

## La géologie général de la wilaya de kenchela (ville de kais)

---

**Salhi Mariama**

صالحى مريامة

جامعة تبسة (الجزائر)

salhimariama.7@gmail.com

**Ounassi maroua**

وناسى مروى

جامعة تبسة (الجزائر)

**Abstract:**

Le comportement géologique de la région d'étude a été inspiré des travaux et études Antérieurs réalisés sur le massif des Aurès, sur les hautes plaines steppiques et sur les zones Humides. La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédimentologiques et structurales. D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs Géologues et en particulier par les terrains les plus anciens sont attribués au Trias et les plus récents au Quaternaire.

La région d'étude est soumise à un climat semiaride, elle est caractérisée par un hiver froid et un printemps pluvieux et un été chaud et sec.

Géologie massif hautes plaines les zones humides stratigraphique géomorphologique sédimentologie Trias Quaternaire Climat.

**الملخص باللغة العربية:**

كان السلوك الجيولوجي لمنطقة الدراسة مستوحى من الأعمال والدراسات السابقة التي أجريت على سلسلة جبال Aurès وعلى سهول السهوب العالية وعلى الأراضي الرطبة. ركزت معظم هذه الدراسات على السمات الطبقيّة والجيومورفولوجية والرسوبية والهيكلية. وفقاً للجرد الطبقي الذي وضعه العديد من الجيولوجيين فإن أقدم التضاريس ، يُنسب إلى العصر الترياسي وأحدثها إلى العصر الرباعي.

تتميز منطقة الدراسة بمناخ شبه جاف ، شتاء بارد و ربيع ممطر و صيف حار و جاف.

## **1. Introduction**

### **I.1. Géologie :**

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie 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).

### **I.2. La géologie générale de la Wilaya de Khenchela :**

Le comportement géologique de la région d'étude a été inspiré des travaux et études Antérieurs réalisés sur le massif des Aurès, sur les hautes plaines steppiques et sur les zones Humides. La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédimentologiques et structurales. D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs Géologues et en particulier par les terrains les plus anciens sont attribués au Trias et les plus récents au Quaternaire. Selon depuis le Trias, la région est le Siège de dépôts épicontinentaux à faciès divers et d'épaisseur variable. Dans cette période, la Région présaharienne représentait une plate-forme qui se caractérisait par l'accumulation de Différents sédiments. Du point de vue tectonique, la région présaharienne se rapporte à l'Atlas Tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec un point culminant à 2328 m. La région de Khenchela se caractérise par la présence de trois (03) zones différentes qui Peuvent être distinguées comme suit :

- Au Nord : on a 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 La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememcha ; et plus au Sud, c'est La zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la Flexure Sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés caractérisée par la présence De plusieurs failles. On rencontre deux principales familles: la première correspond aux plus Grandes failles de direction Est-Ouest à Nord-est / Sud-ouest.

La seconde celle des plus Petites failles de direction Nord-Ouest / Sud-Est. Ces deux types de failles sont verticaux. Il est à noter que les Diapirs ou dômes triasiques se trouvant dans la Partie orientale, empruntent Généralement les zones de failles et de faible résistance

pour remonter à la surface du sol et Affleurer. Du point de vue lithologie, on rencontre des calcaires, des marnes, des argiles, du Gypse, des sables, des grès et des conglomérats La géologie de la région d'étude.

### **I.2.1 Trias :**

Cet étage est caractérisé par la présence de marne accompagnée de gypse et de sel gemme, et se situe sur les flancs des anticlinaux.

Le Trias affleure en masse chaotique, sans aucune stratification. Dans ces masses, divers éléments sont reconnaissables (dolomies noires, grès, gypses marneux et gypses fibreux) et emballés dans des argilites vertes.

Les pointements Triasiques sont en contact anormal à Khenchela avec l'Aptien, le Cénomaniens et le Coniacien.

### **I.2.2 Jurassique**

Il s'agit des marnes, des calcaires marneux et des dolomies, constituant la succession de cet étage.

La partie supérieure est constituée de calcaire de plus en plus dolomitique jusqu'à la dolomie pure.

### **I.2.3 L'aptien**

Caractérisé par la large présence des faciès carbonates (dolomie et calcaire dolomitique)

### **I.2.4 L'albien**

Où son épaisseur est entre 400-500m présent dans tous les anticlinaux de l'Aurès, les marnes constituent la base, les calcaires sont développés au sommet.

### **I.2.5 Cénomaniens supérieur**

Ce sont des calcaires marneux gris-bleus à cassures noirâtres en bancs métrique.

### **I.2.6 Turonien**

Occupé à l'affleurement les plus grandes surfaces de l'Aurès pendage faible. Il est présenté par les calcaires à rudistes et des marno-calcaires. L'épaisseur de l'étage varie de 100 à 300 mètres dans faciès à rudistes e atteint 800 m et plus dans faciès calcaires marneux.

### **I.2.7 Coniacien**

Formé de marne grise et de marno-calcaire.

### **I.2.8 Santonien**

C'est un faciès marneux: marnes gris-bleu et calcaires marneux.

### **I.2.9 Campanien**

Formé de marnes et de calcaires crayeux.

**I.2.10 Miocène**

Le miocène marin surmonte dans l'Aurès des assises d'origine continentale comprenant:

- A la base des argiles rouges
- Au dessus des grès ou sable bruns ou rouge
- Au sommet des poudingues rouge

