

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABBES LAGHROUR-KHENCHELA-



Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département : Ecologie et environnement.
Filière : Protection des écosystèmes



Mémoire présenté au Département d'Ecologie et environnement.
Pour l'obtention du diplôme de Master 2

*Etude hydrochimique des eaux du bassin
versant de Kais*

Présenté et soutenu par :

OUCHENE Tarik

RAHAL Mohamed El Amine

Membres des jurys :

Président : RABAH Larbaà MCB

Université de Khenchela

Examinatrice : MEZHOUD Amel MAA

Université de Khenchela

Promotrice: Lakhdari somia MAA

Université de Khenchela

Année Universitaire : 2018/2019

DÉDICACE

A ma très chère mère

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point et remercier
comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et
ta présence à mes côtés a toujours été me source de force pour
affronter les différents obstacles.*

A mon très cher père

Tu as toujours été a mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

*A mes frères et mes sœurs qui ont partagé avec moi tous les moments
d'émotion lors de la réalisation de ce travail.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et a qui je souhaite
plus de succès.*

Merci !

DÉDICACE

*Je remercie tout d'abord mon **Dieu de** m'avoir donné courage,
patience et conscience afin de*

Bien rédiger ce modeste travail je dédie ce travail :

A mon père

*Pour ses encouragements incessants et son soutien moral aux
moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite.
Qu'il trouve dans ce travail la preuve modeste d'une reconnaissance
infinie et d'un profond amour*

A mon adorable mère

*qui est toujours présent à côté de moi, merci Mam pour tes sacrifices
afin que tes enfants grandissent et prospèrent. Que dieu te protège et
te donne santé et je te serai reconnaissante toute ma vie.*

A mes chers frères KHALIL et AYMEN

*pour leur soutien moral et leur encouragement incessant pendant
ce travail, et pour leur gentillesse et confiance*

*A mon ami TAREK qui m'a aidé et supporté dans les moments
difficiles*

Sans oublier mes chers amis

Merci à tout

REMERCIEMENT

Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir accordé volonté et patience dans l'accomplissement de ce travail.

Après :

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier :

A Mm LAKHDARI Soumia, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous diriger, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

A Mr RABAH Larbaa pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury de notre mémoire

A Mm MEZHOUD Pour avoir accepté d'examiner ce travail.

A nos chers parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous a toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	A
LISTE DES TABLEAUX	B
LISTE DES CARTES	C
LISTE DES ABREVIATIONS	D
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE I : Etude Géologique

Introduction	2
I.1. Situation géographique	2
I.1.1. Situation géographique de la wilaya de Khenchela	2
I.1.2. Situation géographique de la zone d'étude	3
I.2. Situation administrative	3
I.2.1. Situation administrative de la wilaya de Khenchela	3
I.2.2. Situation administrative de la zone d'étude	5
I.3. Situation démographique	5
I.3.1. La Population	5
I.3.2. Le milieu physique	5
I.3.2.1. Le relief	5
I.3.2.2. Les montagnes	5
I.3.2.3. Les plateaux	5
I.3.2.4. Les plaines	5
I.3.2.5. Les parcours steppiques et les dépressions	6
I.4. Géologie générale	7
I.4.1. Cadre géologique régional	7
I.4.2. Description lithostratigraphique	8
I.4.2.1. Le Trias	8
I.4.2.2. Le Jurassique	8
I.4.2.3. Le Crétacé	8
A. Le Crétacé inférieur	8
B. Le Crétacé supérieur	9
I.4.2.4. Le Miocene	10
I.4.2.5. Le Quaternaire	10
I.4.3. Le Cadre structural et tectonique	10
Conclusion	12

CHAPITRE II : Etude morphologique

Introduction	13
II.1. Etude pédologique.....	13
II.1.1. Les Sol.....	13
II.1.1.1. Les sols salins (Solontchaks)	13
II.1.1.2. Les sols Alluviaux	14
II.1.1.3. Les sols Calcimagnesiques	14
II.1.1.4. Sols Insaturés.....	15
II.2. Etude couvert vegetale	16
II.2.1. La forêt des Béni Imlloul (Mont Chélia).....	16
II.2.2. La forêt des Ouled Yagoub	16
II.2.3. La forêt des Béni Oudjana.....	16
II.2.4. La forêt de Sgag	17
II.2.5. Les prairies	17
II.3. Etude mophometrique :	17
II.3.1. Paramètre géométrique de la zone d'étude	19
II.3.2. L'indice de compacité (kc).....	19
II.3.3. Le rectangle équivalent	20
II.3.4. La courbe hypsométrique.....	20
II.3.5. L'indice de pente	23
II.4. Les paramètres morphométriques	25
II.4.1. Le réseau hydrographique	25
II.4.1.1. Classifications des tracés de thalwegs.....	26
II.4.1.2. Classification de SCHUMM	26
II.4.2. Calcul des paramètres.....	27
II.4.2.1. La densité de drainage	27
II.4.2.2. Coefficient de torrentialité	28
II.4.2.3. Le temps de concentration (TC).....	28
II.4.2.4. Le profil en long	28
II.5. Lithologique et perméabilité	29
II.5.1. Caractéristiques lithologiques	29
II.5.2. La perméabilité.....	30
Conclusion.....	32

CHAPITRE III : Etude Hydroclimatologique

Introduction	33
III.1. Climatologie.....	33
III.1.1. Choix de la station référence	33
III.2. Les facteurs climatiques.....	34
III.2.1. Les précipitations	34
III.2.2. Les températures	36
III.2.3. Le vent.....	37
III.2.4. le neige	38
III.3. Relation température-précipitation	38
III.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS	38
III.3.2. Etage bioclimatique de la pinède selon le Climagramme d'EMBERGER .	39
III.4. Indice climatique.....	42
III.4.1. L'indice de martonne	42
III.4.2. Indice d'aridité	42
III.5. Bilan hydrique.....	43
III.5.1. Evapotranspiration potentielle.....	44
III.5.2. Evapotranspiration réelle (ETR)	47
III.5.3. Interprétation des resultats	47
III.6. Paramètres du bilan hydrologique	50
III.6.1. Ruissellement superficiel	50
III.6.2. Infiltration.....	50
Conclusion.....	51

CHAPITRE IV : Etude hydrochimique

Introduction	51
IV.1. Prélèvement	51
IV.2. Étude des paramètres physico-chimique	51
IV.2.1. Étude des paramètres physiques.....	51
IV.2.1.1. Température	51
IV.2.1.1.1. Carte de température.....	53
IV.2.1.2. Conductivité électrique	54
IV.2.1.2.1. Carte du Conductivité électrique (CE)	55
IV.2.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	56
IV.2.1.3.1. Carte de potentiel d'hydrogène (pH).....	57

IV.2.1.4.	La turbidité	58
IV.2.2.	Étude des paramètres chimiques	59
IV.2.2.1.	Les éléments chimiques.....	59
IV.2.2.1.1.	Les cations	60
IV.2.2.1.2.	Les Anions	67
IV.3.	Les faciès chimiques.....	72
IV.3.1.	Diagramme de Piper.....	72
IV.3.2.	Diagramme de Schoeller-Berkaloff	73
IV.4.	Relations caractéristiques des éléments.....	75
IV.4.1.	Couple Ca^{+2} - Mg^{+2}	75
IV.4.2.	Couple Cl^{-} - Na^{+2}	75
IV.4.3.	Couple Cl^{-} - SO_4^{-2}	76
IV.5.	Analyse en composantes principales	76
IV.5.1.	Statistique descriptive	76
IV.5.2.	Analyse de la matrice des corrélations	77
Conclusion	.....	79
CONCLUSION GENERALE	.....	80
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	.....	83
RESUME	.....	85
ABSTRACT	.....	85
ملخص	.....	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela	2
Figure 2 : La répartition des zones naturelles de la wilaya de Khenchela.....	6
Figure 3 : Délimitation du bassin versant.....	18
Figure 4 : Coupe transversale d'un bassin versant.....	18
Figure 5 : Rectangle équivalent du bassin versant Oued Kais	21
Figure 6 : Courbe hypsométrique du bassin versant Oued Kais.....	22
Figure 7 : Profil en Long d'oued KAIS	29
Figure 8 : Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 10ans (1994-2013).	35
Figure 9 : Précipitation moyenne annuelle pour une période de 10 ans (2008/2018).	35
Figure 10 : Température moyenne mensuelle pour une période de 10 ans (2008/2018).	36
Figure 11 : la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 10 ans (2008/2018)	38
Figure 12 : Diagramme Ombrothèrmique de la station d'ElHamma(2008/2018)	39
Figure 13 : Etage bioclimatique de la Wilaya de Khenchela	41
Figure 14 : Le complexe hydrique (sol-plante-climat).....	43
Figure 15 : processus de l'évapotranspiration	44
Figure 16 : Evaporation et Evapotranspiration potentielle et réelle	45
Figure 17 : Le Diagramme Pluvio-thermique (2008-2018)	49
Figure 18 : représentation graphique de la température	52
Figure 19 : représentation graphique de la conductivité électrique.....	54
Figure 20 : représentation graphique de pH	56
Figure 21 : représentation graphique de Turbidité	58
Figure 22 : Histogramme des variations de la teneur en Ca ⁺² (Mai 2019)	60
Figure 23 : Histogramme des variations de la teneur en Mg ⁺²	62
Figure 24 : Histogramme des variations de la teneur en K ⁺	64
Figure 25 : Histogramme des variations de la teneur en (Na ⁺⁺)	66
Figure 26 : Histogramme des variations de la teneur en (Cl ⁻).....	67
Figure 27 : Histogramme des variations de la teneur en (SO ₄ ⁻²)	69
Figure 28 : Histogramme des variations de la teneur en HCO ₃ ⁻	70
Figure 29 : Histogramme des variations de la teneur en NO ₃ ⁻	71
Figure 30 : Diagramme de Piper pour les eaux du bassin de Oued Kais.	73
Figure 31 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff pour les eaux du bassin de Oued Kais	74
Figure 32 : Relation entre le calcium et le magnésium (mg/l)	75
Figure 33 : Relation entre le chlorure et le sodium (mg/l)	75
Figure 34 : Relation entre le chlorure et les sulfates (mg/l)	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Organisation administrative de la wilaya de Khenchela	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2 : Répartition altimétrique du bassin versant OUED KAIS	21
Tableau 3 : resultats de l'indice de pente	24
Tableau 4 : récapitulatif de longueur et du nombre des cours d'eau de différents ordres de la zone d'étude.....	27
Tableau 5 : Estimation du temps de concentration du bassin versant Oued Kais	28
Tableau 6 : Les coordonnées de station météorologique.....	33
Tableau 7 : répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (en mm) dans la station d'El Hamma (2008/2018).....	34
Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'El Hamma(2008/2018)	34
Tableau 9 : Températures moyennes mensuelles à la station d'El Hamma (2008/2018)	36
Tableau 10 : température moyenne Max et Min station d'El Hamma (2008-2018)	37
Tableau 11 : la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la periode de 10 ans (2008/2018).....	37
Tableau 12 : nombre des jours de chute de neige (2018)	38
Tableau 13 : Coefficient de correction K dépend du site considéré et ETP	46
Tableau 14 : Bilan hydrologique moyen (2008-2018) de la station d'El Hmma	49
Tableau 15 : Répartition de précipitation en (mm, %) à la station de Khenchela.	50
Tableau 16 : variation de la température dans le temps au niveau des 9 stations	52
Tableau 17 : Les teneurs des éléments chimiques au niveau des stations	59
Tableau 18 : statistique descriptive	77
Tableau 19 : matrice de corrélation entre les éléments chimiques	78

