courbes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle de température.

Tableau N°02: Température moyenne mensuelle à la station de khenchela (2009-2019) en (°C).  
(Source : station météorologique de Khenchela).

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T° C	6,02	7,52	10,09	14,49	16,16	21,83	25,84	25,07	20,69	16,47	10,91	9,04

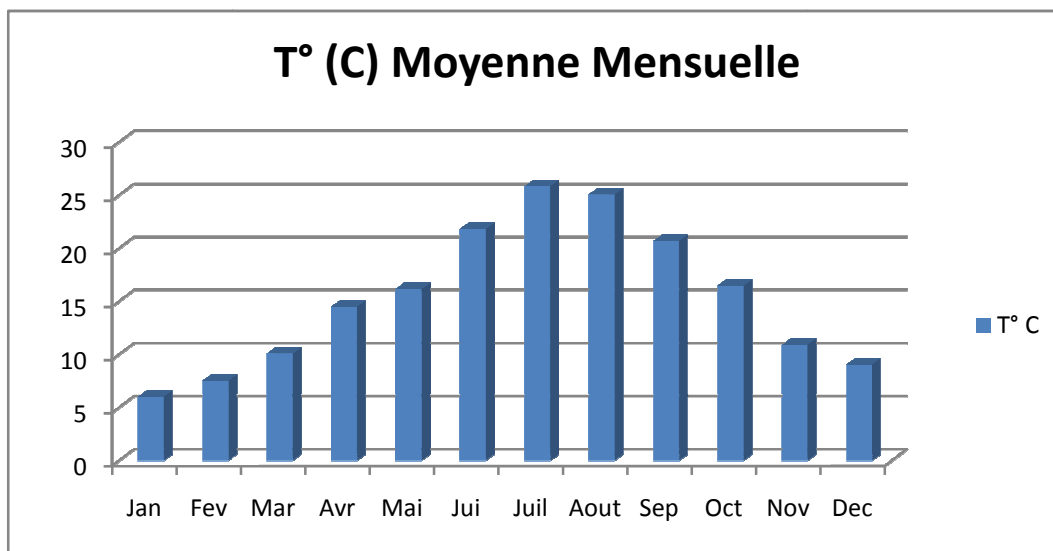
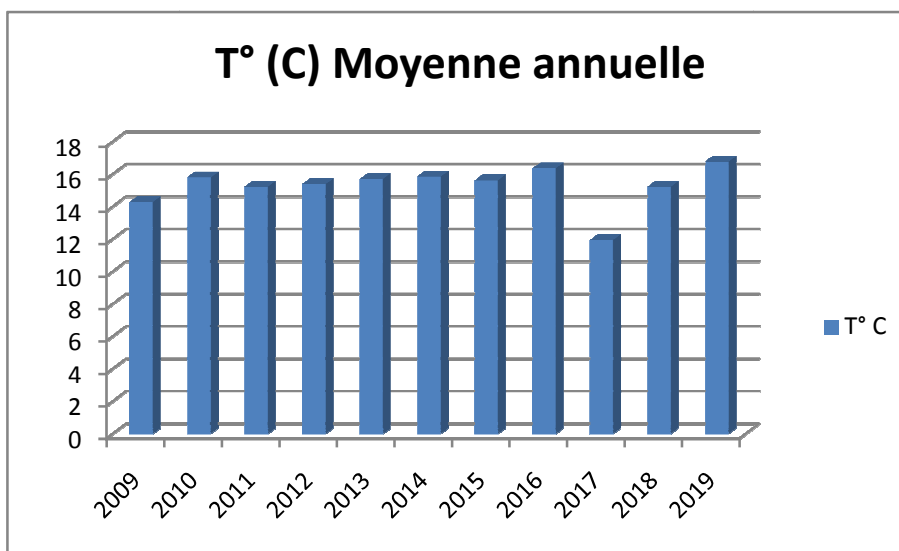


Figure 05 : Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2009-2019)

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles montre que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 6.02 °C et le mois de Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 25,84 °C.



**Figure 06: Diagramme des températures moyennes annuelles de la période (2009-2019)**

L'année la plus Froide étant **2017**, avec une moyenne annuelle de **11,95°C**, et l'année **2019** étant la plus chaude avec une moyenne annuelle de **16,77°C**.

La saison la plus froide est **l'hiver** avec une moyenne de **7,52 °C**, alors que la saison la plus chaude est **l'été** avec une moyenne de **24,24 °C**.

### II.1.2. La Précipitation

La pluviosité est défini selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat..

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

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosions d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part, sans oublier son rôle prépondérant dans l'hydrochimie par le lessivage des terrains (Plus la pluviométrie est forte, plus la dilution des sels restants passant en solution est grande).

La chute des pluies dans la région et, en général, en Algérie est déterminée par la situation géographique, par la topographie et notamment la direction des axes montagneux par rapport à la mer et l'altitude. (Halimi, 1981)

Les hauteurs des précipitations mensuelles calculées pour le site étudié sont portées dans le tableau suivant.

Tableau 03: Précipitation moyenne mensuelle de la période (2009-2019) en mm

P. (mm)	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
(2009-2019)	40,40	38,44	57,94	53.22	52.64	21.96	18.32	38.58	48.41	38.12	28.19	31.27	467.49

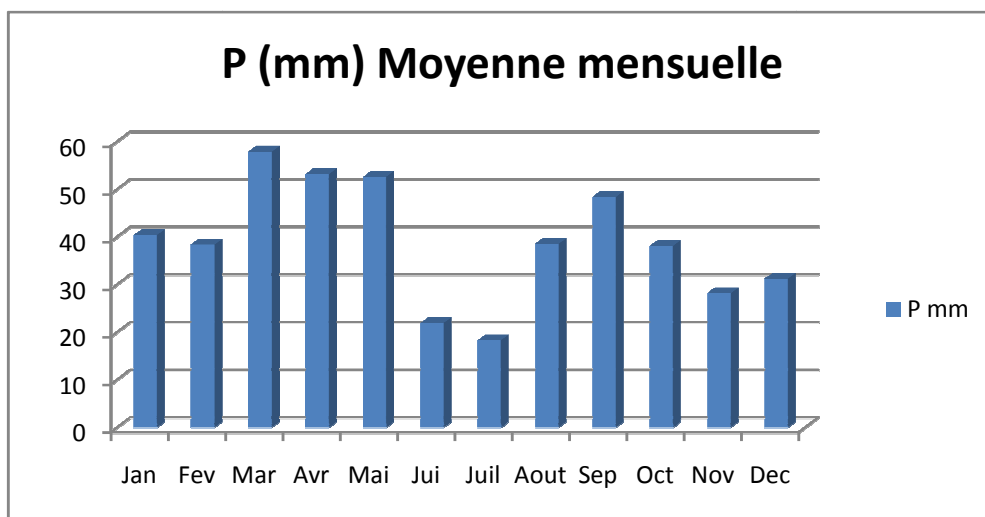


Figure 07: Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2009-2019)

On remarque que la figure 07 montre que les précipitations moyennes mensuelles de la période (2009-2019) sont de 467.49mm. Le mois de mars est le mois le plus arrosé avec une moyenne de **57,94 mm**. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de **18.32mm**.

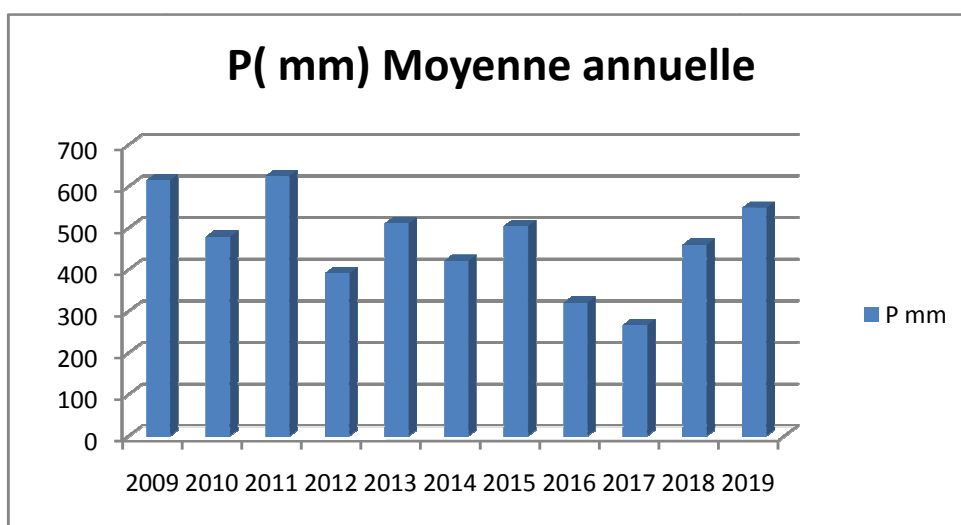


Figure 08: Diagramme des précipitations moyennes annuelles de la période (2009-2019)

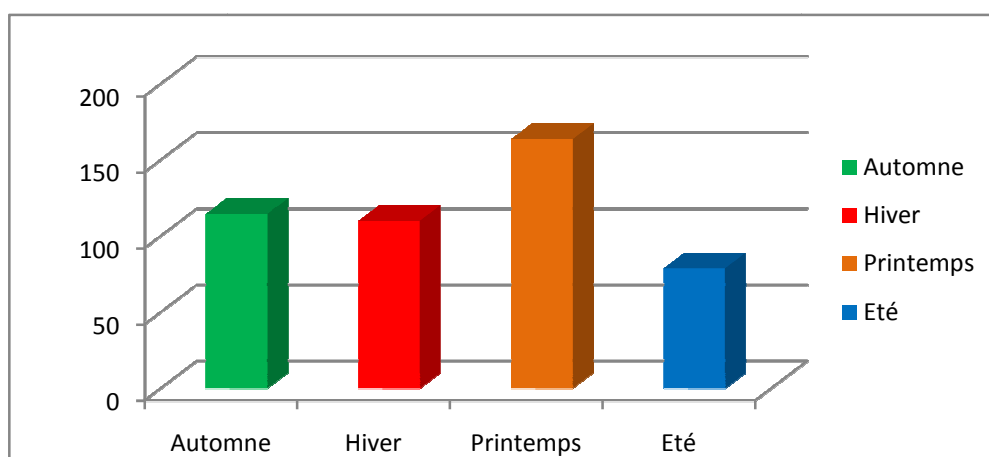
L'année la plus pluvieuse étant **2011**, avec une moyenne annuelle de **625 mm**, par contre l'année **2017** étant la plus sèche avec une moyenne annuelle de **267 mm**

Les régimes saisonniers, schématisés par la figure 09 ont de type P.A.H.E. Ce régime saisonnier des précipitations correspond à notre zone d'étude, le total des pluies d'automne est 24,53%, de l'hiver est 23,53%, et celui de printemps 35,03%, et de l'été est 16,86%.