**I.2.11 Langhien-serravalien**

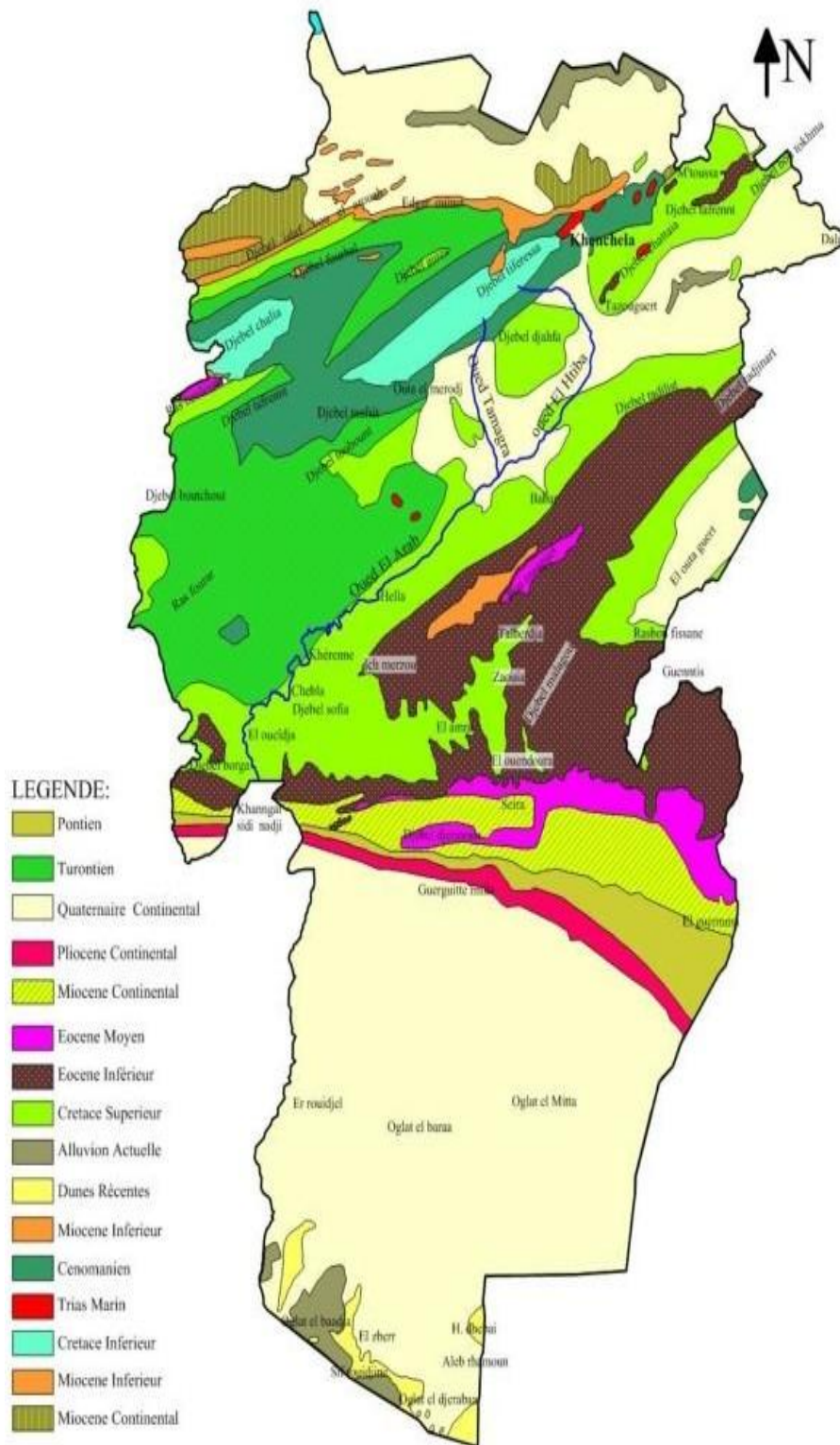
Formé des marnes, biomicrites; bio micros-parités et grès blanc. Tortonien gréseux blanc grossier Formé de l'argile silteuses à grès blancs grossiers en bômes pluri métriques, à abondantes dragées de quartz.

**I.2.12 Quaternaires**

Les formations récentes sont aussi largement répandues à la périphérie de l'Aurès; ils sont rares dans le centre massif des Aurès, ils sont représentés uniquement par des éboulis et des terrasses; tandis qu'ils forment en périphérie de large et épaisses nappes alluviales.

**I.2.13 Alluvion récentes au actuelles**

Ces formations sont limitées aux zones basses, à l'oued Issouel qui aboutit au Barrage de Foum el Gueiss, et à l'oued Ras Serdoun. Ce sont des sables, des graviers et des limons gris de gros galets émoussés calcaires ou gréseux.



**Figure I.1 : La géologie de la région de Khenchela.**

### **I.3 Tectonique**

Le piémont Nord-Est des Aurès se trouve dans le Nord-Est de l'Algérie, sur la bordure Nord de la plaque Africaine, le long de sa zone de contact avec la plaque eurasiatique au Nord. Depuis le Trias jusqu'à l'Actuel, l'Atlas Saharien a subi plusieurs épisodes successifs de subsidence et de soulèvement, en relation avec les mouvements relatifs de plaque tectoniques, Ce qui indique un changement dans la dynamique d'écoulement. Cette mobilité

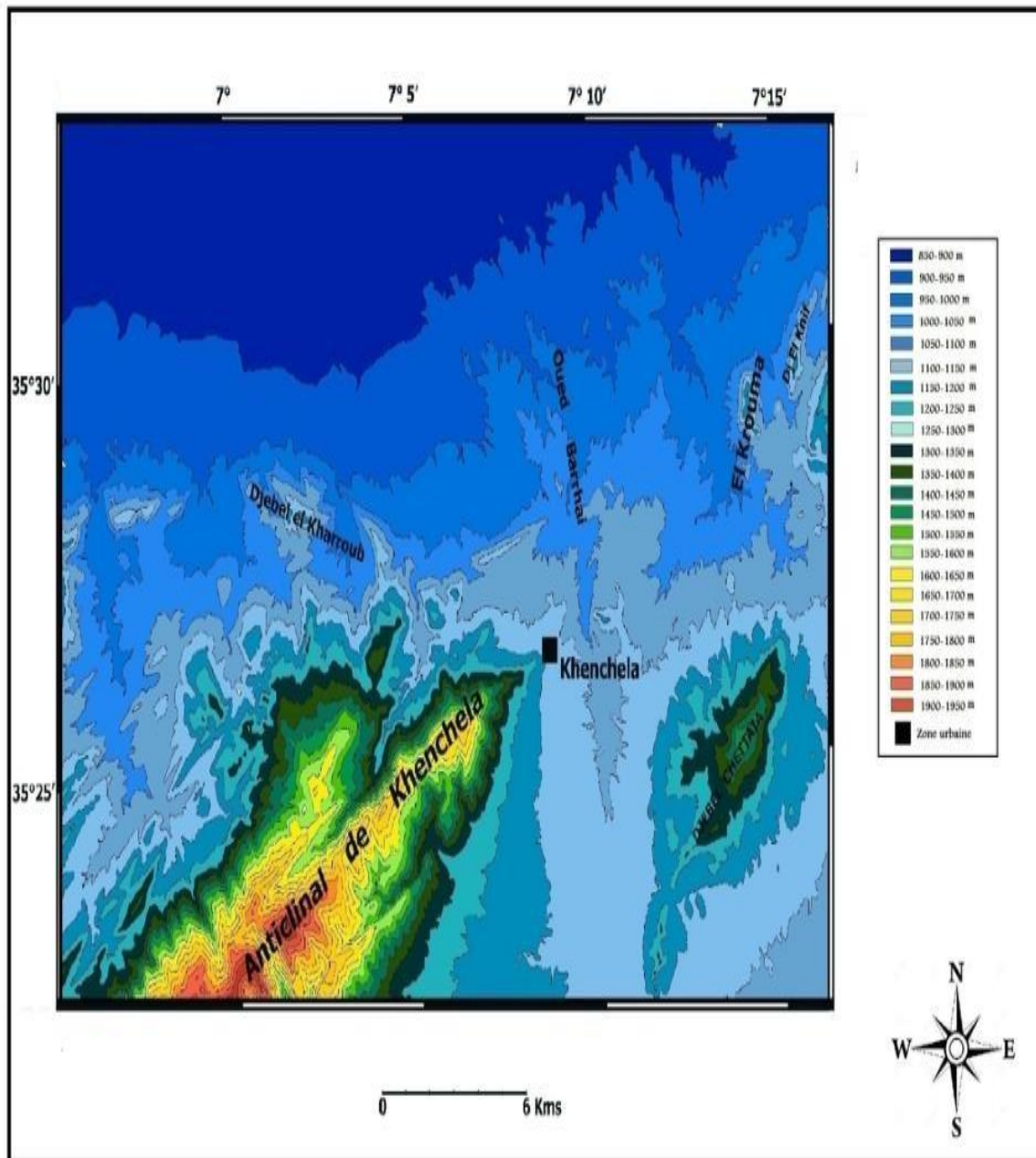
tectonique apparaît dans les structures suivantes:

- Le synclinal du Djebel l'Aurès, pli dissymétrique avec un flanc long au NO et un flanc court au SE.
- L'anticlinal de Khenchela.
- Le synclinal du Djebel Djehfa.
- L'anticlinal du Djebel Chélia.