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Situation administrative de la wilaya de Khenchela.....	4
Carte 2 : Situation administrative de la zone d'étude	5
Carte 3 : cadre géologique de la wilaya de Khenchela.....	7
Carte 4 : Schéma structural simplifié du Nord-Est des Aurès.....	11
Carte 5 : Carte des soles des piémonts Nord-est des Aurès.....	15
Carte 6 : Hypsométries du bassin versant Oued Kais.....	23
Carte 7 : Les pentes du bassin versant Oued Kais.....	25
Carte 8 : Réseau hydrographique du bassin versant Oued Kais	26
Carte 9 : La perméabilité du bassin versant du Oued Kais.....	31
Carte 10 : Carte de la température	53
Carte 11 : Carte du Conductivité électrique (CE)	55
Carte 12 : Carte de potentiel d'hydrogène (pH)	57
Carte 13 : Carte de Calcium (Ca++).....	61
Carte 14 : Carte de Magnésium (Mg++)	63
Carte 15 : Carte de Potassium (K+).....	65
Carte 16 : Carte de Sodium (Na++).....	66
Carte 17 : Carte de Chlorures (Cl-)	68
Carte 18 : Carte de Sulfates (So4-2).....	69
Carte 19 : Carte de Bicarbonate (HCO3--).....	70
Carte 20 : Carte de Nitrates (No3-)	72

LISTE DES ABREVIATIONS

ANGCM : Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier

ANB : Agence Nationale des Barrages

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

CE : Conductivité électrique ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

C/N : Le rapport carbone sur azote

DHWK : La Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Khenchela

DTAWK : Direction du Tourisme et de l'artisanat de la wilaya de khenchela

I : Indice de Martonne

M : moyenne des maximales du mois le plus chaud en degré

m : moyenne des minimales du mois le plus froid en degré

OMS : Organisation mondiale de la santé

P : Précipitation (mm)

PH : Le potentiel hydrogène

Q : Quotient pluviométrique

T : Température ($^{\circ}\text{C}$)

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les micros organismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espèce vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production.

Une eau est polluée naturellement ou sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à toutes utilisations d'où elle présente un danger pour l'environnement.

L'eau de surface englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, ...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Cette composition se trouve également modifiée suite à l'évaporation intense au niveau des plans d'eau libre. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets jetés dans le milieu aquatique et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Ceci rend les eaux rarement potables avant traitement (Degremont, 1989).

Notre travail est rentré dans cette perspective qui sera abordé de la manière suivante :

Dans cette étude nous cherchons de déterminer la qualité physico chimique des eaux du bassin versant Oued Kais

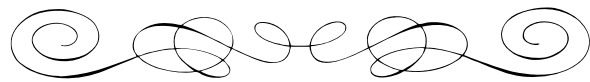
Pour réaliser cette étude nous avons adopté la méthodologie suivante :

Dans le premier chapitre nous avons présentés le cadre géologique de la zone d'étude

Dans 2eme chapitre nous avons étudié les propriétés morphologiques du bassin versant, pour bien comprendre notre milieu d'étude ;

Le troisième chapitre est dédié à l'étude de l'hydroclimatologie

Enfin, l'étude hydrochimique qui a pour but de définir les facies chimiques des eaux du bassin versant, on appréciera également la qualité des eaux de bassin versant Oued Kais du point de vu potabilité et l'aptitude à l'irrigation.



CHAPITRE I : Etude Géologique



Introduction

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 se trouvant dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable).

I.1. Situation géographique

I.1.1. Situation géographique de la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située à l'Est de l'Algérie, au contrefort des monts des Aurès, dans géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de latitude Nord.

La Wilaya 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.

De par, de sa position géographique, la Wilaya de Khenchela est limitée par cinq (05) Wilayas, dont les liens demeurent très étroits dans tous les domaines de l'activité économique et sociale, elle constitue également, un trait d'union non moins appréciable entre le Nord/ Est et le Sud du pays. Elle se trouve ainsi, située aux portes des grandes villes du Sud et non éloignée des villes métropoles du Nord.

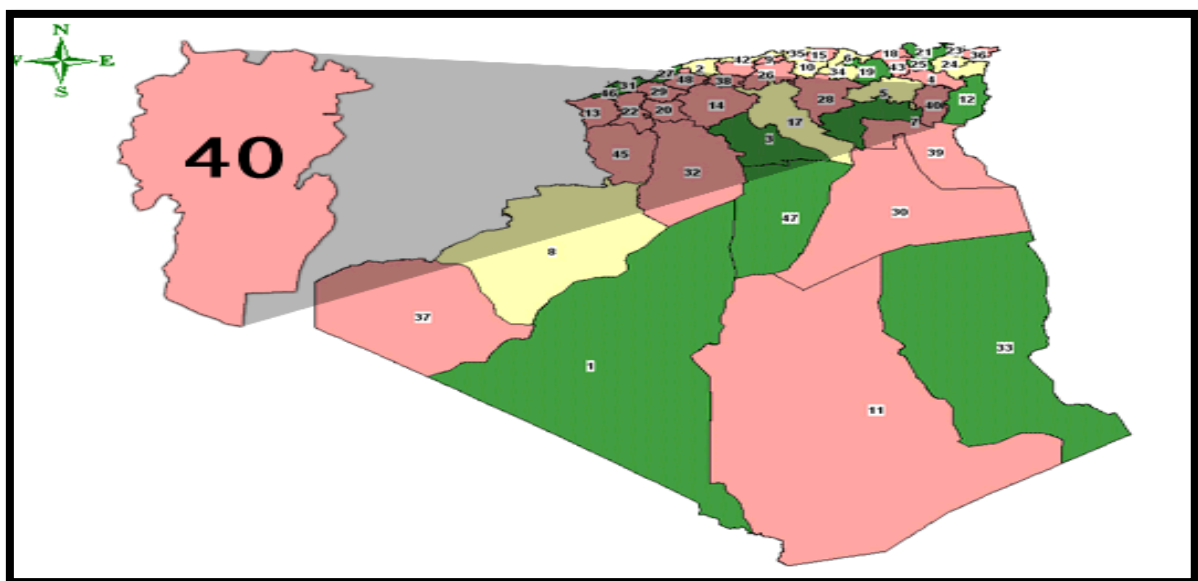


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela

I.1.2. Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve dans la commune de Kais, entre 6,58'et 6,97' Est ede longitude, entre 35,476 et 35,460 à l'extrême nord de la chaîne des Auras, dans l'État de Khenchela, à l'ouest du pays, Kais est la seconde en termes de densité et comprend une vaste zone agricole et la région de Remila avec ses terres fertiles et comprend également la municipalité administrative de Taouziant et Remila et Bouhmama.

I.2. Situation administrative

I.2.1. Situation administrative de la wilaya de Khenchela

La Wilaya de Khenchela est issue de la refonte territoriale de 1984. Elle était rattachéentre1977 et 1984 à trois Wilayas différentes :

- Oum El Bouaghi pour l'ex Daïra de Khenchela ;
- Tébessa pour la Daïra de Chechar ;
- Batna pour la Daïra de Kais.

Tableau 01 : organisation administrative de la wilaya de khenchela

DAIRA	COMMUNE	DAIRA	COMMUNE
Khenchela	Khenchela	Bouhmama	Bouhmama
			Yabous
			Chélia
			M'sara
Kais	Kais	Chechar	Chechar
	Taouziant		Djallal
	Remila		Kheirane
			El Ouldja
Ain-Touila	Ain-Touila	Ouled Rechache	El Mahmel
	M'toussa		Zoui
El Hamma	El Hamma	Babar	Babar
	N'sigha		
	Baghai		
	Tamza		

Actuellement le territoire de la Wilaya est composé de 21 communes regroupées en huit (08) Dairas (dont 05 Dairas créés en 1990) : Khenchela, El-Hamma, N'sigha, Tamza, Baghai, Ain-Touila, M'toussa, Bouhmama, Chélia, M'sara, Yabous, Babar, Chechar, Djelal, Khirein, Ouldja, O. Rachache, Mahmel, Kais, Taouziant, Remila (DHWK, 2012) (Tableau 1) (Carte 1).