La saison la plus pluvieuse est le printemps avec un pourcentage de 35.09%, alors que la saison la plus sèche est l'été avec un pourcentage de 16.86% (Tab. 04)

**Tableau 04: Le régime pluviométrique saisonnier pour la période (2009-2019).**

station	/	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Total	Type
<b>El</b>	<b>P (mm)</b>	114,72	110,11	163,8	78,86	467,49	<b>PAHE</b>
<b>Hamma</b>	<b>%</b>	24,53	23,53	35,03	16,86	100,00	<b>PAHE</b>

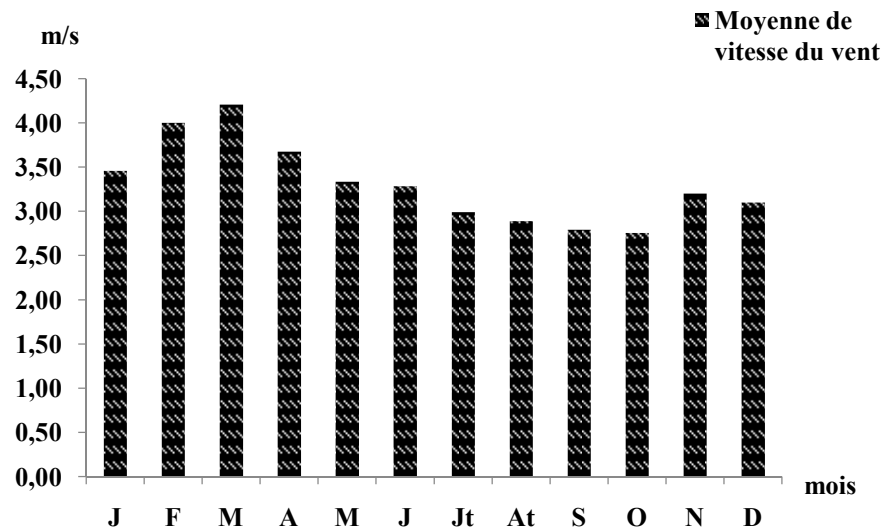


**Figure 09: Diagramme de régime pluviométrique saisonnier pour la période (2009-2019)**

**II.1.3.. Le vent**

Le vent est le résultat de la différence de pression (Jeane, 2009) entre deux zones voisines. Il provoque le déplacement d'air et transporte ainsi les caractères climatiques. (Roger et al., 2006).

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



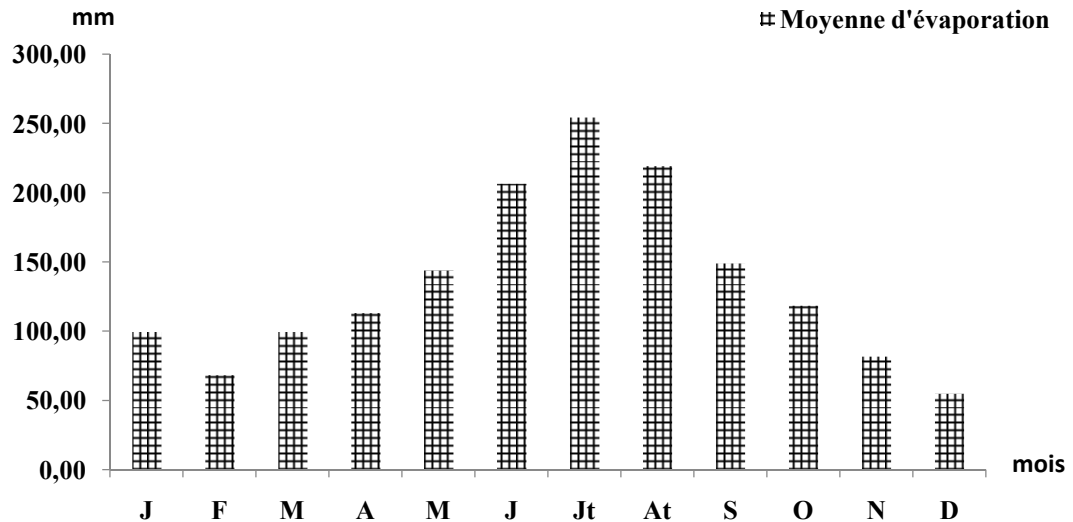
**Figure 10 : Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2004-2018)**

La vitesse moyenne annuelle de vents dans la région de kenchela est de 3,31 m/s avec un maximum au mois de mars avec une moyenne de vitesse de 4,21 m/s, et un minimum au mois d'octobre avec une moyenne de vitesse de 2,76 m/s. (Figure 10)

Il est à craindre durant le mois de mai à juillet la manifestation du sirocco qui est un vent chaud et sec favorise l'évapotranspiration causant ainsi de sérieux dégâts aux végétaux et notamment les cultures.

#### II.1.4. Evaporation

C'est le passage de la phase liquide à la phase vapeur (Sublimation : passage direct de l'eau sous forme solide en vapeur). 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. (Corentin, 2011).

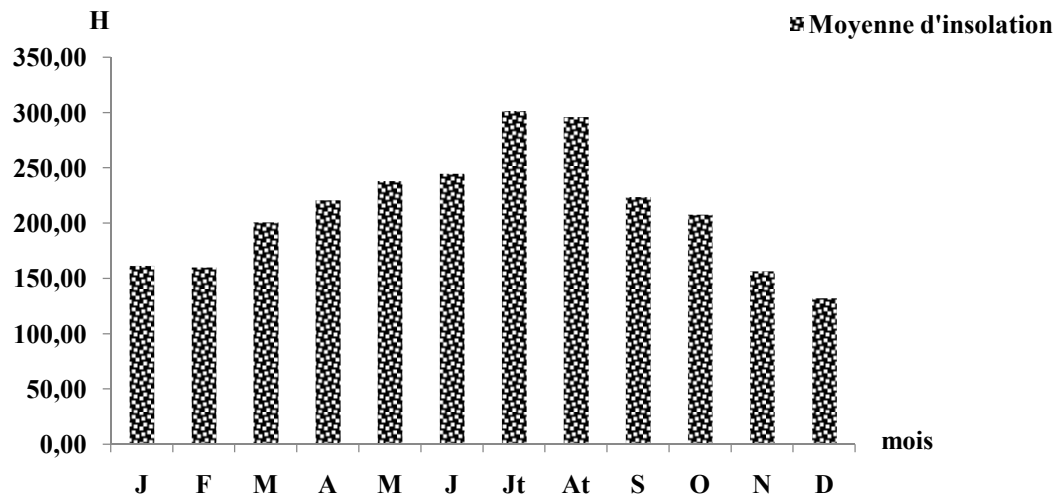


**Figure 11: Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2004-2018)**

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 254,41 mm et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec une moyenne de 54,91 mm. L'évaporation moyenne annuelle est de 134,11 mm comme l'indique la figure 11

### II.1.5. L'insolation

L'insolation est, au sens météorologique distinct du sens médical, l'exposition d'un objet au rayonnement solaire direct ; cette exposition est correctement révélée, estime-t-on, par la présence d'ombres portées nettement dessinées : on considère alors que la production de telles ombres est possible lorsque l'éclairement de l'objet par le Soleil a une valeur au moins égale à 120 watts par mètre carré, ce qui permet de déterminer à chaque instant s'il y a ou non insolation



**Figure 12: Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période (2004-2018)**

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois d'août avec une moyenne de 301,64 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 132,39 heures

Le cumul moyen annuel est élevé soit 212,40 heures. Les durées d'insolation enregistrées sont plus longues en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les allures moyennes mensuelles de la figure 12. présentent les mois de mai, juin, juillet et août comme étant les plus ensoleillés.