Ces plis dont l'expression morphologique constitue les reliefs au Sud du Barrage de Foug El-Gueiss et Koudiat Medouar sont formés à la faveur de failles dont la direction est parallèle à celle des axes de plis.

La transition entre la plaine des Sabkhas et les reliefs de l'Aurès est matérialisée par un piémont de grès miocène (Tortonien) discordants sur les calcaires cénomaniens de l'anticlinal du Djebel Chélia.  
par trois zones naturelles distinctes :

- Les Hautes plaines au Nord : Ce sont des plaines à fortes potentialités hydriques qui offrent de grandes possibilités en matière de développement agricole. Elles couvrent 15% du territoire. Ces plaines sont caractérisées par la présence de lacs et de Sebkhass (Guaraat Tarf, Onkjemel,...)
- La Zone montagneuse: Occupe les parties centrale et Ouest de la localité environ 36% de la superficie globale du territoire (les massifs des Aurès et les Monts des Nememchass).
- Les espaces steppiques et sahariens : Couvrent la moitié Sud de la localité environ 49% de la superficie totale (région à vocation pastorale). (Boubelli, 2009).



**Figure I.2 : vue satellitaire de la région d'étude (source NASA World Wind, 2012).**

Sur le plan orographique, il s'agit d'une diversité de paysages qui se manifestent tantôt en reliefs tantôt en zones basses.

Au Sud de la région, les structures aurésiennes offrent une forte orographie d'altitudes dépassant souvent les 2 000 m : Djebel Chélia 2 328 m, Djebel Feraoun 2099 m, Djebel Chentgouma 2 113 m et Djebel Khenchela ayant plusieurs chaînons : Djebel Aidel 2173 m, Ras Kodléne 1945 m, Kef Tifekressa 1945 m et Ras Serdoun 1700 m. Ces massifs et tout l'Aurès septentrional sont limités au Nord par de vastes plaines qui se prolongent vers l'Est du bassin de Timgad, les



plaines de Remila, de F'kirina et de Garaet

Et Tarf, dont l'altitude moyenne est de 950 m environ. A l'Est, on trouve une zone de moyennes montagnes, aux reliefs moyens. On y remarque les Djebels : Chettaia 1 455 m, Knif 1 244 m et El Krouma 1 171 m. Cette série est suivie d'un arc montagneux boisé appartenant aux monts des Harectas et d'une suite de petits chaînons allant des Djebels Guern Ahmar 1 326 m, Fedjjet 1 291 m et Bou Tokhma 1 348 m au Djebel Tafrennt d'altitude 1 406

m. Les zones planes sont formées au Nord par la plaine de F'kirina, Garaet Et Tarf et la vallée de l'Oued Meskiana ainsi que par le prolongement à l'Est du bassin de Timgad et au sud par la dépression d'Es Sbikha , la plaine de Fid En Nedjil ainsi qu'un système de bassins intra-montagneux en relais, El OutaGuert, El OutaGasses et El Outa Zora. (Ben Abbas, 2006).

## **I.5 Le milieu physique:**

### **I.5.1 Le relief:**

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs: l'altitude et la pente. Le relief de la Wilaya de Khenchela est composé de quatre (04) grands ensembles géographiques (DPAT, 2012).

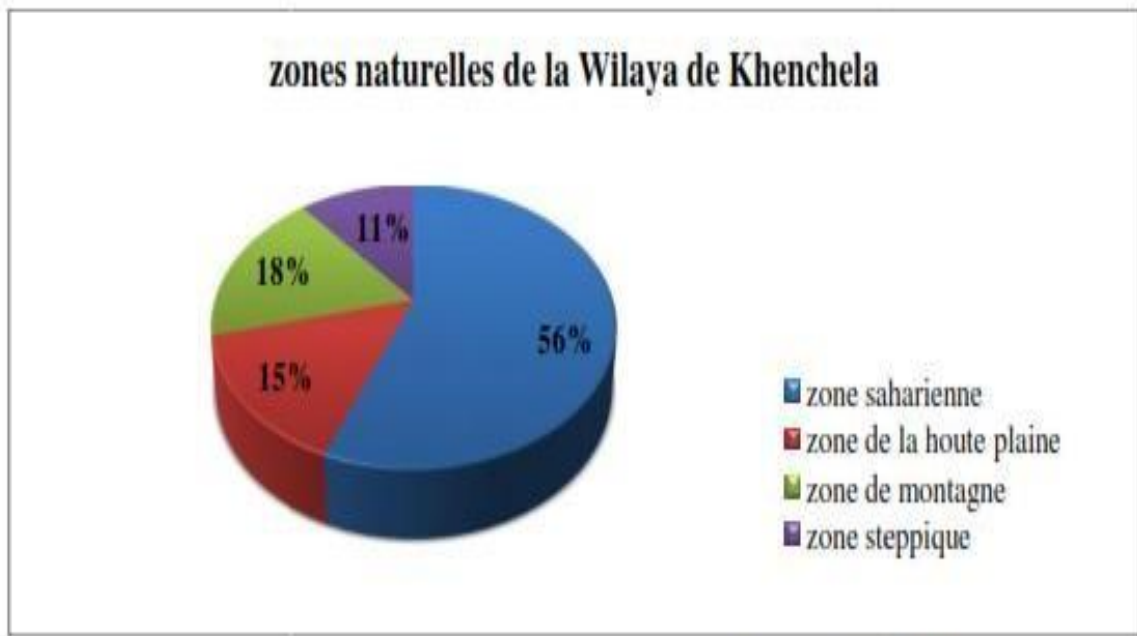
### **I.5.2 Les montagnes:**

Ces reliefs on les retrouve au Nord-Ouest sur le massif des Aurès représentés par Djebel -Aidel (2092 m), Djebel -Chentgomma (2115 m), Djebel -Bezez (2141 m) et à l'Est dans les massifs de Nememcha représentés par Djebel -Bouzendag (1390bm), Djebel – Sguigine (1453 m), Djebel -Tedliste (1507 m). On retrouve les massifs de Djebel -Djahfa (1707 m) (Gaagai, 2009).

➤ **Les plateaux :** Ils sont situés au Nord-Est (plateaux d'Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et d'Ouled Rachache.