Carte 1 : Situation administrative de la wilaya de Khenchela

I.2.2. Situation administrative de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la commune de Kais, comprend également la municipalité administrative de Taouziat, Remila et Bouhmama et Ain Mimoun .

I.3. Situation démographique

I.3.1. La Population

La population totale de la Wilaya est estimée à 414.550 habitants au 31/12/2011 (ANDI,2013).

I.3.2. Le milieu physique

I.3.2.1. 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.3.2.2. Les montagnes

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

Carte 2 : Situation administrative de la zone d'étude

I.3.2.3. Les plateaux

Ils sont situés au Nord-est (plateaux d'Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et d'Ouled Rachache.

I.3.2.4. 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.

I.3.2.5. 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.

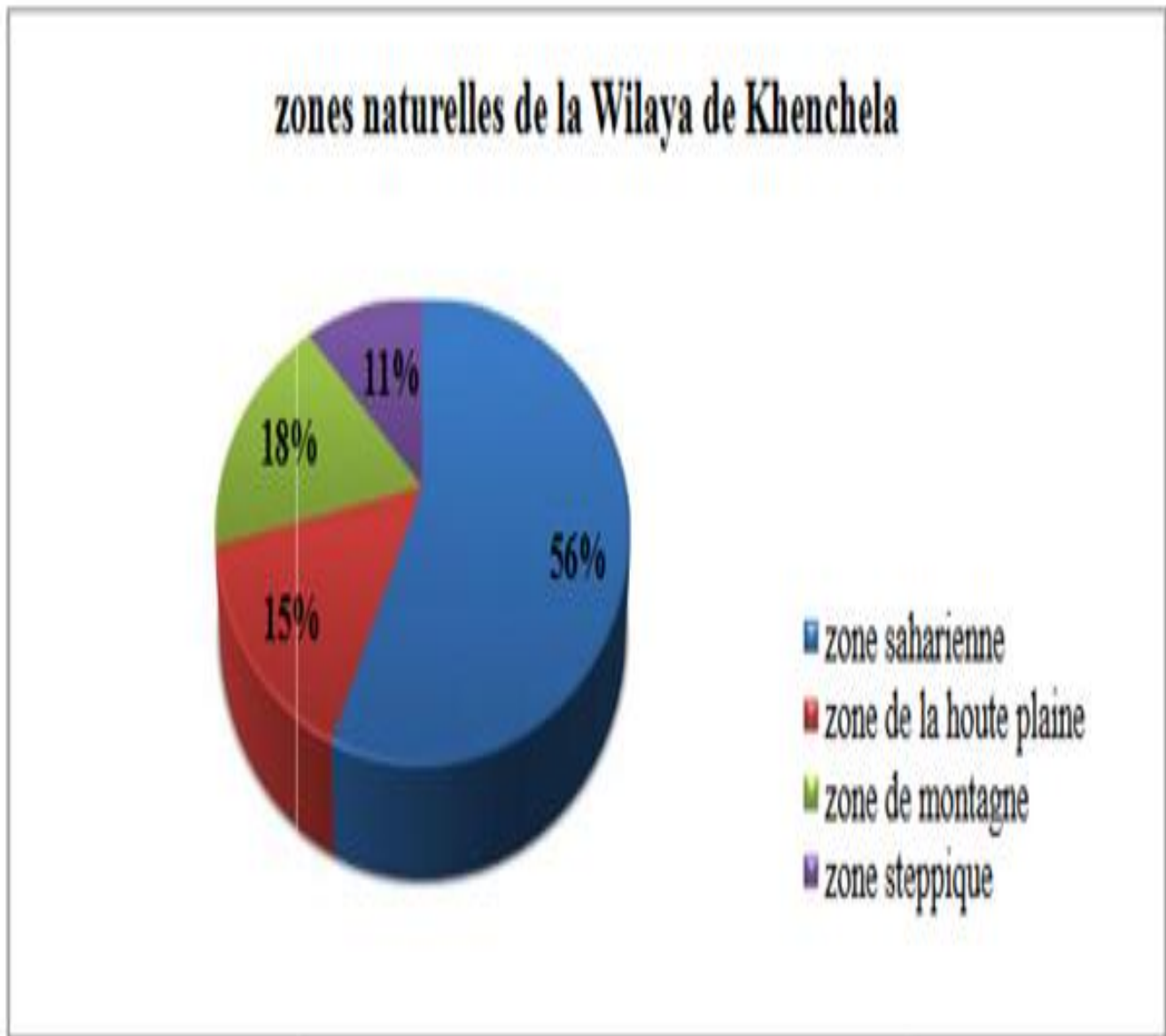
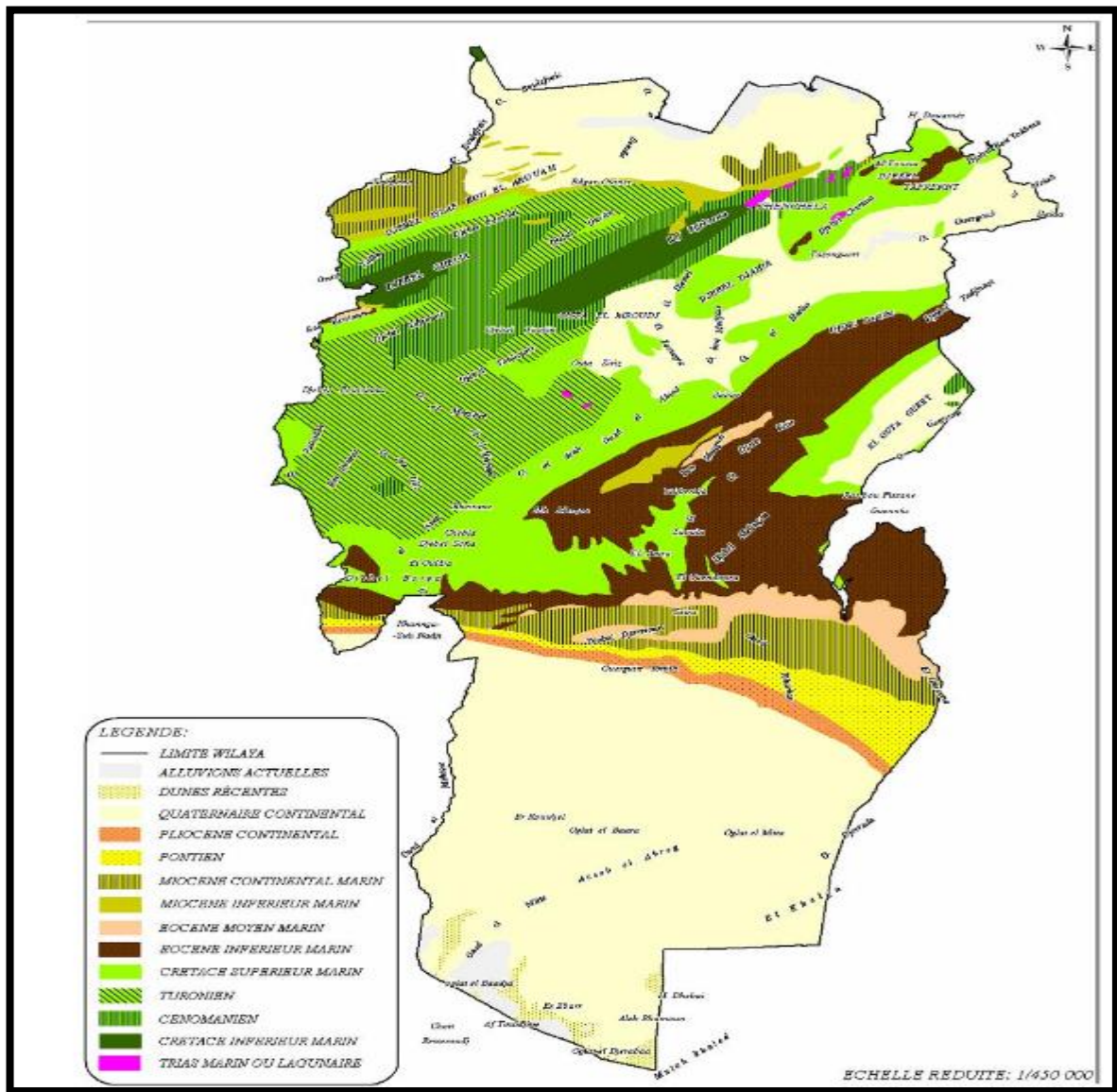


Figure 2 : La répartition des zones naturelles de la wilaya de Khenchela

I.4. Géologie générale

Nos connaissances géologiques sur la région de Khenchela sont largement inspirées des travaux des études régionaux et des synthèses 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, sédiment-logiques et structurales (Laffitte.R)



Carte 3 : cadre géologique de la wilaya de Khenchela

1939), R. Guiraud 1973, J.M. Vila 1977, (B Houha 1996 et 2007 in S. Hassad).

I.4.1. Cadre géologique régional

Les caractères hydrologiques d'un bassin versant sont dans une large mesure influencée par la capacité qu'ont les roches et les sols qui en dérivent d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire. La capacité de stockage que possèdent les nappes phréatiques

conditionne l'importance relative de l'écoulement de base des cours d'eau par rapports à l'écoulement total.