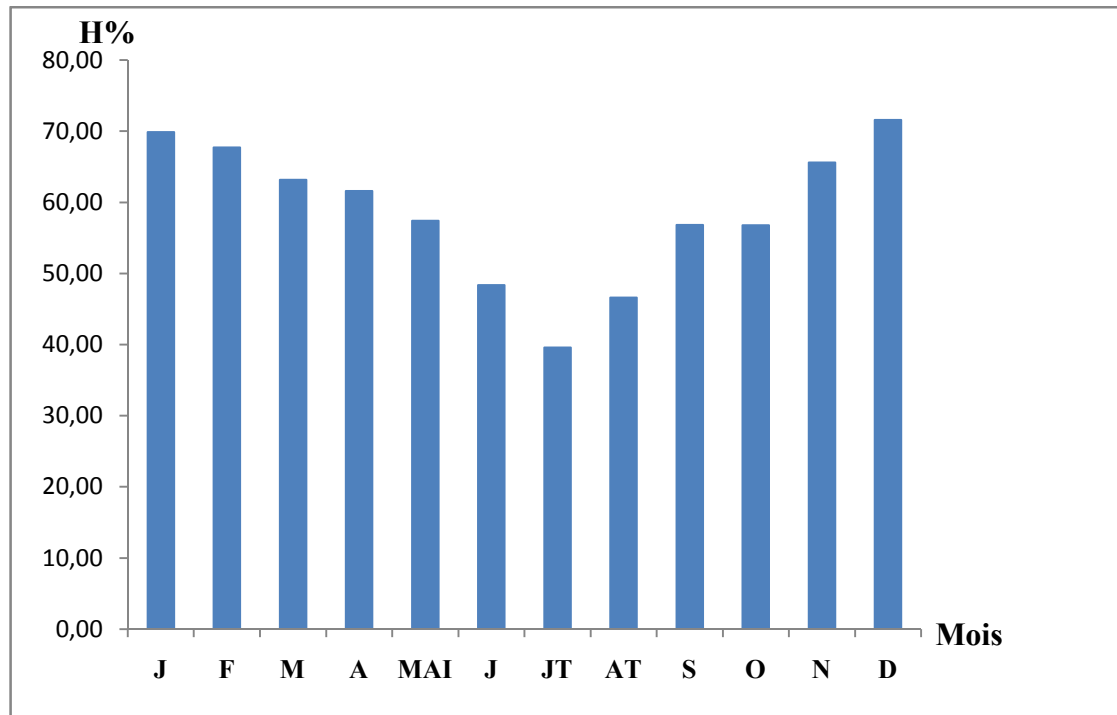
### II.1.6. L'humidité

La quantité de vapeur d'eau qui peut être contenue dans l'air dépend des conditions de température et de pression de ce dernier.

Plus la température de l'air est élevée et plus la quantité d'eau qui peut être dissoute est importante.

L'humidité relative est le rapport entre la masse d'eau dissoute dans l'air et la masse maximale d'eau que l'on peut y dissoudre. (Jeane, 2009)

Les valeurs d'hygrométrie de la période (2004-2018) sont indiquées dans la figure 13



**Figure 13 : Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2004-2018)**

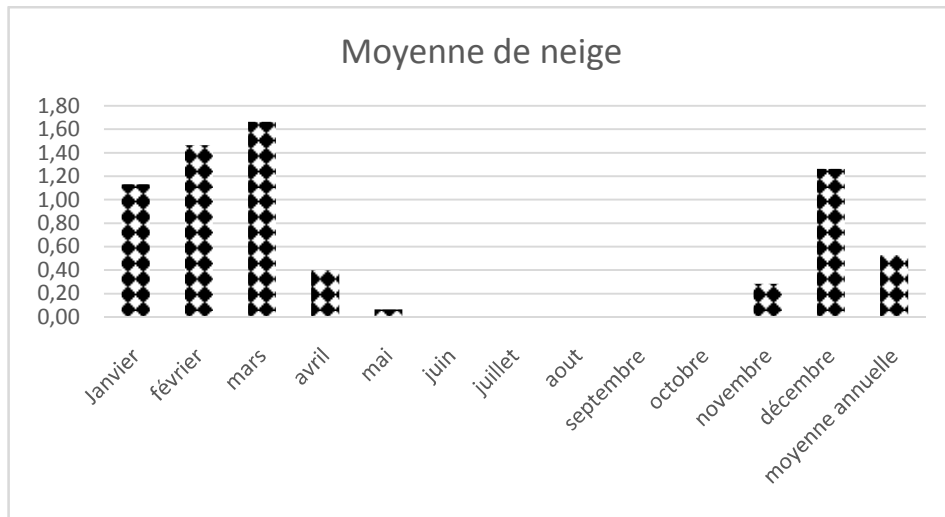
A partir de la figure 13 on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes. Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de décembre avec 71,58% ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, alors que le pourcentage le plus faible est enregistré durant le mois de juillet avec 39,59%.

L'humidité relative de la région d'étude est constamment élevée avec une moyenne mensuelle supérieure à 39,59 %. Son évolution saisonnière est étroitement liée aux précipitations et à l'évaporation. C'est surtout en saison humide que l'on observe les maxima les plus forts, 71,58 % en janvier et février.

### **II.1.7. La Neige**

C'est un vapeur d'eau atmosphérique congelée généralement sous forme de fins cristaux blancs qui s'agglomèrent en flocons et s'éparpillent du ciel sur la terre.

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).

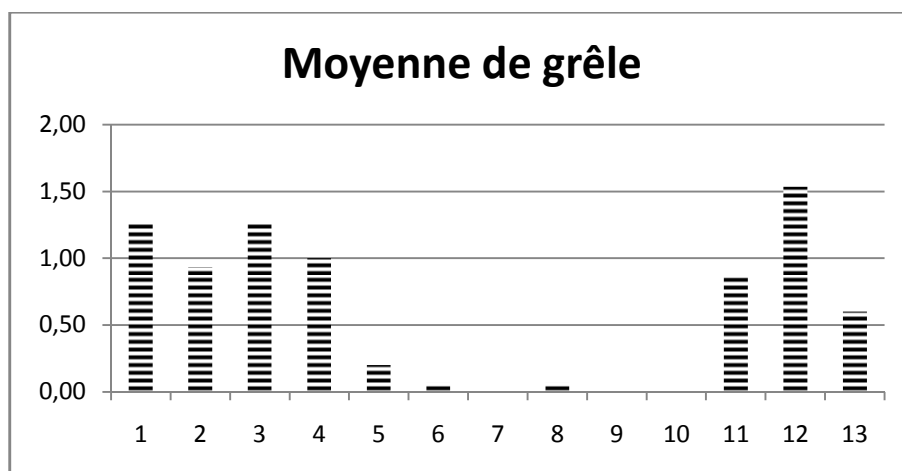


**Figure 14: Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2004-2018)**

A partir de la figure 14 .on constate que l’enneigement s’étale sur une durée de 8 mois de novembre à mai donc la plus grande partie de la neige tombe durant la période hivernal, le maximum étant au mois de mars avec une moyenne de 17 jours de neige. L’enneigement consiste une réserve d’eau cédée progressivement du sol.

**II.1.8. La Grêle .**

Est une précipitation constituée de globules ou de morceaux de glace les grêlons, de formes très diverses, mais souvent sphériques, dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à une dizaine de centimètres. On principalement la aux latitudes moyennes, sur les continents ou les mers intérieures ; elle est beaucoup plus rare sur les océans. (Iqurent,2007)



**Figure 15 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de Grêle de la période (2004-2018)**

La figure 15 montre que la grêle n'est pas fréquente dans la région, le maximum est enregistré au mois de mars avec une moyenne de 3 jours de grêle.

## II.2.Synthèse climatique :

### II. 2.1. Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité ( $I_a$ ). Cet indice est en fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (Gaagai, 2009). Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / T + 10$$

**Avec:**

$I_a$ : 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 classement suivant:

**Quand:**

- $I_a < 5$  le climat est hyperaride ;
- $5 < I_a < 7.5$  le climat est désertique ;
- $7.5 < I_a < 10$  le climat est steppique ;
- $10 < I_a < 20$  le climat est semi-aride ;
- $20 < I_a < 30$  le climat est tempéré ;
- $I_a > 30$  le climat est humide.

Pour la région de kenchela, P = 467.49 mm et T=15,28°C donc cet indice est égale :

$$I_a = 467.49 / 15,28 + 10$$

$$I_a = 18,49$$

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire.