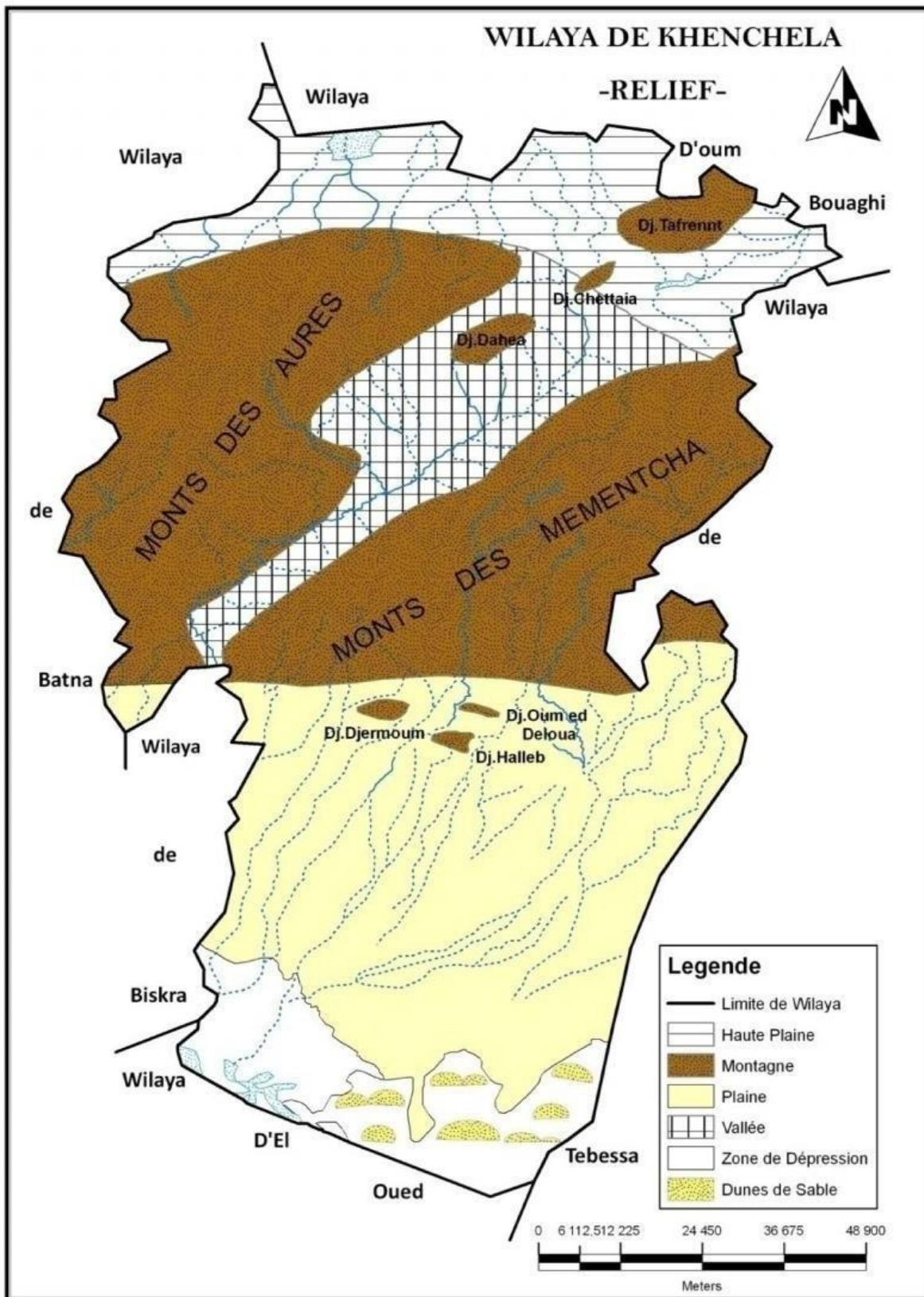
➤ **Les plaines:** Situées au Nord et Nord-Ouest de la Wilaya, elles comprennent Remila, Bouhmama et M'toussa. Il a est noté que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines.

➤ **Les parcours steppiques et les dépressions :** Ils sont situés dans la partie méridionale de la Wilaya. Ils se caractérisent par des terres sablonneuses et par la présence de chotts. Ces derniers constituent ainsi le point de convergence exutoire des Oueds drainant le Sud de la Wilaya.



Source : DPAT W. Khenchela

Figure I.3: La répartition des zones naturelles de la Wilaya de Khenchela



Source : DPAT(2012)

Figure I.4: Les reliefs de la Wilaya de Khenchela

## **I.6 Conclusion :**

Le bassin versant de Foum El-Gueiss se caractérisé géologiquement par :

- Sa localisation dans les hautes plaines constantinoises
- Le trias est constitué par des couches des marnes accompagnées de gypse
- Le Jurassique se formé par des calcaires marneux et de dolomies
- Les formations d'âge quaternaire se répartissent en totalité dans le bassin versant
- Les Alluvions récentes constituent par des sables, des graviers et des limons gris de gros galets émoussés calcaires ou gréseux
- alluvion récentes sont limitées aux zones basses, Oued Issouel qui aboutit au barrage de Foum el Gueiss
- Les plis anticlinaux (Khenchela, Chélia) et le pli synclinal (Djebel de Djahfa) sont morphologiquement constitués des reliefs aux sud de barrage de Foum el Gueiss
- A partir de la lithologie des formations géologiques, on peut avoir une idée sur le chimisme des eaux.
- Les calcaires donnent un faciès généralement bicarbonaté calcique ou magnésique -Les marnes donnent un faciès sulfatés
- Les alluvions donnent plusieurs faciès non salés.

## **hydroclimatologie**

### **II.1 Introduction :**

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des données, des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants : (Les précipitations, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et le ruissellement), qui conditionnent ce bilan.

### **II.2 Climatologie de la zone d'étude**

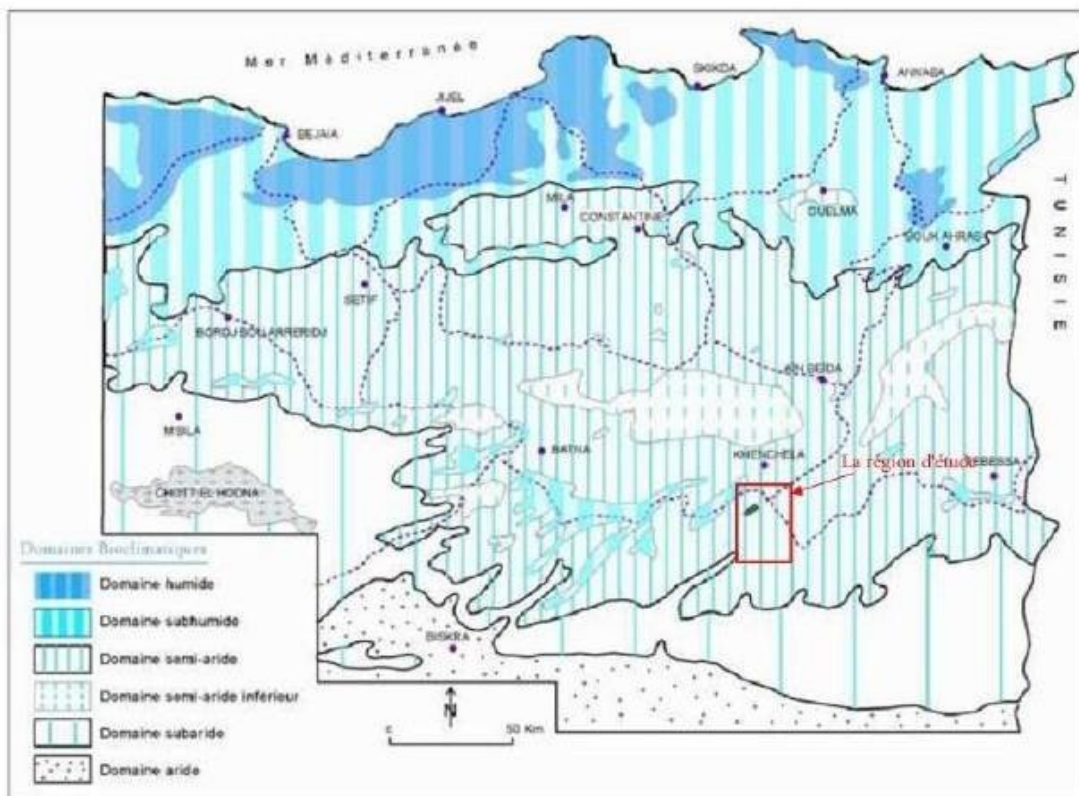
Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 2009 à 2019 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

**Tableau 01 : Les coordonnées de la station météorologique**

coordonnée	latitude	longitude	altitude	Période d'observation
D'Elhamma	7°05'E	35°28'N	928.5 m	2009-2019

### II.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Selon la situation géographique de l'Algérie, on peut distinguer trois zones climatiques; la première à climat méditerranéen au Nord, la seconde à climat semi-aride vers l'intérieur du pays et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara.