L'étude géologique d'un bassin versant a pour but de déterminer la perméabilité de substratum. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues. Un bassin à substratum imperméable présente une crue plus rapide et plus violente qu'un bassin à substratum perméable soumis à une même averse.

I.4.2. Description lithostratigraphique

I.4.2.1. Le 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.
- Au Djebels El Krouma et Knif avec l'Albien, le Sénonien et le Cénomaniens.

I.4.2.2. Le Jurassique

Il s'agit de marnes, de calcaires marneux et de 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.4.2.3. Le Crétacé

Le crétacé est très développé dans la zone d'étude est présenté par :

Le Crétacé inférieur

- **Le Barrémien**

Apparaît dans l'anticlinal de Khenchela et affleure au Djebel Feraoun, au Djebel Aidel où il présente un faciès quartzeux au Djebel Bazeze et au Djebel Chadgouma. Le Barrémien existe seulement dans cet anticlinal du Chélia et du Djebel Bouarif.

- **n5 bc Aptien**

Affleure dans tous les anticlinaux de l'Aurès il présente une épaisseur de 300 à 400 m et présente un faciès gréseux très fin.

- **n6 Albien de l'anticlinal de Khenchela (marnes, dolomies et grès)**

L'Albien entoure régulièrement l'anticlinal en formant une ceinture plus ou moins continue au-dessus de l'Aptien. Il se présente généralement sous un faciès gréseux à tendance quartzitique.

Le Crétacé supérieur

Existe dans tous les anticlinaux de la zone d'étude et caractérisé par un faciès marno-calcaire et un autre marneux :

- C 1b Cénomaniens moyen : marnes grises et bio micrites.
- C 1C Cénomaniens supérieur : calcaire formant corniche.

- **Le Turonien**

Il apparaît au Sud de l'anticlinal de Chélia avec la forêt de Beni Imlloul. Cet étage est caractérisé par des faciès marneux et calcaro-marneux.

- **Le Coniacien**

Le synclinal du Djebel l'Aurès possède une série coniacienne cette dernière est formée par des marnes grises et marno-calcaire.

- **C4 Santonien**

Le santonien affleure sur le flanc Nord de l'anticlinal du Djebel Chélia et dans le synclinal du Djebel Aurès. Il correspond de marnes gris-bleu et marno-calcaires.

- **C5 Campanien**

Le campanien est très bien visible dans le synclinal du Djebel l'Aurès, et sur le flanc Nord de l'anticlinal du Djebel Chélia.

I.4.2.4. Le Miocene

- **mc Aquitano- Burdigalien : (conglomérats rouges)**

Les couches rouges aquitano-burdigaliennes sont discordantes sur le crétacé. L'épaisseur ne dépasse pas 60 à 80 m.

- **m1 Langhien-Serravalien**

Marnes, biomicrites, biomicrosparites et grès blancs. Cet ensemble complexe repose directement en trans. gression sur le Trias et surtout au Nord du Kef Tifressa et du Ras Serdoun.

- **m3 Tortonien gréseux blanc et grossier**

Cette formation à une puissance d'environ 300 m aisément estimable au Djebel el Kharroub.

- **m3 Tortonien supérieur continental (argiles silteuses)**

Beiges et rouges, grès. Cette formation est, beaucoup plus développée dans le bassin miocène de Timgad.

I.4.2.5. Le Quaternaire

Il représente des alluvions récentes formées le long des oueds (Reboa, Chmorah) des nappes d'éboulis avec une origine calcaire ou gréseuse, focalisées sur les flancs de Djebel Timagoult.

- **Alluvion récente au actuelles**

Ces formations sont limitées aux zones basses, à l'oued Issouel qui aboutit au Barrage de Foug 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.

- **Eboulis à blocs**

Les éboulis sont localisés aux massifs montagneux de l'anticlinal de Khenchela, du Synclinal du Djebel Aurès.

I.4.3. Le Cadre structural et tectonique

La zone de notre étude 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.

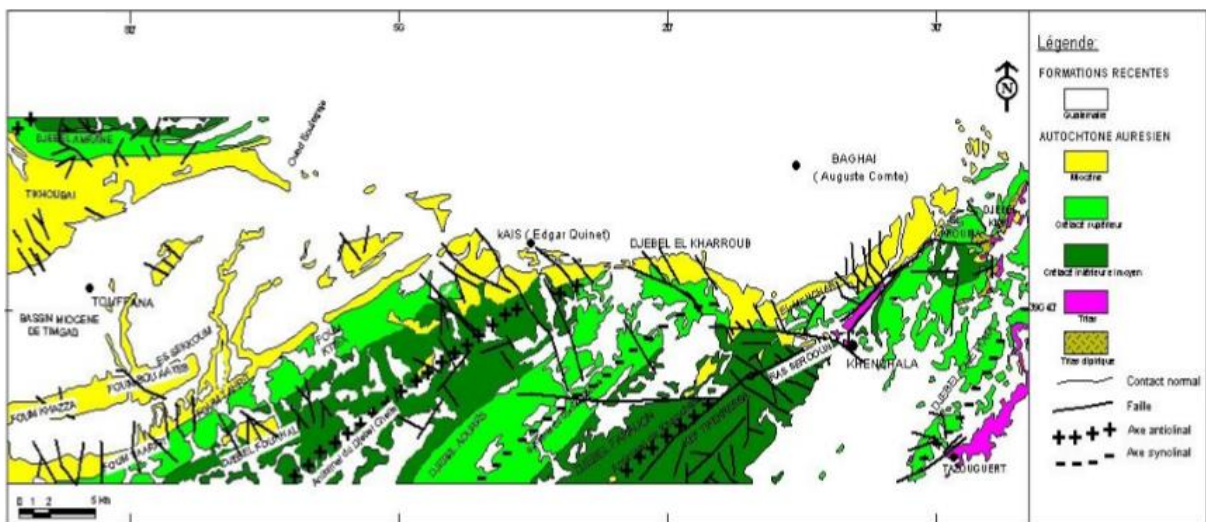
Depuis le Trias jusqu'à l'Actuel, l'Atlas Saharien a subi plusieurs épisodes successifs de subsidence et de soulèvement, en relation avec les mouvements relatifs de plaque tectoniques, ce qui indique un changement dans la dynamique d'écoulement. Cette mobilité tectonique apparait dans les structures 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 Fom El-Gueiss et Koudiat Medouar sont formés à la faveur de failles dont la direction est parallèle à elle 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 calacaines cénomaniens de l'anticlinal du Djebel Chélia.

Dans le Bassin miocène de Timgad s'accablent des formations détritiques,



Carte 4 : Schéma structural simplifié du Nord-Est des Aurès

Alluviales.

Conclusion

Le bassin versant d'Oued Kais situe au nord-est de l'Algérie, Les formations prédominantes sont le crétacé représenté par l'Aptien, l'Albien et le Barrémien

La tectonique de la région d'étude représente Quatre groupes d'accidents disjonctifs, avec des nombreuses cassures.



CHAPITRE II : Etude morphologique



Introduction

La connaissance de la géomorphologie du milieu d'étude a une grande importance pour la compréhension du comportement hydrologique du bassin versant.

II.1. Etude pédologique

II.1.1. Les Sol

Les principales zones forestières de ce piémont sont formées par quatre grands blocs représentés par :

II.1.1.1. Les sols salins (Solontchaks)

Les sols salins sont localisés dans les dépression, occupant ainsi les Sebkhas et les chotts et leur extensions à savoir, Garât-El-Taraf, Chat-El-Maleh, Chatt zahar au Nord de la ville de Khenchela, toute fois d'autres Sebkhat se sont formé au Nord-Est de la ville, ces dépressions sont inondées surtout en hiver lors des fortes pluies.

Ces sols sont soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riche en sels de sodium, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est supérieure à 4 ds/m à 25°C, le sel remonte par ascension capillaire et forme souvent des efflorescences blanches en surface.

Le profil reste peu différencié de type AC, la floculation des argiles conférant à l'horizon a une structure en agrégats, le PH reste inférieur à 8,5.

En fonction de la composition du complexe d'échange, on peut distinguer également les sols salins à complexe calcique avec un taux de sodium échangeable (ESP) < 15% (bonne perméabilité) et les sols salins à complexe sodique.

Ces derniers ont un ESP compris entre 15 et 30 %, malgré l'importance du sodium échangeable, la présence d'une solution fortement concentrée empêche la défloculation des argiles. En effet, les sols salins à complexe sodique sont des sols très instables puisqu'ils peuvent évoluer rapidement vers une alcalinisation sous l'effet d'une dilution de la solution du sol (pluie, irrigation à l'eau douce ou très peu salée) le sol devient compact, peu perméable, l'infiltration et la conductivité hydraulique diminuent, l'eau pénètre moins bien dans le sol et circule moins vite, les plantes sont donc moins approvisionnées en eau et tendent à se flétrir.

Toute fois la présence des croûtes, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres, entraîne une imperméabilisation totale de la surface du sol, l'eau ne peut plus pénétrer.

En plus de l'aspect de surface du sol, les caractéristiques topographiques des terres (plaines et dépression) et l'absence des systèmes de drainage amènent l'eau à s'accumuler surtout en période humide en provoquant l'inondation des terres.(Essai de modelisation de l'écoulement et risques d'inondation dans le piemont Nord-Est des aures approche geosystemique Mehmai fairzouz)

II.1.1.2. Les sols Alluviaux

Ces sols sont observés essentiellement au Nord-Ouest, Nord-Est de la ville de Khenchela entouvrant les extrémités des sebkhas occupant des glacis et terrasses, d'une pente variable entre 2 à 4%, ainsi que dans les terrasses alluviales le long des sebkhas.