**(Figure16)**

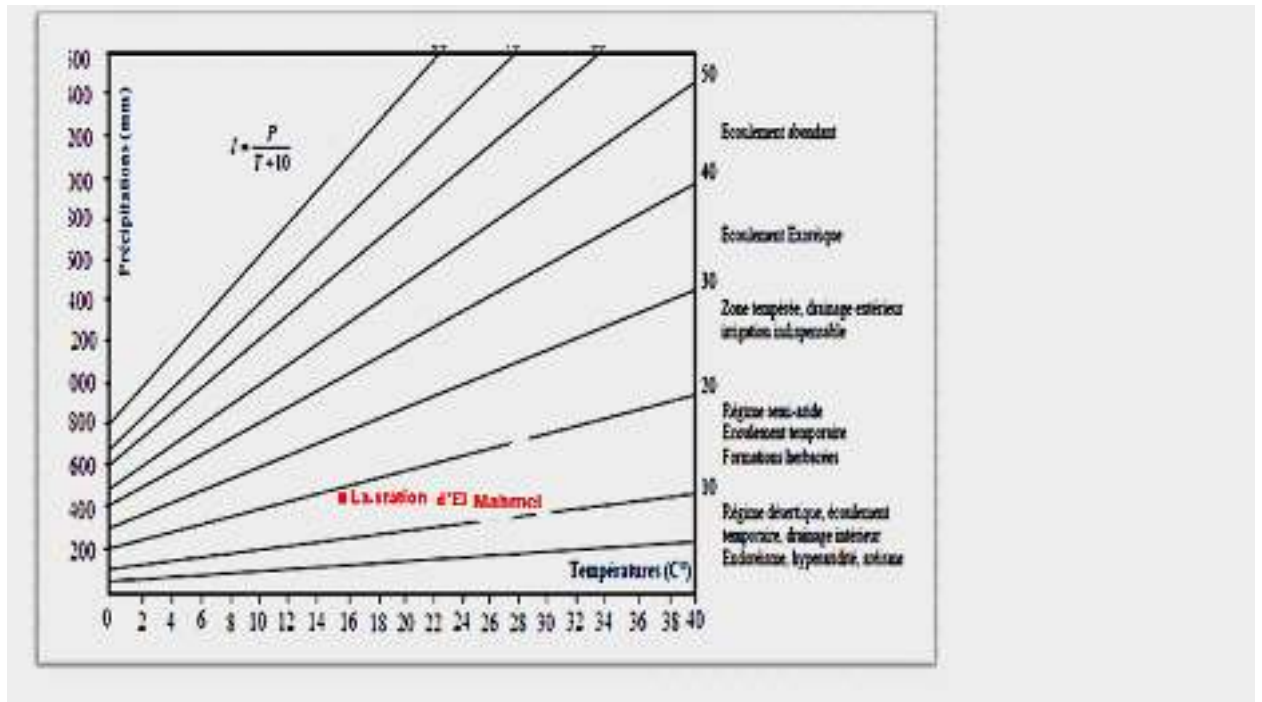


Figure 16 : l'indice d'aridité annuel de Martonne

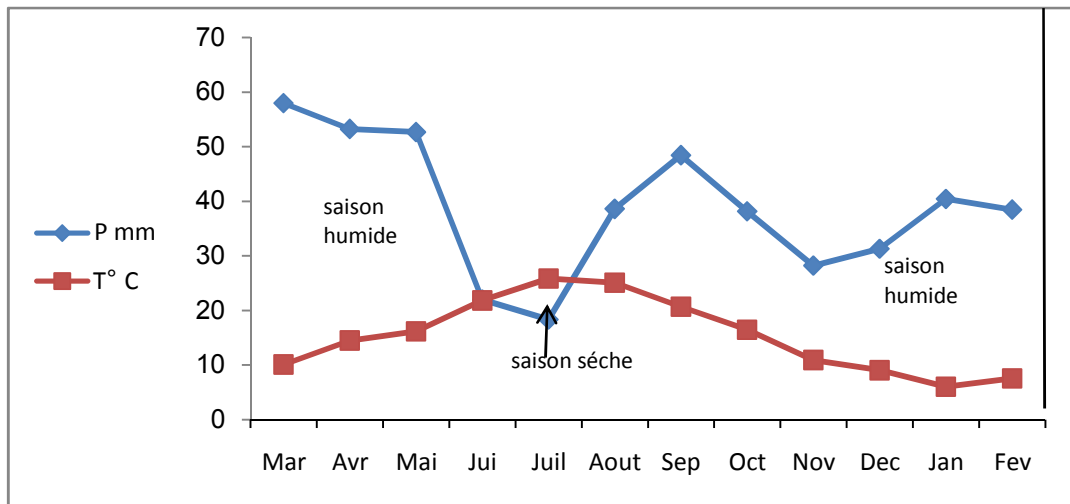
### II.2.2. Diagramme pluviothermique de Gaussen

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

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

#### **$P < 2T$ (indice de Gaussen)**

Les deux échelles (P) et (T) sont telles que :  $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$  (Figure 17.).



**Figure 17: Diagramme ombrothermique de Gausson et de Bagnouls (Station d'el Hamma 2009-2019)**

D'après le diagramme Ombrothermique de Gausson de la station d'El-Hamma nous constatons que la période sèche dure environ 60 jours de mois de juin jusqu'à juillet. La détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrologie à fin de pouvoir estimer les besoins en eau.

**II.2.3. Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger**

Pour préciser le climat de la région, nous employons le Climagramme de L'Emberger (figure 18) sur lequel nous avons reporté les données relatives à la station d'El Hamma où les valeurs de la moyenne de la température minimale (m) figurent en abscisse, et les valeurs Q<sub>2</sub> en ordonnée selon la formule suivante:

$$Q_2 = 1000 P / [(M+m)/2(M+m)] \text{ soit : } Q_2 = 1000P / (M^2 - m^2) \\ = [1000 / (M+m)/2 * 273] * [P / (M+m)]$$

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

$$Q_2 = 3,42 [P / (M-m)]$$

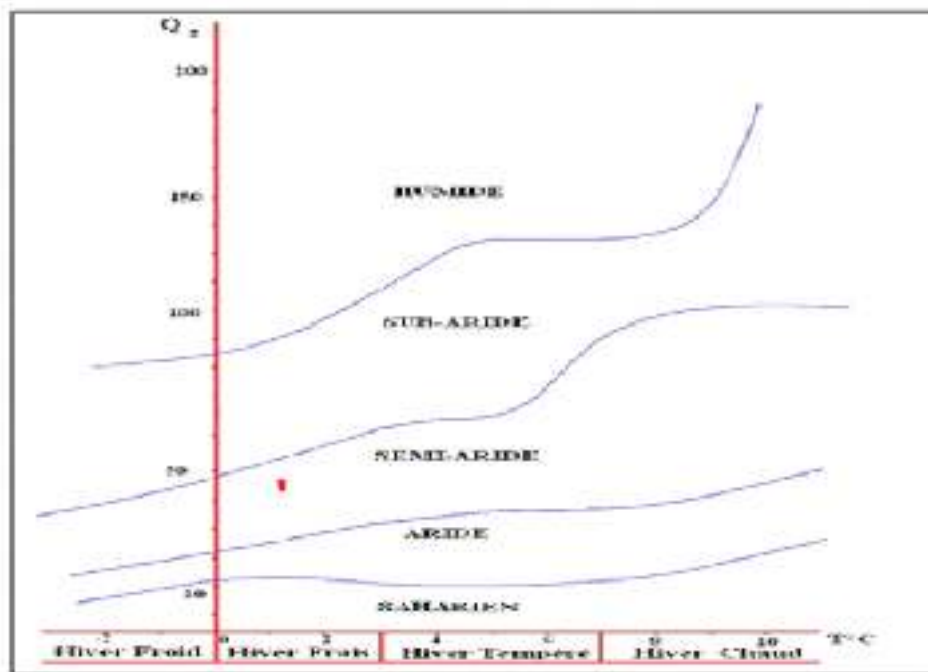
Où :

- Q<sub>2</sub> : quotient pluviothermique annuel en mm.
- P : hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm.
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).
- m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).
- M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

Dans notre zone d'étude :

**P=467,49; M=34.9°C ; m=1.85°C Donc  $Q_2=48.05$**

Utilisant ce climogramme avec la valeur obtenue ( $Q_2= 49.8$ ,  $m=1.85^\circ\text{C}$ ), on trouve que la commune de Khenchela est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.(Figure18).



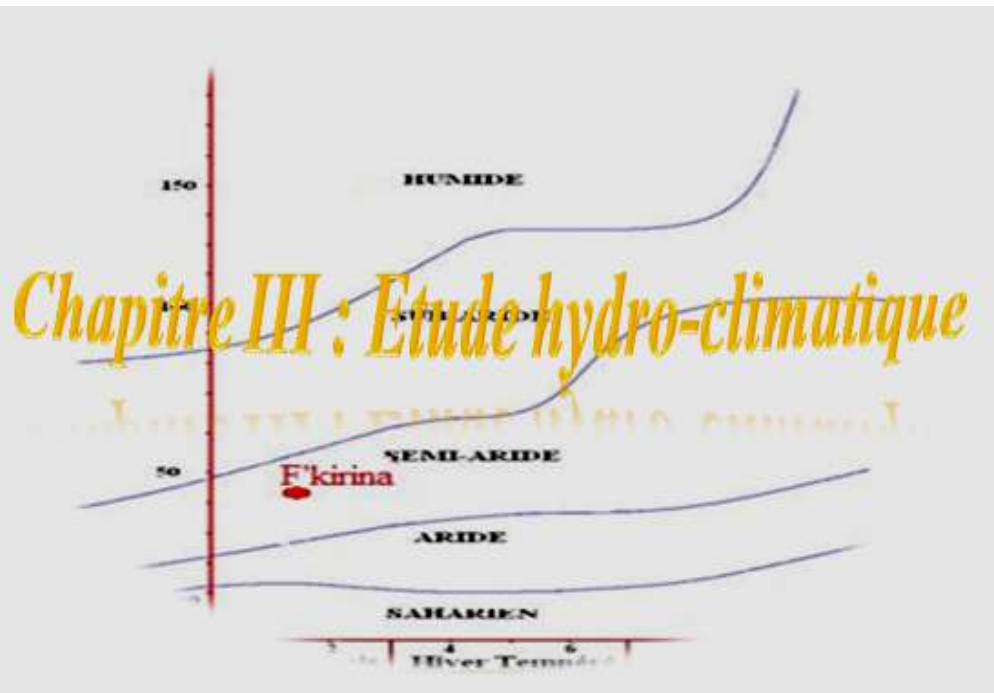
**Figure 18 : Climogramme d'Embergie pour la zone d'étude.**

**Conclusion :**

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride. (Environ de deux mois secs), elle est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec.

Cette zone est caractérisée par l'irrégularité et la forte de ses précipitations. Les précipitations moyennes annuelles pour la période 2009-2019 sont de 467.49mm.

La température moyenne est de 15,28°C °C pour la période (2009-2019), avec un maximum de 34.9°C °C au mois de juillet et un minimum au mois de janvier 1.85°C°C.



## **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.

Pour étudier la qualité de l'eau de sources de la wilaya de khenchela, nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné 10 points à étudier.

L'intérêt principal de cette étude, est de mieux caractériser et comparer la qualité des eaux de sources de la wilaya de khenchela, ces variations dans l'espace et dans le temps, afin de contribuer à la connaissance du système de point de vue pollution

Des mesures physiques ont été effectuées in situ immédiatement après le prélèvement de l'échantillon, à l'aide d'un multi paramètre de type HANNA HI 9025 comme la température, la conductivité électrique et le potentiel d'hydrogène...etc.

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire d'Analyse d'eau algérienne de la wilaya de khenchela à l'aide d'un spectromètre de d'absorption atomique de type de flamme 410-sherwood- pour les cations, et à l'aide d'un scanner pour les autres paramètres : les anions.

### **III.1. Résultats des analyses de l'eau**

Les analyses physicochimique des eaux, indique une variation des concentrations des certains éléments chimiques. Ceci explique la présence des variations dans les normes de potabilité dans certains points de mesures.