**Figure II .1 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien**

La région d'étude fait partie de la deuxième zone semi-aride, marquée par les risques et les aléas. Dans ce qui suit, nous pouvons voir un aperçu hydroclimatique qui est indispensable à la

compréhension des processus de changement climatique. Ceci nous permettra d'avoir une vision générale sur le comportement hydrologique des cours d'eau et la variation des réserves des eaux de surfaces . Ainsi, la variation des paramètres climatiques influe sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons.

## II.4 Étude des paramètres climatiques

### II.4.1 Les précipitations

La répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres, la répartition hypsométrique et la disposition du relief, Selon la carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien établie par l'i A.N.R.H (1993), l a été constaté que la région l'Ouest de Kenchela apparaît à un secteur sec dont les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 250 et 400 mm selon un gradient Nord-Sud.

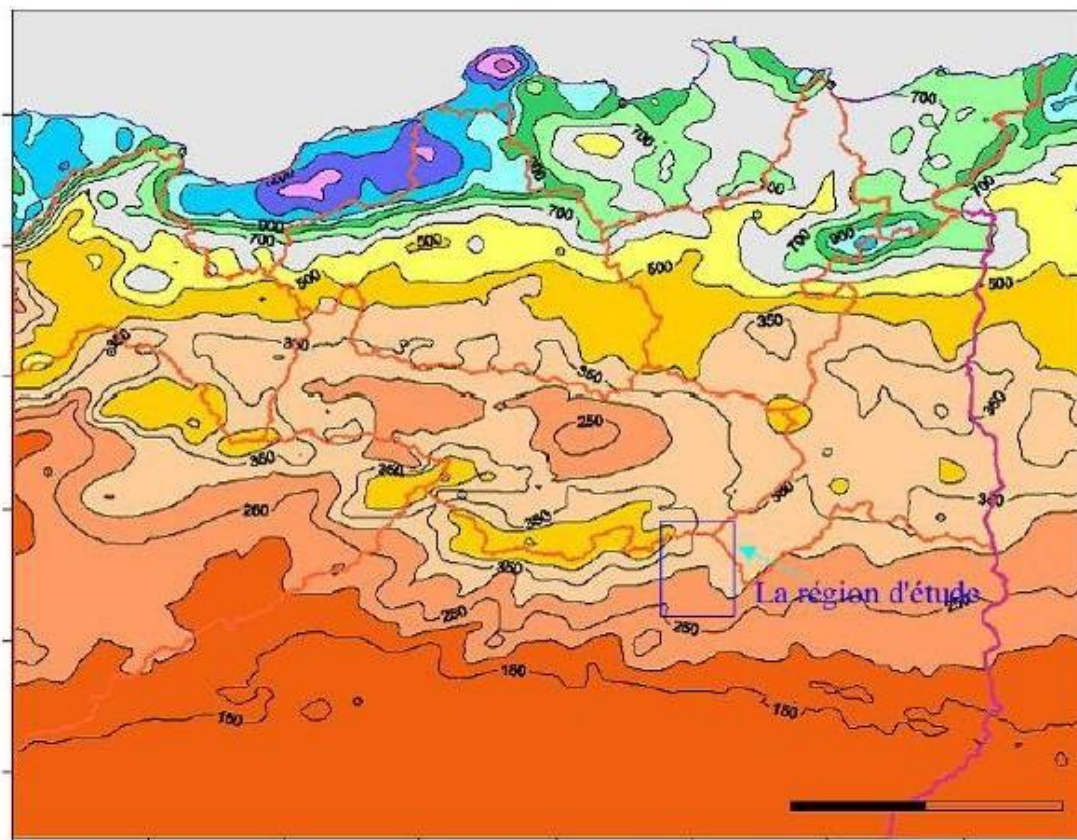
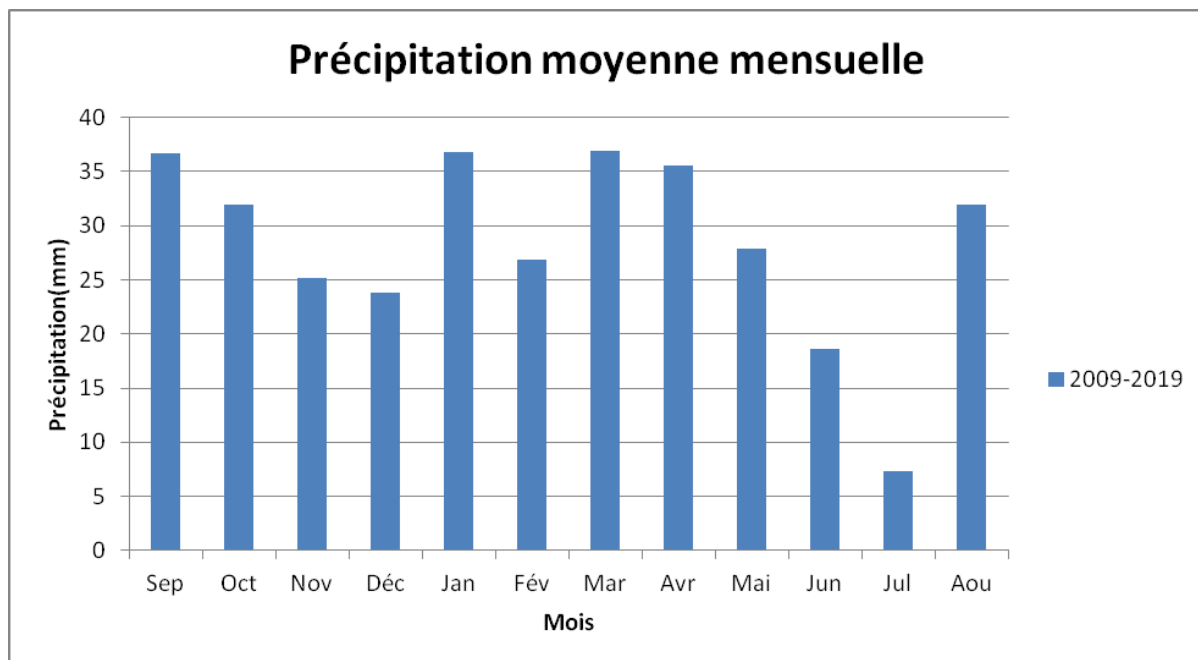


Figure II .2 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien. (A.N.R.H, 1993).