Ces sols se localisent généralement dans le lit majeur des oueds où ils sont souvent rajeunis par les dépôts de matériaux neufs en période d'inondation.

Ils sont caractérisés par la présence d'une nappe phréatique, qui circule et n'est donc pas réductrice et qui subit de fortes oscillations.

La perméabilité des sols alluviaux dépend étroitement des caractères des matériaux, de sa granulométrie, ainsi que de la topographie des terres et la profondeur de la nappe.

Sur les berges des oueds, se forme un bourrelet qui retient l'eau de moins en moins renouvelée dans les dépressions latérales ainsi isolées, on observe alors la succession dans l'espace :

- Sols alluviaux gris dans les zones inondées à côté des oueds,
- Sols brun alluviaux sur les bourrelets, et les sols hydromorphes alluviaux dans les dépressions marécageuses.

II.1.1.3. Les sols Calcimagnésiques

- **Sols bruns Calcaires ou Calciques :**

Les sols calcimagnésiques occupent une surface plus importante, ils sont rencontrés dans tout le piémont, dans le versant de Dj Amrane, Dj Mahmel

Ils sont situés sur les glacis à croûte calcaire et encroûtement, selon des profondeurs et occupe la plaine de la wilaya de Khenchela.Des sols évolués sur calcaire marneux

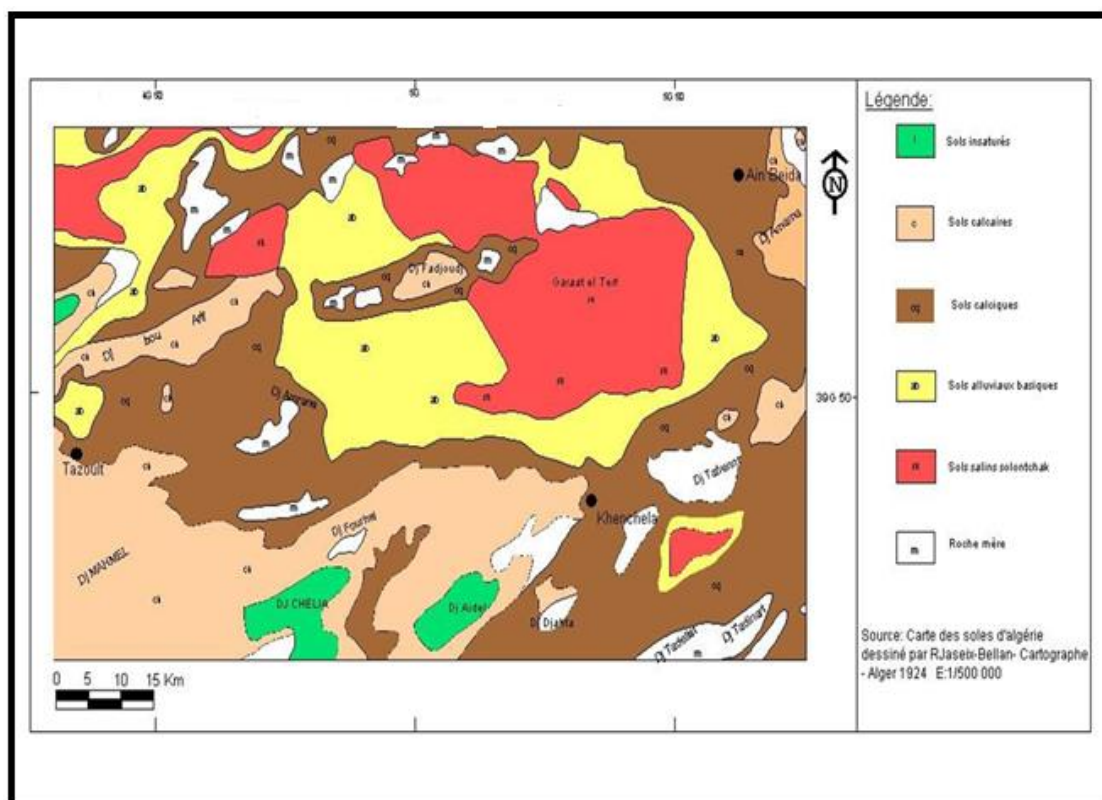
- **Sols carbonatés calciques :**

Sols caractérisés par une texture argileuse, et un taux important en $Ca\ Co_3$, les propriétés physiques sont très variables suivant l'épaisseur et la nature de la terre fine et la quantité de Cailloux que contient le profil.

En effet, les sols situés sur des versants sont éloignés d'un risque d'inondation à cause d'un drainage parfait du aux pentes élevées, toute fois les sols sur glacis ou sur les terrasses sont vulnérables surtout si la texture est argileuse non perméable.

II.1.1.4. Sols Insaturés

Les sols insaturés occupent le sommet des versants de Djebel Chélia et Djebel Aidel, ce sont des sols qui occupent de fortes pentes d'où un drainage parfait et un risque d'inondation très faible.



Carte 5 : Carte des soles des piémonts Nord-est des Aurès

II.2. Etude couvert végétale

La forêt ou plus généralement le couvert végétal, intervient sur le fonctionnement hydrologique du Bassin versant et surtout sur les ressources en eau, les inondations et l'érosion des sols.

Le rôle de la forêt est perçu comme modérateur des écoulements et réducteur des pointes de crue. Inversement la destruction d'une forêt provoque un accroissement annuel de l'écoulement, par diminution de la capacité d'infiltration des eaux dans le sol.

Le potentiel forestier du piémont Nord-Est des Aurès est menacé par une dégradation importante, la végétation généralement sur pâturée, les plaines au nord sont réservées aux céréales extensives, protègent mal le sol.

II.2.1. La forêt des Béni Imlloul (Mont Chélia)

Le montagne Chélia s'étendant sur une superficie de 8.832 hectares, et culmine à 2326 m d'altitude. Il se situe au nord du massif de Béni Imlloul qui est couvert de Cèdre, le Chêne vert, le pin d'Alep, le Sorbier, le Frêne et le Genévrier oxycedre. Dans ce mont chaque espèce représente un étage bioclimatique.

II.2.2. La forêt des Ouled Yagoub

La forêt d'ouled yagoub est l'une des plus importante en Algérie, elle s'étale sur une superficie de 22000 hectares, et constitue une réserve forestière importante dans le massif des Aurès.

Mais actuellement, il en résulte que une grande partie de la forêt se trouve dans un état avancé de dégradation causée par une socialisation profonde (surpâturage, occupation des sols sous forme des surfaces agricoles...etc.) aggravée par une perturbation climatique persistante

La forêt est constituée de plusieurs types d'essences, telles que le Pin d'Alep, le Cèdre de l'Atlas, le Chêne vert, le Génivrier de Phénicie et le Génivrier oxycèdre.

II.2.3. La forêt des Béni Oudjana

Elle est située sur le territoire des douars Taouzient, Yabous, Chélia, Mellagou, de la tribu des Beni Oudjana. Elle renferme 44.000 ha . les altitudes sont très diverses depuis 1000m jusqu'à 2328 m.

La partie nord de cette forêt est bordée par la crête du Chélia, celle de Foughal jusqu'au Ras Termelli. Toutes ses eaux forment le bassin de l'oued Bou El Freiss qui se rend

dans le bassin fermé de la Gueraa el Tarf. Ce massif est peuplé de chênes verts et de Pins d'Alep.

II.2.4. La forêt de Sgag

Elle est située sur le territoire des douars Oued Taga et Bouzina dans la tribu des Ouled Abdi. Elle renferme 15.000 ha.

La partie nord-est de la forêt de Sgag forme le bassin de réception de l'oued Taga qui alimente le bassin fermé de la sebkha Djendeli.

L'altitude varie entre 1200m et 2000 m. les peuplements de cette forêt se composent de 5/10 de Chênes verts, 2/10 de Génévriers, 2/10 de Pin d'Alep. Et 1/10 de vides.

II.2.5. Les prairies

Les prairies qui sont classées avec la couverture forestière du fait de leurs rôles protecteurs des sols en permanence, suit étroitement les vallées alluviales de l'Oued Taga, Reboa et certains affluents. Les parcours et les terrains dénudés occupent les piémonts, les vallées, les dépressions et aussi les massifs montagneux ou les nuances de l'érosion Hydrique sont très nettes.

Au total, les formations végétales assurant une protection médiocre au sol, sont les plus représentées dans le piémont Nord-Est des Aurès, dont le caractère dégradé et discontinué de cette couverture présage d'un écoulement irrégulier et torrentiel et d'une érosion très développée dans la région.

II.3. Etude morphométrique :

Avant d'aborder la problématique du risque d'inondation, il est nécessaire de définir un territoire de travail approprié. Le bassin versant constitue pour cela le meilleur cadre.

- Eléments de base en hydrologie :
- Un territoire géographique bien défini :
- Le bassin versant :

Un bassin versant est un territoire délimité par des frontières naturelles appelées "lignes de partage des eaux" ou "lignes de crête". Chaque bassin versant draine un cours d'eau principal souvent accompagné de plusieurs affluents. Ainsi, chaque goutte de pluie qui tombe sur ce territoire va rejoindre l'oued soit par écoulement de surface, soit par circulation souterraine après infiltration dans le sol.