#### **III.1.1. Les paramètres physiques**

##### **III.1.1.1. La température de l'eau**

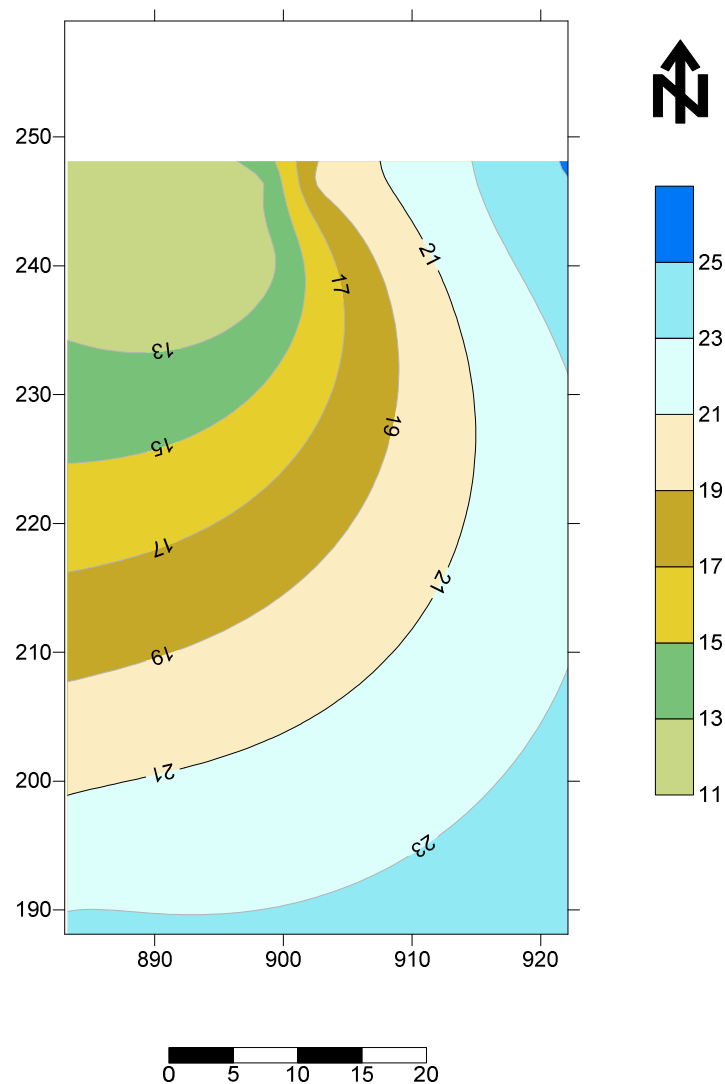
La température de l'eau est un facteur très important car elle conditionne l'évaporation et un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. **.(RéFEA: Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement)**

La température des eaux est un paramètre physique utile dans la compréhension des sources d'alimentation qui ne doit pas dépasser 25°C. C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et

surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH. Et dans le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes.

Les valeurs de température observées dans la zone d'étude sont inférieures à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25°C, elle varie entre 11.7°C et 25°C.

Notons que la température moyenne annuelle de l'air est de 16.52°C. Ces valeurs traduisent la présence d'une nappe alluviale non profonde alimentée par les eaux météoriques.



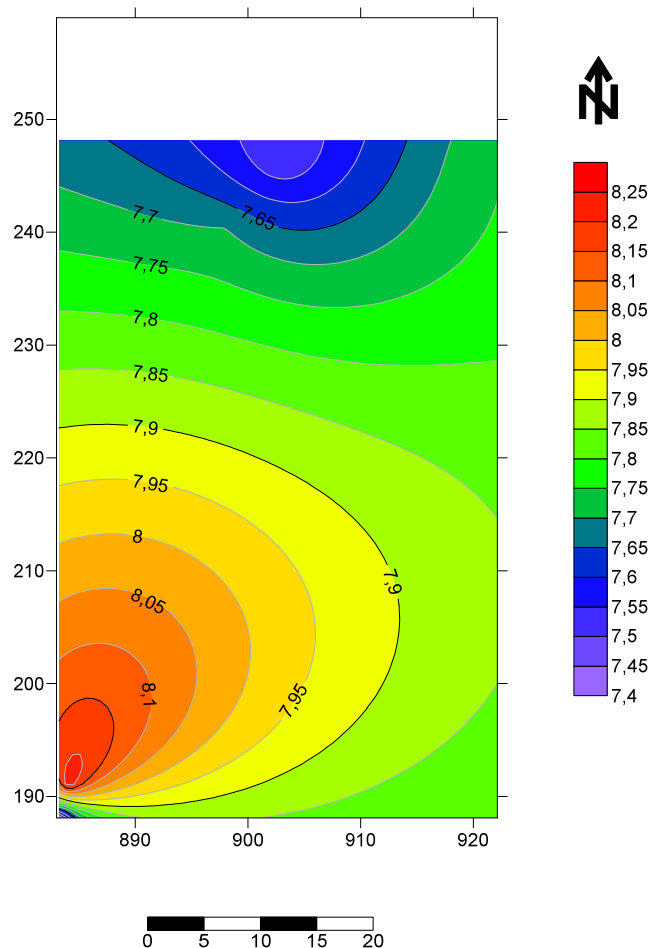
**Figure19: Carte de concentration de température des eaux de sources de la wilaya de khenchela**

### III.1.1.2 Le Potentiel d'Hydrogène Le (pH)

Le PH (Potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. **(RéFEA: Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement)** « c'est à dire mesure l'activité chimique des ions hydrogènes ( $H^+$ ) qui sont présents sous la forme de l'ion oxonium  $H_3O^+$  (appelé aussi ion hydronium) en solution ; Notamment, en solution aqueuse ». IL est lié aux variations de la température, salinité, oxygène dissous, du taux de  $CO_2$  et des terrains traversés. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées ; elle peut être acide, basiques ou neutres, leur Ph est lié à natures des terrains traversés. **(Ben Chabane et al;2018)**

Le pH de la zone d'étude varie entre 7.38 et 8.23. Généralement les eaux de sources de la Wilaya de khenchela est en adéquation avec la norme OMS (6,5 et 9,5) pour une eau potable.

Donc ces eaux possèdent un caractère alcalin comme la figure 20 indique.



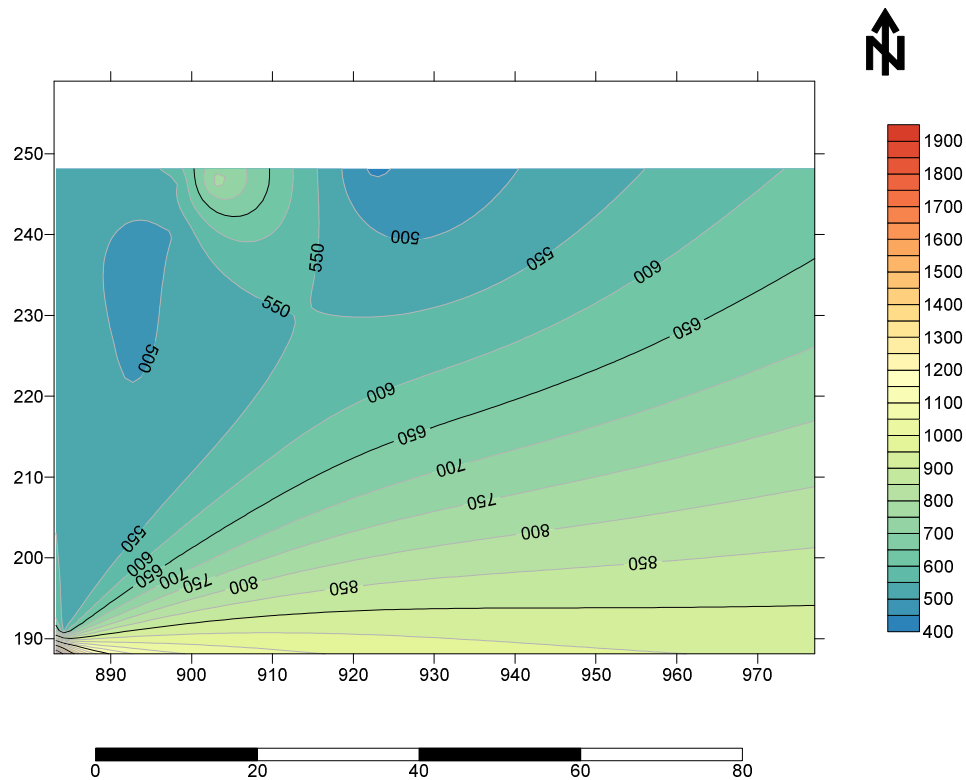
**Figure20: Carte de concentration de pH des eaux de sources de la wilaya de khenchela**

### III.1.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes. Par conséquent, permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau, (Derwichet *al*, 2010) sa mesure est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre deux (02) électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique. (**Laboratoire départemental d'analyses – LOZERE**).

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. (Franck, 2002). La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms/m) à 20°C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (IBGE, 2005).

La majorité des valeurs de la conductivité des eaux de sources de la région d'étude ne dépassent pas la norme de potabilité fixé par l'OMS ( $<1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) à cause de formations du crétacé, elles sont comprises entre 443 et 1856  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de mesure de 1149  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La seule valeur qui n'été pas à la norme est enregistré au niveau de la source d'Ain Elhemam avec une valeur de 1856  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , au Nord-est de la zone d'étude, cette forte minéralisation traduit l'influence des formations récentes alluvionnaires du quaternaire, lessivés par les pluies alimentant cet aquifère.