Tableau 02 : Précipitation moyenne mensuelle et annuelle (1998\_2018) en (mm)

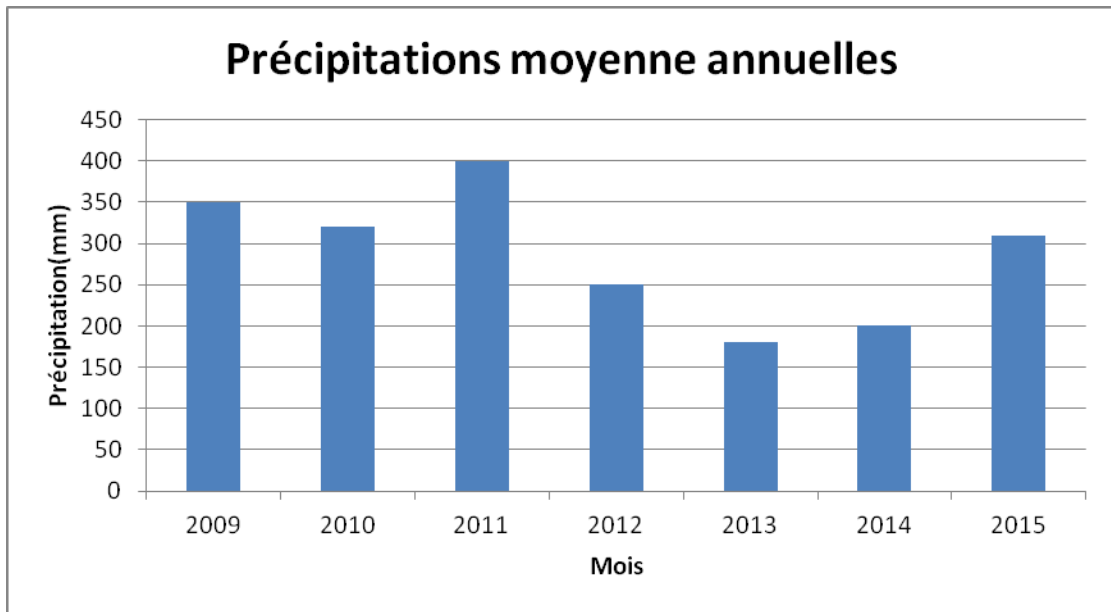
**Salhi Mariama et Ounassi maroua ————— La géologie général de la  
wilaya de kenchela (ville de kais)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Moyenne annuelle
P : (2009-2019)	36,66	31,97	25,13	23,76	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	31,97	28,28
saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
P(mm, %)	Mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%			
	93,76	27,62%	87,42	25,75%	100,33	29,55%	57,94	17,06%					



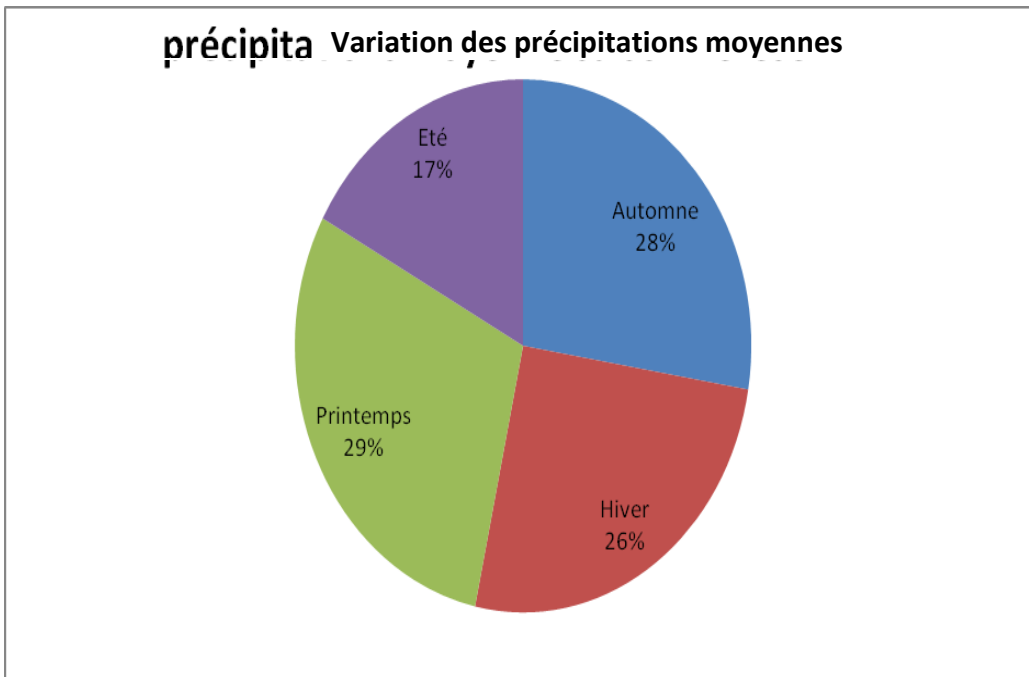
**Figure II.3 : Précipitations moyennes mensuelles de kenchela**

Le mois le plus pluvieux est Mars avec une moyenne mensuelle de 36,89 mm, par contre le mois le plus sec est juillet avec une moyenne mensuelle de 7,33 mm.



**Figure II.4 : Précipitations moyenne annuelles de kenchela**

L'analyse de la figure II.4 montre que l'année la plus humide est 2011, avec une moyenne annuelle de 400 mm alors que l'année la plus sèche est avec une moyenne annuelle de 180 mm.



**Figure II.5 : variation des précipitations moyennes saisonnières.**

La Figure II .5 montre les variations saisonnières des précipitations pendant la période D'étude. On constate deux périodes, la première où les précipitations sont maximales alors que la deuxième où les précipitations sont minimales. La répartition saisonnière des pluies pour cette



**Salhi Mariama et Ounassi maroua ————— La géologie général de la wilaya de kenchela (ville de kais)**

région montre que le maximum est enregistré uniquement pendant le Printemps par contre le minimum est enregistré en Eté.

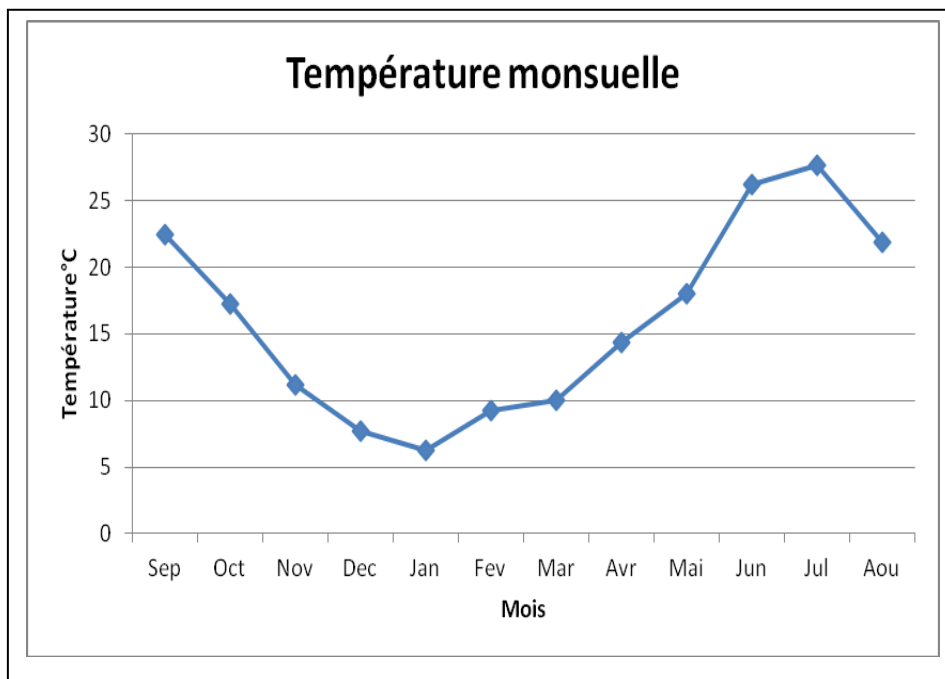
**II.4.2 Température :**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de totalité des espèces de communautés d'être vivant dans la présentation de la zone d'étude.