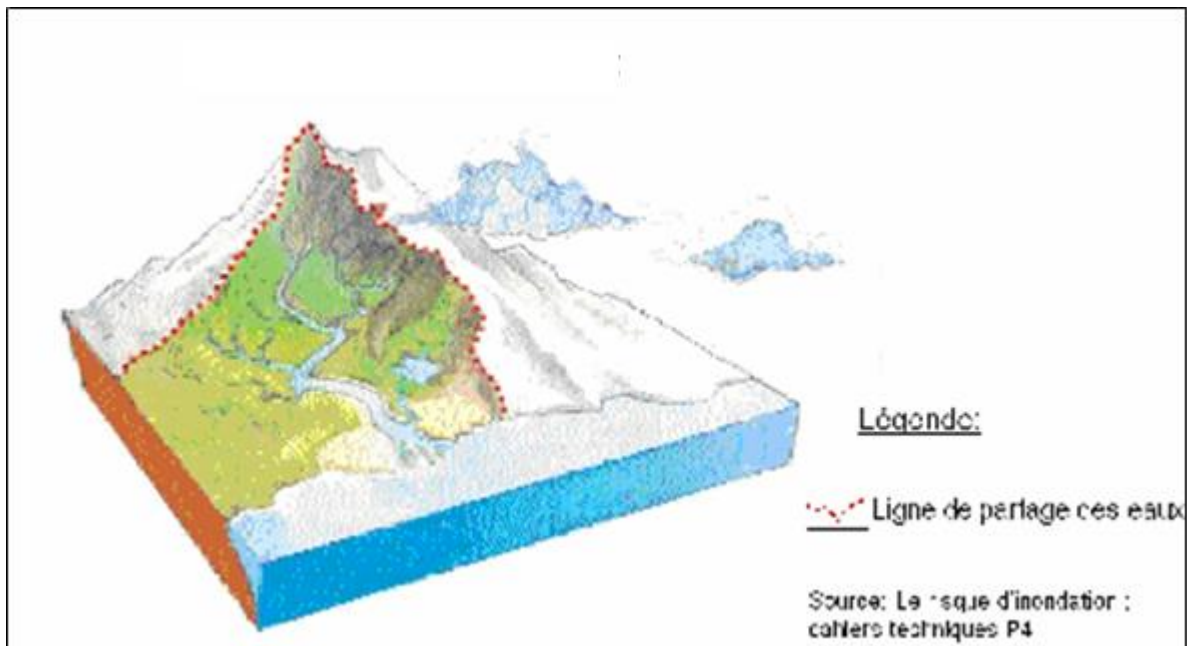


Figure 3 : Délimitation du bassin versant

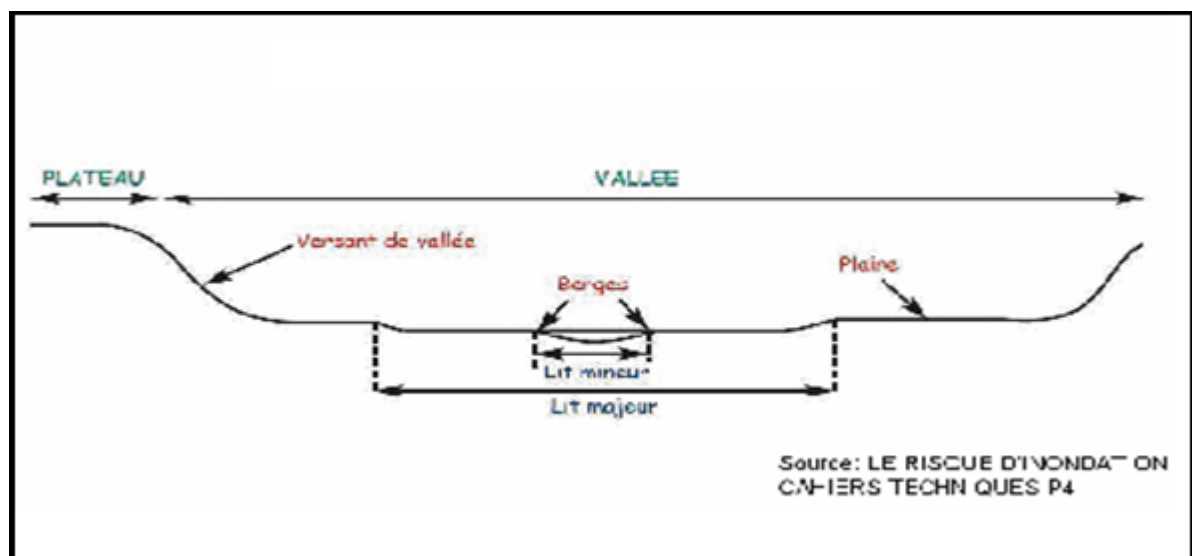


Figure 4 : Coupe transversale d'un bassin versant

Le bassin versant correspond donc à la surface d'alimentation d'un cours d'eau

Ce sont les oueds qui, par le jeu de l'érosion, vont décomposer le bassin versant en plusieurs parties : les plateaux, les vallées et les plaines où l'on distingue les lits mineur et majeur des cours d'eau (Figure n°2).

Le lit mineur est l'espace limité par les berges et parcouru par les débits non débordants. Par opposition, le lit majeur (ou zone d'expansion de crue, ou zone inondable) est

l'espace occupé par les eaux débordantes. Il est défini comme l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue connue (ou crue historique).

Le bassin versant topographique est déterminé par les écoulements de surface. Par conséquent, les frontières de ce bassin versant sont les lignes de partage des eaux.

Cependant, selon la géologie du terrain, il se peut que des eaux, qui en surface semblent rejoindre un bassin versant voisin, s'infiltrent et reviennent alimenter le bassin versant initial (présence de karst ou d'une couche imperméable). On parle alors d'un bassin versant hydrogéologique dont les limites sont les structures géologiques imperméables ou les karsts.

L'hydrologie moderne doit pouvoir analyser correctement les observations issues des différents bassins. Elle doit surtout pouvoir comparer les résultats d'analyses entre bassins, afin de mettre en évidence et d'expliquer aussi les causes de ces variations.

Pour cela les méthodes qualitatives ne suffisent plus à une analyse rigoureuse des causes, qui ne peut ce faire qu'à partir d'une approche quantitative, chiffrée basée sur l'outil mathématique. Cette quantification doit s'effectuer d'une manière homogène, et les paramètres mesurés aboutissent à des méthodes précises et bien définies.

Cette étude porte le bassin versant d'Oued-Kais choisie sur des critères de représentativité à la fois sur le plan physique et sur le niveau de développement humain.

Deux types de paramètres caractérisent le milieu physique, les uns sont géométriques, les autres morphométriques.

II.3.1. Paramètre géométrique de la zone d'étude

La caractérisation géométrique d'un bassin versant peut-être abordée à l'aide de certains indices caractéristiques quantitatifs. Ces indices nécessitent d'abord la connaissance et la mesure de deux paramètres de base indispensables, en l'occurrence, la surface du bassin 18.23 (km²) et son périmètre 20.41(m)

II.3.2. L'indice de compacité (kc)

Le compteur d'un bassin versant enserme une superficie (S), qui a une certaine forme, laquelle va avoir une influence sur l'écoulement global et sur l'allure de l'hydrogramme de crue résultante d'une pluie donnée. Un bassin longiligne ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme arrondie.

La compacité d'un bassin versant influe fortement sur le temps de réponse du bassin versant lors d'une crue c'est-à-dire le temps de concentration de la crue.

$$Kc = \frac{P}{\sqrt{S}} \times 0.28$$

Les valeurs de Kc obtenues montrent que le Bassin versant de Oued Kais sont plutôt allongés.

II.3.3. Le rectangle équivalent

Le rectangle équivalent de M. Roche est défini comme étant le rectangle de longueur (L) et de largeur (l) qui a la même surface (S), même périmètre (P), même indice de compacité (Kc) et même hypsométrie que le bassin versant étudié :

Ce paramètre facilite la comparaison entre les bassins versants du point de vue de leur influence sur l'écoulement

$$l = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right) , \quad L = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right)$$

II.3.4. La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief et représente la répartition des surfaces en fonction de ses altitudes.

Cette courbe est obtenue en portant

- En abscisses, l'altitude considérée
- En ordonnées, la surface partielle du bassin versant pour laquelle chaque point a une cote au moins égale à cette altitude

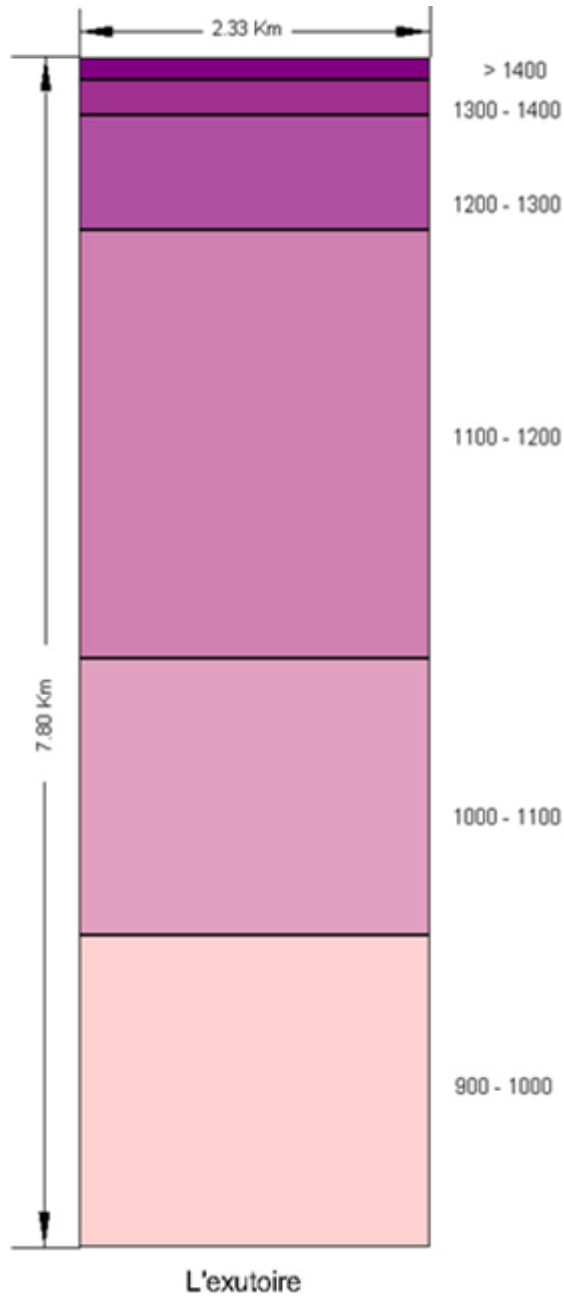


Figure 5 : Rectangle équivalent du bassin versant Oued Kais

L'altitude moyenne est ainsi définie : $H = \frac{H_i \times S_i}{S}$ $H = 1300.30 \text{ m}$