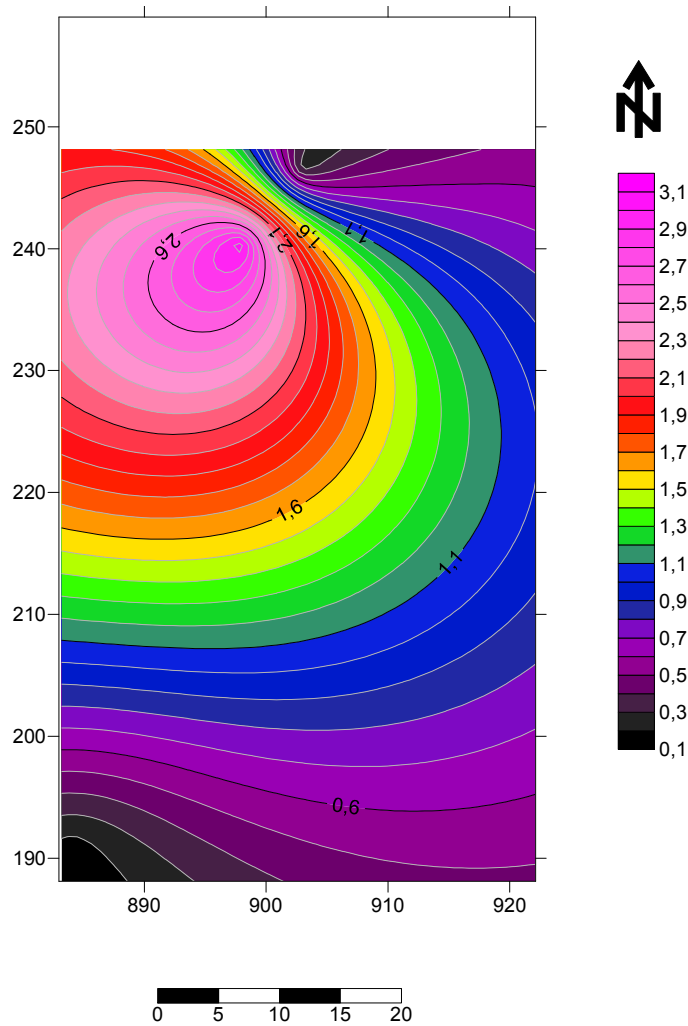


**Figure 21: Carte de la répartition spatiale de la conductivité électrique des eaux de sources de la wilaya de kenchela**

#### III.1.4. La Turbidité

La turbidité est réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. la mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement mais ne donne pas d'indication sur les particules en suspension que l'occasionne, la mesure se fait par comparaison de la lumière diffusée et de la lumière, diffusée et de la lumière transmise dans l'échantillon d'eau et par une gamme étalon. (**Laboratoire départemental d'analyses – LOZERE**)

Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines population 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 terrain à l'aide d'un turbidimètre (**RéFEA: Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement**)



**Figure 22: Carte de concentration de la turbidité des eaux de sources de la wilaya de khenchela**

Les valeurs trouvées dans les différents échantillons analysés de l'aquifère, varient entre un minimum de 0.14 mg/l-S10 Ain Elhamam- et un maximum de 3.2NTU -S6 Ain Lahdjar ancienne-, toutes ces valeurs ne dépassent pas la norme d'OMS (5NTU)

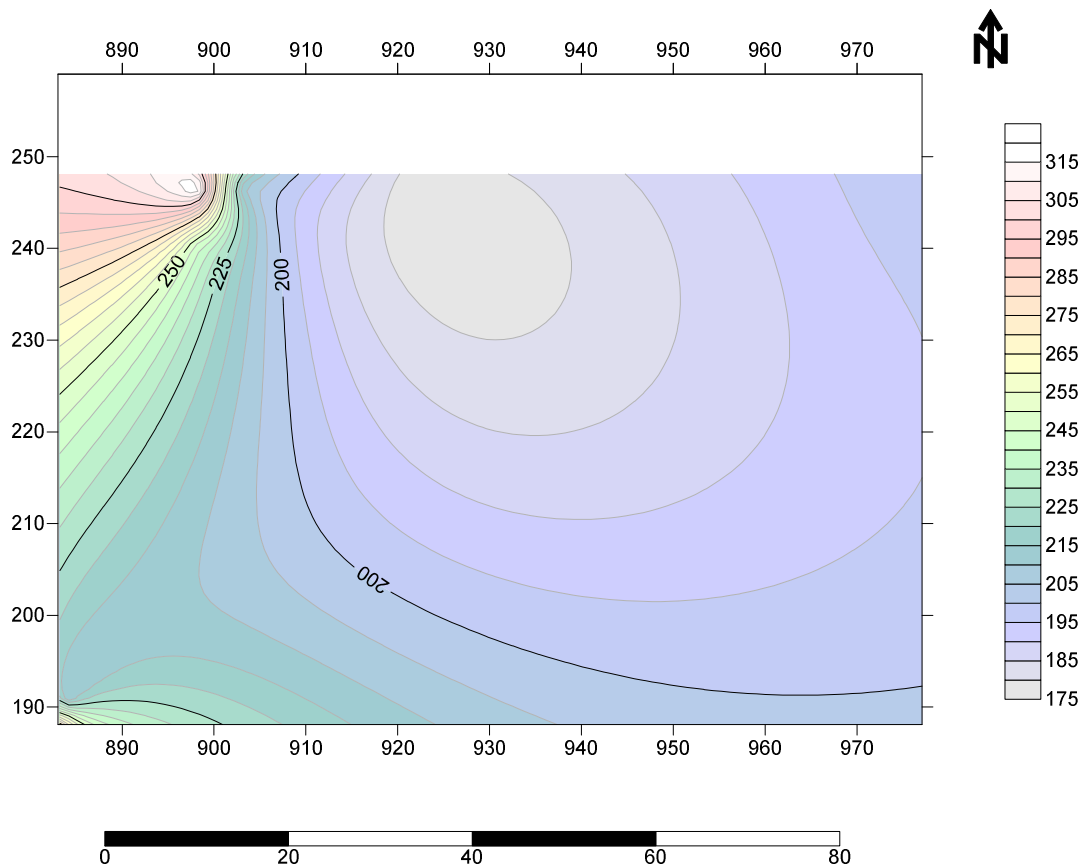
### III.2. Etude analytique des éléments chimiques

#### III.2.1 Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

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

Les concentrations des bicarbonates dans les différents échantillons analysés de l'aquifère, varient entre un minimum de 177 mg/l et un maximum de 321 mg/l,

L'évolution spatiale des bicarbonates (figure N°23), montre une augmentation des concentrations de cet élément dans la partie Nord-est et au centre de la région d'étude au niveau des points d'eau S1,S2,S3,S4,S5,S9, S10, Ces fortes teneurs sont dues probablement à l'influence des formations carbonatées du crétacé. En allant vers le Sud-ouest de la région d'étude où les concentrations de  $\text{HCO}_3^-$  diminuent pour atteindre la plus faible teneur 177mg/l au niveau des points d'eau S7,S8.



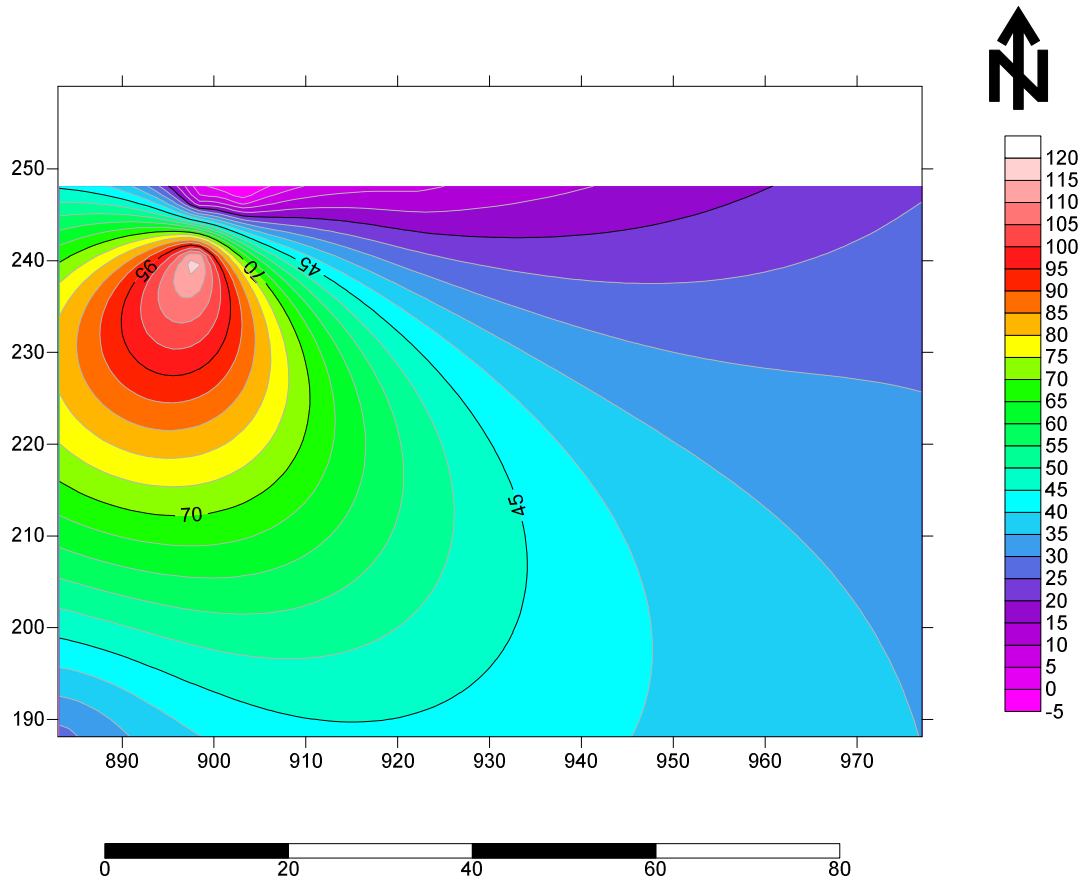
**Figure 23: Carte de concentration de bicarbonate dans les eaux de Sources de la wilaya de khenchela**

### III.2.2. Sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ):

Ils sont présents dans les eaux naturelles à des teneurs très variables et peuvent provenir de la dissolution du gypse. Ce dernier peut être triasique, comme il peut être associé à des formations plus récentes comme les argiles du Mio-Plio-Quaternaire. Ils dépendent aussi des rejets industriels.