Les températures moyennes mensuelles durant 10 années (2009 à 2019) sont représentées dans le tableau si dessous

**Tableau 03 :** Températures moyennes mensuelles à la station de d'El Hamma pour la période (2009-2019) en(T°C) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Moyenne annuelle
2009-2019	22,43	17,28	11,20	7,67	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	16,02



**Figure II.6 :** Variation mensuelle des températures à la station de d'El Hamma (2009\_2019)

**Salhi Mariama et Ounassi maroua ————— La géologie général de la wilaya de kenchela (ville de kais)**

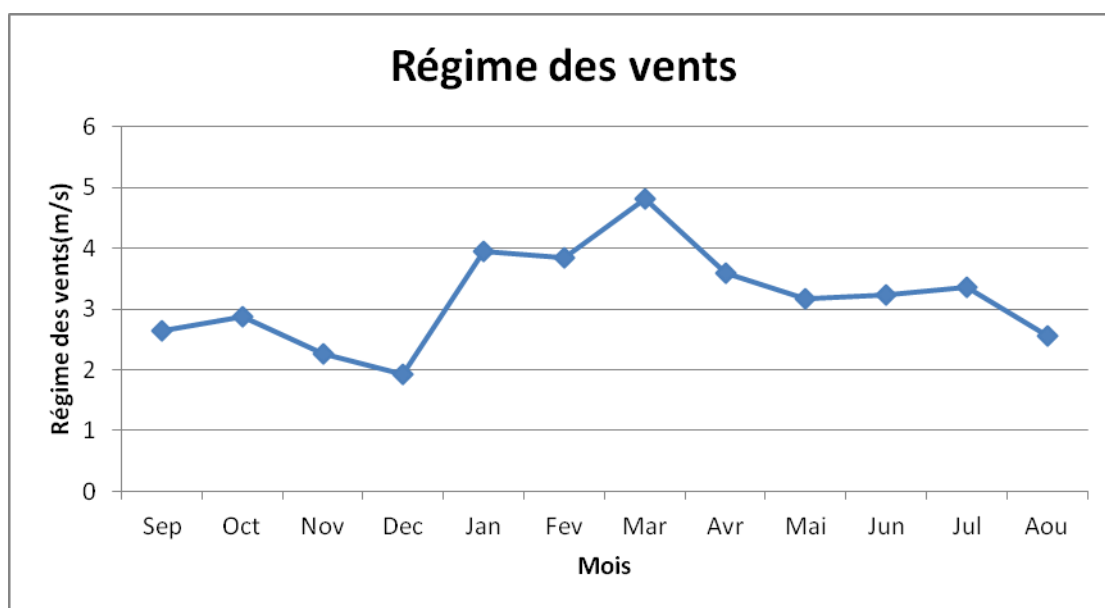
La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (figure) montre que le mois de Janvier le plus froid avec 6,28 °C et le mois de juillet est le plus chaud avec 27,62°C

**II.4.3 Régime de vent :**

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

**Tableau 04 :** Les données climatiques de la vitesse moyenne mensuelles des vents (2009- 2019) en (m /s) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
1998-2018	2,64	2,87	2,27	1,93	3,94	3,84	4,82	3,59	3,17	3,24	3,36	2,56



**Figure II.7 :** Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1998-2018)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région de kenchela est de 3,18 m/s avec un maximum au mois de Mars et un minimum au moi de décembre 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.5 Etablissement du bilan hydrologique**

Le but principal du bilan hydrologique est de comptabiliser les apports et les pertes en eau d'un bassin versant, autrement dit de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations. Pour

établir le bilan hydrologique, nous avons utilisé les données des précipitations mesurées dans la station de Babar sur une période de (1969 à 2015).

L'équation générale du bilan au niveau d'un bassin versant s'écrit de la manière suivante :  $P$  (mm)  
 $= Ex$  (mm) +  $ETR$  (mm)

Avec

$$Ex = I + R \pm V$$

Où

$P$  : précipitation moyenne annuelle (mm);  $Ex$  : excédent moyen annuel (mm);

$ETR$  : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm);  $I$  : infiltration (mm);

$R$  : ruissellement (mm);

$V$  : variation de la réserve, généralement très faible.

## **II.6 Analyse des différents éléments du bilan**

### **II.6.1 L'évapotranspiration**

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal.

### **II.6.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)**

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise une méthode basée sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. De ce fait, on a jugé bon d'utiliser la méthode de Thornthwaite, pour faire sortir le maximum de paramètres. Cette méthode exprime le pouvoir évaporant au maximum de l'atmosphère au sol en fonction de la latitude, plus exactement de la durée théorique de l'insolation dans la région. Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle. La formule de cette méthode est la suivante :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a * k \text{ , (en mm).}$$

Où:

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T: température moyenne mensuelle du mois considéré en °C a: Coefficient calculé par la formule

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

**Salhi Mariama et Ounassi maroua ————— La géologie général de la  
wilaya de kenchela (ville de kais)**

suivante:

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

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.5}$$

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude.

Les résultats de calcul de l'ETP par cette méthode sont présentés dans le Tableau suivant :

**Tableau 05 : Les résultats de calcul de l'ETP**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jull	Aou	Ann
T(°)	22,43	17,28	11,20	7,67	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	16,02
I	9,50	6,42	3,35	1,89	1,40	2,52	2,85	4,85	6,85	11,98	12,98	9,17	73,76
Etp	102,99	66,10	31,62	16,54	11,82	22,88	26,34	48,07	71,12	134,04	146,71	99,04	
k	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETPr	106,08	64,12	27,2	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	86,06	162,19	180,46	114,89	_864,1 8

### II.6.3 L'évapotranspiration réelle (ETR)

Pour le calcul de l'ETR, nous appliquerons plusieurs méthodes, mais l'ETR s'écarte plus ou moins de l'ETP, selon le climat et la nature des surfaces évaporâtes.

#### II.6.3.1 Méthode de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est fonction des précipitations et des

températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Où:

ETR: Evapotranspiration réelle annuelle en mm. P: Précipitation moyenne annuelle, en mm;

L = 300 + 25 T + 0,05 T<sup>3</sup>: pouvoir évaporant de l'atmosphère; T: Température moyenne annuelle, (en 0C);

### Station d'El Hamma

P = 339,45 mm, T = 16,02 C L = 906,06 ETR = 332,82mm.

#### II.6.3.2 Méthode de Thornthwaite

On peut évaluer l'évapotranspiration réelle par l'établissement du bilan hydrologique selon deux cas.