Tableau 1 : Répartition altimétrique du bassin versant OUED KAIS

Elévation	Bornes	Surfaces entre courbes		Surfaces cumulées	
		S_i (km ²)	%	S_i (km ²)	%
1420-1400	1420	0.37	2.02	0.37	2.02
1400-1300	1400	0.65	3.56	1.02	5.58
1300-1200	1300	1.77	9.70	2.79	15.28
1200-1100	1200	6.57	36.03	9.36	51.31
1100-1000	1100	4.17	22.87	15.53	74.18
1000-920	1000	4.7	25.78	18.23	100

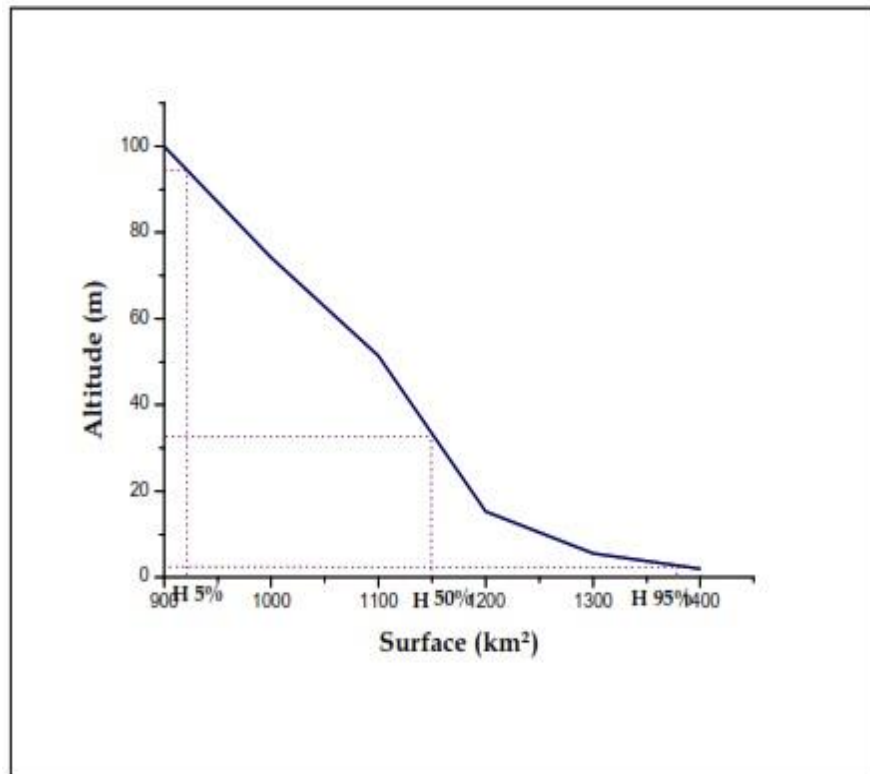
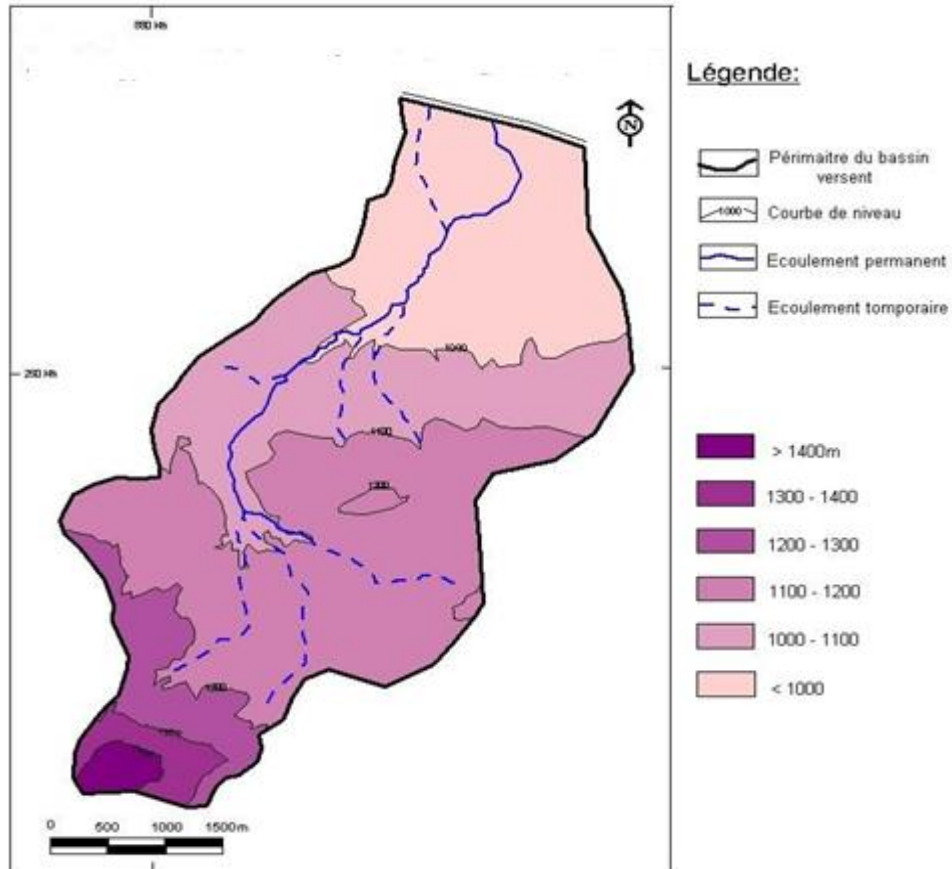


Figure 6 : Courbe hypsométrique du bassin versant Oued Kais

A partir de cette courbe on détermine :

- L'altitude à 95 % de la surface, (H 95) = 910 m
- L'altitude à 5 % de la surface, (H 5) = 1320 m
- L'altitude médiane, (H 50) = 1110 m
- L'altitude moyenne est ainsi définie : $H = \frac{H_i \times S_i}{S}$

$$H = 1100.05 \text{ m}$$



Carte 6 : Hypsométriques du bassin versant Oued Kais

II.3.5. L'indice de pente

Le relief par sa configuration joue un rôle important vis-à-vis de l'aptitude des différents terrains au ruissellement, elle exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue.

- **L'indice de pente de M. ROCHE (ip)**

(IP) est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent et pondérées par la surface.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_i d_i}$$

- **L** : longueur du rectangle équivalent.
- **ai** : facteur de la surface totale comprise entre deux courbes de niveau.
- **di** : en (m) dénivelé entre deux courbes de niveau.

- **L'indice de pente global (I g)**

Sur la courbe hypsométrique on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface, on aura les altitudes H5 et H95 entre lesquelles S'inscrivent 90% de la surface du bassin et la dénivelée $D = H5 - H95$.

- $I g = D L$
- L : la longueur de rectangle équivalent

- **Indice de pente moyenne (I m)**

Le but de cet indice est de caractériser les pentes d'un bassin ce qui permet des comparaisons et des classifications.

C'est le rapport entre la dénivelée totale du bassin versant (D) et la longueur du rectangle équivalent (L) : $I m = \frac{H}{L}$

$H = H_{max} - H_{min}$ L : la longueur de rectangle équivalent

- **Dénivelée spécifique (DS)**

La dénivelée spécifique permet de définir les différents types de relief des bassins versants :

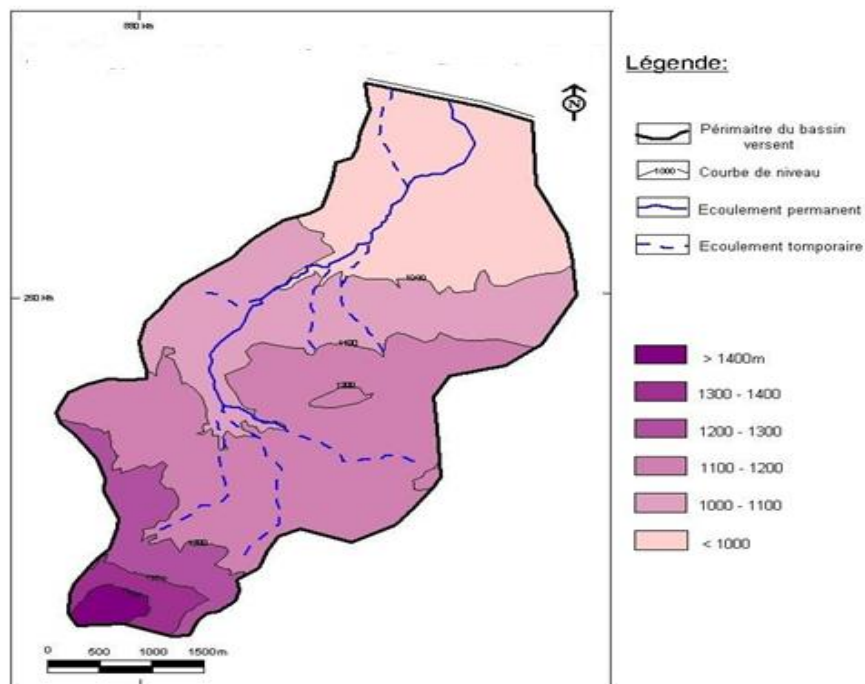
$$DS = I g \sqrt{S}$$

- I g : indice de pente globale.