La carte montre que les concentrations des sulfates sont élevées à Nord-est de la région d'étude au niveau des sources S4, S5, S10, avec une valeur maximale enregistrée au niveau du forage S5-Chendgouma-(118.98 mg/l). La totalité de ces valeurs des échantillons sont inférieures à la norme de potabilité préconisée par l'OMS. Ces teneurs faibles sont localisées dans le crétacé.

L'absence d'inclusion gypsifère ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et de roches salines évaporitiques ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) seraient aussi responsables de ces teneurs faibles en sulfate.



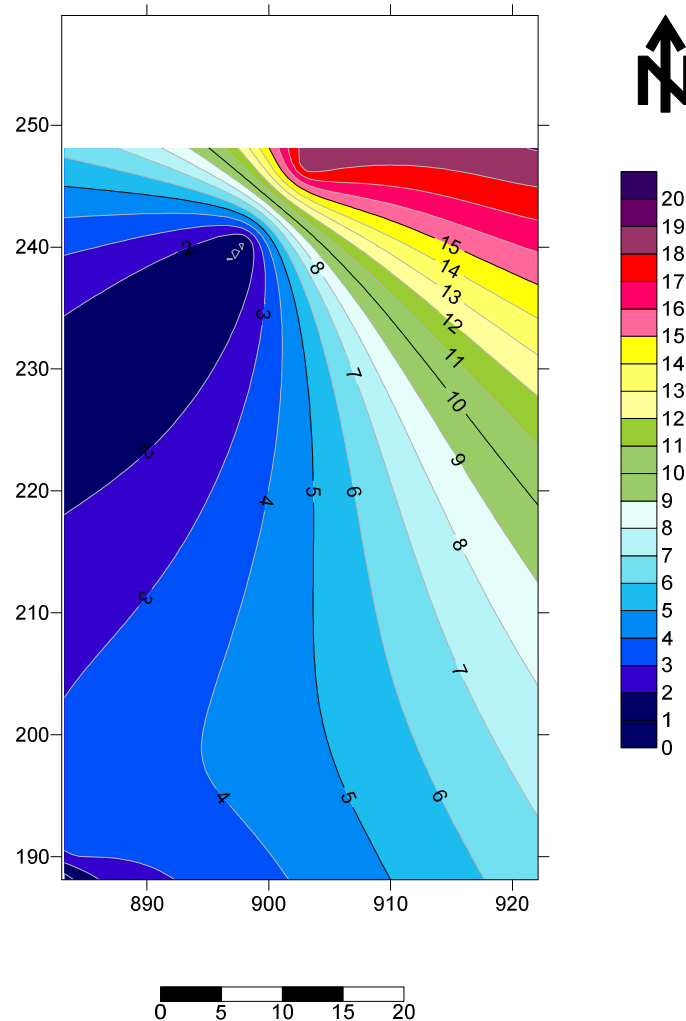
**Figure24: Carte de la distribution des teneurs en sulfate dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela**

### III.2.3. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique. 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.

La carte de la distribution des teneurs en nitrate montre que les fortes concentrations se trouvent dans les eaux des échantillons S2, S6, S7 au niveau du quaternaire dans le Nord-ouest de la zone.

d'étude avec une valeur maximale enregistrée dans la source S7-Belkitane (19.07 mg/l) qui est inférieure à la norme de potabilité fixée par l'OMS (50 mg/l).



**Figure 25: carte de la distribution des teneurs en nitrate dans les eaux de sources de la wilaya de Khenchela**

#### III.2.4. Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

L'eau l'en contient presque toujours, mais en proportion très variables, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Les chlorures rencontrés proviennent:

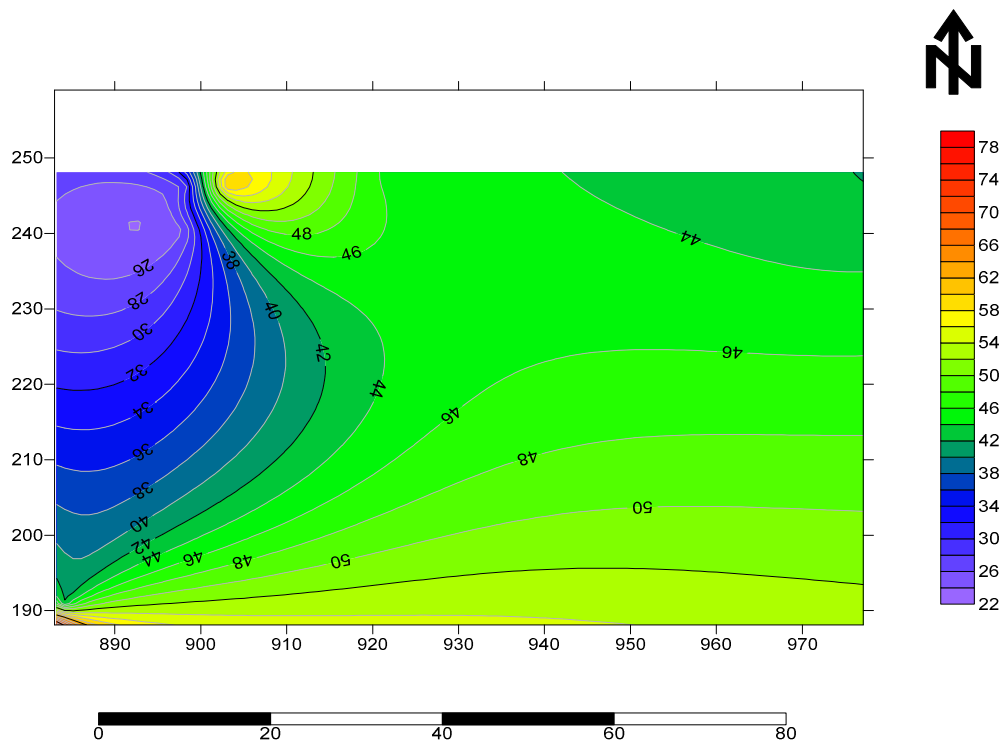
- des rejets d'origine industrielle telle que l'acide chlorhydrique (HCl).
- des rejets d'eau d'origine domestique.
- de la dissolution des sols naturels des terrains salifères.

Les chlorures sont des composés inorganiques résultant de la combinaison du dichlore gazeux avec un métal. Le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure de magnésium (MgCl) sont

les plus réponsus .différentes sources naturelles et industrielles sont à la base de la contamination de l'eau par des chlorures.

Les chlorures peuvent également causer la corrosion des métaux, en plus les doses élevés de chlorure de sodium dans l'eau potable causent une hypertension. (walaadiab ; 2016). Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/L, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1 000 mg/L. (J.Rodier ; 2009).

La carte thématique 26 nous indique que les concentrations les plus élevées sont d'orientation Nord-ouest, au niveau de quaternaire. La valeur maximale est de 77mg/l donnée par la source S10- Ain Elhamam-. Il ya lieu de signaler que le tiers des résultats obtenues en ce qui ce paramètre sont supérieurs à la concentration plafonné par l'OMS (50mg/l), donc la majorité des valeurs sont inférieurs à la norme. La région de Khenchela est semi-aride, il serait utile d'attribuer les fortes teneurs, au lessivage des concrétions salines superficielles en cas de forte pluie.



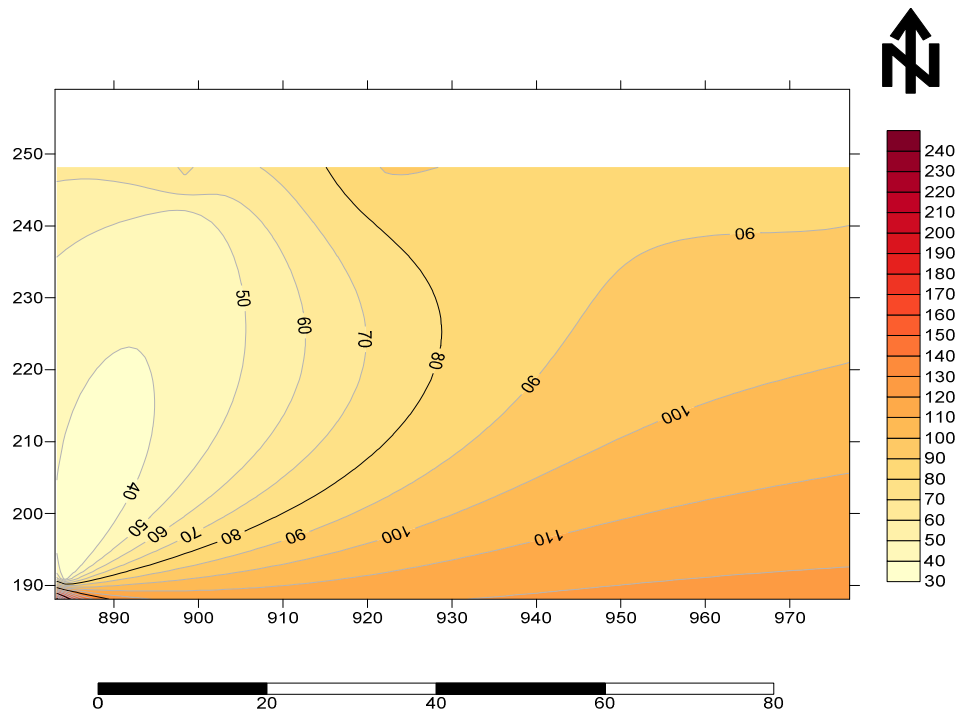
**Figure 26: carte de la distribution des teneurs en chlorure dans les eaux de sources de la wilaya de khenchela**

### III.2.5. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux therminérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). C'est un composant majeur de la dureté de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc. les eaux de pluies, de citernes n'en contiennent que des traces. Certaines eaux minérales en contiennent plusieurs centaines de milligrammes par litre. (J.Rodier ; 2009).