**A\_** Si P > ETP, alors ETR = ETP

Dans ce cas l'excédent provenant des précipitations est emmagasiné dans le sol pour alimenter la RFU jusqu'à sa saturation. Son surplus sera attribué à l'excédent (water surplus).

**B\_** si P < ETP, alors, ETR = P + R.F.U (toute ou une partie de la R.F.U).

Si R.F.U disponible est insuffisant pour satisfaire l'ETR, alors l'ETR = P, et elle sera inférieur à l'ETP, dans ce cas on aboutira un déficit agricole (Da).

**Tableau06 :** Les différentes valeurs de l'ETR

Méthodes	Elhamma (mm)
Turc	332,82
Thornthwaite	310,92

## II.7 Bilan hydrologique Selon la méthode de C.W. Thornthwaite

Cette méthode fait ressortir quatre paramètres: ETP, ETR, déficit agricole (DA) et l'excédent(EX). A partir de ce dernier paramètre on aboutira au ruissellement et à l'infiltration. Tous ces paramètres, reposent sur l'estimation de la réserve facilement utilisable (RFU).

### II.7.1 Les réserves facilement utilisables (R.F.U)

La RFU est la qualité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique. Richard en 1979 a proposé une formule pour le calcul de la RFU, dans la partie Nord- Est de l'Algérie qui est la suivante:

$$RFU = \frac{1}{3} D_a H_e P$$

Avec :

RFU: réserve facilement utilisable en (mm). Da: densité apparente du sol, (Da = 0,9).

- He: humidité équivalente du sol (capacité de rétention);
- He = 5% pour un sol sablo limoneux
- He= 10% pour un sol limoneux
- He=20% pour un sol argilo limoneux
- Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas.
- He = 20%

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

P = 0.5m. La RFU maximale calculée est égale à 25 mm et la RFU min = 0. L'application de la méthode de Thornthwaite a donné les résultats qui ont été consignés dans le tableau : **Tableau 08**  
: **Le bilan hydrologique à la station de L'HAMMA**

mo	Sep	Oct.	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jull	Aou	An
T°C	22,43	17,28	6,28	9,26	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	15,39
P <sub>mm</sub>	36,66	31,97	25,13	23,76	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	31,97	339,45
Etp <sub>mm</sub>	106,08	64,12	27,2	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	86,08	162,19	180,46	114,89	864,18
p-etp	-69,42	<b>-32,15</b>	<b>-2,07</b>	<b>9,86</b>	<b>26,53</b>	<b>7,39</b>	<b>9,75</b>	<b>-16,81</b>	<b>-58,23</b>	<b>-143,55</b>	<b>-173,13</b>	<b>-82,92</b>	/
RFU <sub>mm</sub>	0	0	0	9,86	25	25	25	8,91	0	0	0	0	/
ETR <sub>mm</sub>	36,66	31,97	25,13	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	36,04	18,64	7,33	31,97	310,92
EX <sub>mm</sub>	0	0	0	0	11,5	7,3	9,7	0	0	0	0	0	28,5
DEF <sub>mm</sub>	69,42	32,15	2,07	0	0	0	0	0	58,21	143,55	173,13	82,92	561,45

## II .7.2Interprétation du bilan d'eau :

L'observation du graphe du bilan hydrologique nous permet de dire qu'il existe deux périodes la première est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois de mai jusqu'au mois de Novembre, avec des valeurs atteignant les 180,46 mm au mois de Juillet, dans cette période les sols sont secs et leur niveau de la réserve hydrique est nul, rendant la nécessité de l'irrigation. La deuxième période est humide qui commence à partir du mois de Décembre où les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de Décembre et Avril. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltrer et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

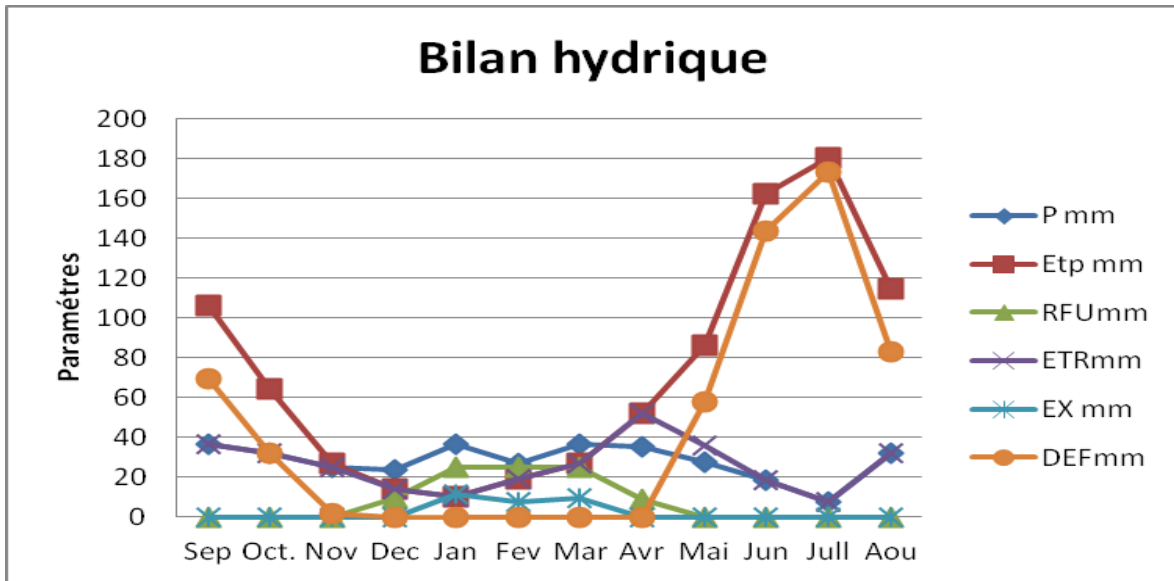


Figure II.8 : Représentation graphique du bilan hydrique

**II.7.3 Ruissellement :**

Le ruissellement est l'écoulement de l'eau sur la surface de la terre, en particulier la surface du sol, par opposition à ce qui y pénètre par infiltration, estimé à partir de la formule de Tixeront-Berkaloff qui est la suivante :

$$R = P^3 / (ETP_c)^2$$

**Application numérique :**

R = 17,45mm

**II.7.4 Infiltration :**

L'infiltration est le passage de l'eau à la surface du sol et s'exprime par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I \quad \longrightarrow \quad I = P - (ETR + R)$$

Application numérique:

I = 11,08 mm

## **II.8 Conclusion :**

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride, elle est caractérisée par un hiver froid et un printemps pluvieux et un été chaud et sec.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 10 ans (2009–2019), sont estimées à 339,45mm, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, le premier est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai, et le deuxième est sec, qui s'étale sur les mois de Juin et Aout, L'évapotranspiration réelle est estimée 310,92 mm.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 6 ,78 °C et 27 ,62 °C, avec une moyenne annuelle de 16,02 °C .Le mois de juillet étant le plus chaud, et janvier le plus froid.

Le ruissellement ne représente que 17,45mm des précipitations.

L'infiltration est estimée à 11,08mm Cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.

Le déficit agricole estimé est de 561,45 mm étalé sur la période allant de mai jusqu'à novembre.

Notons que le bilan hydrologique est déficitaire.

La chimie des eaux est influencée par la répartition des précipitations et des températures par dilution pendant la période pluvieuse et concentration lors de l'évaporation durant la période sèche.