Les résultats de mesure obtenus au laboratoire et la carte de distribution de calcium montrent que la plupart des points d'eau de la région d'étude présentent des teneurs en ions calcium faibles, avec des concentrations variant entre 32 et 91 mg/l inférieures à la norme de potabilité des eaux (100 mg/l), ce qui indique que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses, à l'exception d'un seul point où sa concentration a dépassé la norme S10 – Ain Elhamam- (valeur maximale est de 234 mg/l).

On peut lier cette forte teneur à la localisation de cette source dans la formation crétacé – maestrichtien supérieur caractérisé par les calcaires à incérâmes



**Figure 27: Carte de la distribution des teneurs en calcium dans les eaux de sources de la wilaya de kenchela**

**Conclusion**

L'étude hydrochimique, nous a permis de mettre en évidence les paramètres physico-chimiques ayant une influence directe sur la qualité des eaux ; ces paramètres sont liés aux systèmes aquifères existant ou à l'influence de la géologie.

Au terme de ce chapitre, il a été constaté ce qui suit, les analyses physico-chimiques nous en révélé que les concentrations les plus élevées en la matière, sont rencontré soit dans la formations géologiques récentes du quaternaire, soit dans la formation crétacé.

Il y'a lieu de dire que la majorité des éléments dont leurs concentrations n'ont pas dépassé les normes admissiblesce qui se répercute sur la qualité des eaux de notre zone d'étude. Donc on trouve que la seule différence qui existe entre la qualité de eaux de sources de la wilaya de khenchela c'est seulement dans la localisation de source c.à.d. la formation géologique où elle se trouve cette source, et on peut choisi notre eaux potable selon notre besoin en éléments minéral.

*Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Les données de divers paramètres (géologiques, hydroclimatiques, ethydrochimiques), nous a permis d'apprécier la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la zone d'étude.

L'étude géologique, basées sur les travaux de plusieurs auteurs ayants étudiés la région, La région de Khenchela est caractérisée par trois (03) zones naturelles qui peuvent être distingué comme suit :

- Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref.
- les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale Nord-est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.
- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

L'aperçu climatique de la région montre que le climat qui y règne est semi-aride (hiver froid et été chaud) .

L'étude hydrochimique a permis de caractériser les principaux paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au cours de la campagne de terrain 2019. On a pu distinguer une liaison de cause à effet entre la géologie et le chimisme des eaux souterraines.

## Références bibliographie

---

**ADE, 2020** : Algérienne des Eaux, Unité de Khenchela.

**Ballara.S, 2005** : Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli(Constantine). Thèse de Magistère. Université Mentouri Constantine, 260p.

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

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

**CENEAP, 2009** : Plan d'aménagement et de développement durable de la Wilaya de Khenchela ; phase N°01 : rapport N°02 évaluation territoriale « Bilan critique-problématique d'aménagement ». Direction de l'environnement.

**CENEAP, 2009** : Schéma de cohérence urbaine de la ville de Khenchela. Direction de l'environnement- Rapport final.

**Emselem R ; 1989** : Climatologie générale, Tome 01, édition ENL, Alger, P 487.

**François Ramade, 2003** Elément écologie 3<sup>ème</sup> édition -P690.

**Gaagai. A, 2008/2009** Etude hydrologique et hydro chimique du bassin versant du barrage de Babar sur oued el arab région est de l'Algérie. Mémoire Magistère : Mobilisation des ressources hydriques et leur impact sur l'environnement .Université de Batna introduction

**Gaagai. A, 2009** Etude hydrologique et hydrochimique du Bassi versant du barrage de Babar sur Oued El ARAB région est de l'Algérie. Thèse de Magistère. Université de Batna, 113p.

**Halimi A, 1981** : L'atlas Blidien « climat et étages végétaux », OPU, Alger, P 623.

**Houha B ; 2007** : Etude de fonctionnement hydrogéo chimique et isotopique des eaux de Khenchela, thèse de Doctorat en Hydrogéologie, Université d'Avignon, France, P 140.

**Office National de Météorologie (ONM)** : Station météorologique d'El-Hamma.

**Rodier .J, 2009** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9<sup>ème</sup> édition (Entièrement mise à jour), Ed. Dunod, Paris. pp1207-1349.

## Références bibliographie

---

**WalaaDiab, 2016** : Etude des propriétés physico-chimiques et colloïdales des bassin de la riviérelitani, Liban.

## Annexe

### Source Chabor



- **Altitude :1152 m**

- **Latitude : 35° 26' 04,06" Nord.**

- **Longitude : 7° 08' 18,22 "Est.**

## Source Ain Silène



- **Altitude : 1124 m**

- **Latitude : 35° 26' 08,15" Nord.**

- **Longitude : 7° 05' 13,71 "Est.**

## Source Ain Mimoune



- **Altitude** :1051 m

- **Latitude** : 35° 24' 00,64 " Nord.

- **Longitude** : 7° 57' 15,80 " Est.

## Source Chandgouma



- **Altitude** :1262 m

- **Latitude** : 35° 22'52,35 " Nord.

- **Longitude** : 7° 04 57,18"Est.

## Source Belguitane



**Altitude : 1170 m**

**- Latitude : 35° 26' 26,35 " Nord.**

**- Longitude : 7° 21' 02,63 " Est.**

## Source Ain Hammam



**Altitude :1136 m**

**- Latitude : 34° 55' 23,50 " Nord.**

**- Longitude : 6° 53' 40,79 "Est.**

## Source Ain Founesse



**Altitude :1299 m**

**- Latitude : 34° 56' 27,28 " Nord.**

**- Longitude : 6° 54' 16,13 "Est.**

## ملخص

إن ولايةخنشلة كغيرها من الولايات التي تعاني من الطلب المتزايد على مصادر المياه الصالحة للشرب، إذا فإن سبب اختيار موضوع البحث كان من أجل توضيح ودراسة ومقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية من خلال اختيار 10 محطات من جميع أنحاء الولاية وشملت الدراسة تحليل المعايير الفيزيائية والكيميائية: درجة الحرارة، درجة الحموضة، الكالسيوم، الناقلية الكهربائية، التعكر،... بعد مقارنة قيم هذه المعايير فيما بينها ومع القيم الدولية لمنظمة الصحة العالمية، اتضح لنا أن مياه هذه المنطقة التي نحن بصدد دراستها ذات جودة عالية وصالحة للشرب وكلها مطابقة لمعايير مياه الشرب المقترحة من المنظمة وتختلف فقط في مكوناتها المعدنية وذلك راجع إلى اختلاف الموقع الجغرافي للمنبع والحبة الجيولوجية المتواجد فيها لا غير.

**كلمات مفتاحية:** خنشلة، المعايير الفيزيائية والكيميائية، المنبع.

## Résumé

La wilaya de Khenchela, comme les autres wilayas, souffre d'une forte demande des ressources en eaux potables. Le choix du présent sujet consiste à déterminer et étudier les caractéristiques physico-chimiques à partir le choix de 10 sources d'eaux. Cette étude comprend l'analyse des paramètres physico-chimiques : la température ; pH ; Ca ; CE ; Turbidité ; ... Après la comparaison de ces paramètres entre eux et avec les normes d'OMS on déduit que les eaux de cette région sont de bonne qualité et potables et sont à la norme préconisé par l'OMS et se différent seulement dans ses éléments minérales qui s'avère au différence dans la situation géographique de source et les formations géographiques où elle se trouve.

**Mots Clés Khenchela,** Paramètres Physico-chimiques, eaux de sources.

## Abstract

The state of Khenchela, like other states that suffer from the growing demand for potable water sources, so the reason for choosing the subject of the research was to clarify, study and compare physical and chemical characteristics by selecting 10 stations from all over the state and the study included the analysis of physical and chemical standards: temperature, pH, calcium, electrical transmission, turbidity, ... . After comparing the values of these standards with the international values of the World Health Organization and the international values of the World Health Organization, it became clear that the water in this region, which we are studying, is of high quality and drinkable, and all conform to the standards of drinking water proposed by who and differ only in its mineral components, due to the different geographical location of the source and the geological period in which it is located.

**Keywords:** Khenchela, Physical and Chemical Standards, Upstream.

**Présenté par :**  
**Charguia ouiahiba**  
**Reghis celia**

**Date de soutenance : septembre 2020**

**Diplôme : Master Ecologie et Environnement**  
**Option : Ecologie fondamentale et appliqué**

*comparaison entre la qualité physico chimique des eaux de sources de la W.de  
Khenchela*

### **Résumé**

La wilaya de Khenchela, comme les autres wilayas, souffre d'une forte demande des ressources en eaux potables. Le choix du présent sujet consiste à déterminer et étudier les caractéristiques physico-chimiques à partir le choix de 10 sources d'eaux. Cette étude comprend l'analyse des paramètres physico-chimiques : la température ; pH ; Ca ; CE ; ; Turbidité ;...Après la comparaison de ces paramètres entre eux et avec les normes d'OMS on déduit que les eaux de cette région sont de bonne qualité et potables et sont à la norme préconisé par l'OMS et se différent seulement dans ses éléments minérales qui s'avère au différence dans la situation géographique de source et les formations géographiques où elle se trouve.

**Mots clés :** Khenchela, Paramètres Physico-chimiques, eaux de sources

### **Jury de soutenance**

**Président: Mr.Larbaa Rabeh**

**MCB, Univ. Khenchela**

**Encadreur : Mme.OUANES Miyada**

**MAA, Univ. Khenchela**

**Examinatrice: Mme.Mezhoud Amel**

**MAA, Univ. Khenchela**