Tableau 2 : resultats de l'indice de pente

Indice de pente	B.V oued kais
Indice de pente M. ROCHE Ip	3.20
Indice de pente globale Ig (m/Km)	52.56
Indice de pente moyenne Im	64.10
Dénivelée spécifique Ds (m)	224.41

Selon la classification de L'ORSTON, le bassin versant Oued Kais présente un relief assez fort $100 < D_s < 250$ m



Carte 7 : Les pentes du bassin versant Oued Kais

II.4. Les paramètres morphométriques

Les paramètres morphométriques les plus utilisés sont la densité de drainage, et les rapports de confluence.

II.4.1. Le réseau hydrographique

Un réseau hydrographique est constitué par l'ensemble des cours d'eau et peut-être appréhendé de deux façons :

- Par la densité de son drainage (définie par le quotient de la somme des longueurs de tous.
- Les cours d'eau par la superficie du bassin drainé) et par son organisation.
- Le réseau hydrographique est d'autant plus développé et complexe que le terrain est moins perméable, et donc que le ruissellement de surface est plus intense.

Le Bassin Versant d'Oued Kais est caractérisé par un réseau Hydrographique peu développé mais une grande densité de drainage.

L'oued principal prend sa source a Ras Ich Fartatou (H= 1300m), il est formé de la confluence de plusieurs chaâbets qui dérivent des méandres au courbures assez prononcées



Carte 8 : Réseau hydrographique du bassin versant Oued Kais

II.4.1.1. Classifications des tracés de thalwegs

Il existe de manière générale deux méthodes pour classer les chevelus hydrographiques, la classification de Horton et celle de SCHUMM.

II.4.1.2. Classification de SCHUMM

La classification utilisée est celle de SCHUMM, elle définit un ordre des tronçons des talwegs, selon la règle suivante :

- Il est d'ordre $X+1$ tout tronçon de rivière formé la réunion de deux cours d'eau d'ordre X

Tableau 3 : Récapitulatif de longueur et du nombre des cours d'eau de différents ordres de la zone d'étude

Ordre	Nombre (N)	Longueur (Km)
1	99	29.22
2	36	18.44
3	10	12.51
4	1	9.4
Total	146	96,57

II.4.2. Calcul des paramètres

II.4.2.1. La densité de drainage

La densité de drainage est définie pour un bassin donné de superficie S, comme la longueur totale des cours d'eau de tout ordre sur la surface drainée.

$$Dd = \frac{\sum_{x=1}^n Lx}{S} \text{ (Km/Km}^2\text{)}$$

➤ Dd=3.81 Km/Km²

La densité de drainage est généralement élevée (3.81) pour le bassin versant d'OUED KAIS ce qui est la caractéristique des régions semi-aride où les facteurs de couvert végétal, la pente et la lithologie favorisent la dessiccation du relief et l'accentuation du phénomène érosif.

La densité de thalwegs élémentaires, ou fréquence d'Oued élémentaire

$$F_1 = \frac{N_1}{S} \quad F_1 = 5.43$$

- N₁ : nombre de thalwegs d'ordre
- S : surface du bassin versant

II.4.2.2. Coefficient de torrentialité

Le coefficient de torrentialité tient compte de la densité de drainage et de la densité du thalweg élémentaire d'ordre 1. Il est égal au produit de ces derniers :

$$C_t = F_1 \times D_d$$

- $F_1=5.43$
- $D_d=20.70$

II.4.2.3. Le temps de concentration (TC)

Physiquement, il correspond au temps que met la goutte d'eau la plus éloignée de l'exutoire pour parvenir à celui-ci il se mesure de la fin de la pluie efficace à la fin de l'écoulement superficiel.

L'estimation opérationnelle, de ce temps de concentration, ne peut être obtenue qu'à partir de nombreuses formules empiriques, dont nous ne citons ci-après la formule de GIANDOTTI :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5Lp}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Estimation du temps de concentration du bassin versant OUED KAIS		
Superficie du BV: S=	18.23	Km ²
Longueur du talweg principal : L=	10.7	Km
Altitude minimale en aval du talweg principal :	890	m
Altitude moyenne sur le bassin versant : H _{moy} =	1267	m
T _c =	3.74 heures	3 h

Tableau 4 : Estimation du temps de concentration du bassin versant Oued Kais

II.4.2.4. Le profil en long

Avant de parler de profil en long, il semble aisé de définir qu'est le thalweg principal. Cette notion semble facile à avoir sur terrain, mais sur carte on confond toujours la notion de thalweg principal avec le thalweg le plus long et le plus large. Un thalweg est dit principal lorsqu'il s'agit d'un thalweg collecteur de toutes les eaux de ruissellement sur le bassin versant.

Il est obtenu en portant sur graphique en abscisse la distance sont mesuré à partir de l'exutoire en suivant le cours d'eau principal.

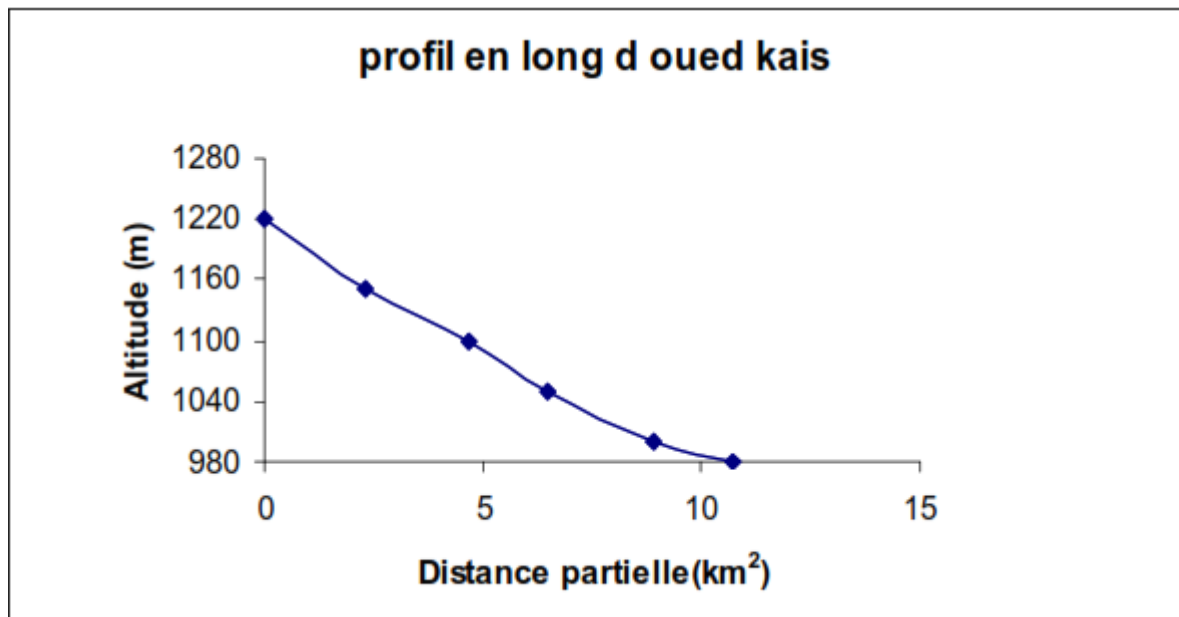


Figure 7 : Profil en Long d'oued KAIS

Le profil longitudinal des principaux affluents, permet d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage, au vu du rôle des pentes des talwegs sur le ruissellement superficiel, et sur la vitesse d'écoulement lors des crues.

Les profils longitudinaux de ces trois cours d'eau se caractérisent par des pentes assez faibles.

La forte déclivité des affluents qui drainent les flancs abrupts des massifs montagneux, accentuent les vitesses de propagation des crues, et favorisent l'érosion fluviale. Ce dernier a le rôle principal dans l'accumulation des matériaux détritiques déposés dans les vallées alluviales.

II.5. Lithologie et perméabilité

II.5.1. Caractéristiques lithologiques

Les descriptions lithologiques qu'on abordera ci-après sont inspirées en grande partie des notices des cartes géologiques au 1/50.000 de Ain El-Ksar, Bouhlilet, Tazoult ; Toffana et Khenchela, nous essayons ici de préciser les caractères lithologiques en vue de déterminer les possibilités de l'écoulement superficiel :

Dans ce bassins le calcaire affleure au Nord–Ouest du bassin dans les montagnes de Kouanana et l’Aurès, disposé de façon longitudinale dans les montagnes de Féraoun, généralement le calcaire occupe la majorité de la surface du bassin.

Les formations du quaternaire, sont constituées par les alluvions récentes formées le long des oueds sur les terrasses, et des colluvions comme sur les glacis souvent encroûtés, bien que leurs épaisseurs soient généralement faibles.

II.5.2. La perméabilité

Pour décrire les principales formations lithologiques et préciser leurs capacités de rétention, il convient de les regrouper en des ensembles lithologiques en tenant compte à la fois de la perméabilité ou de fissures des roches et de leurs extensions.

Ainsi en distingue :

- **Les formations à perméabilité forte (forte capacité de rétention) :**

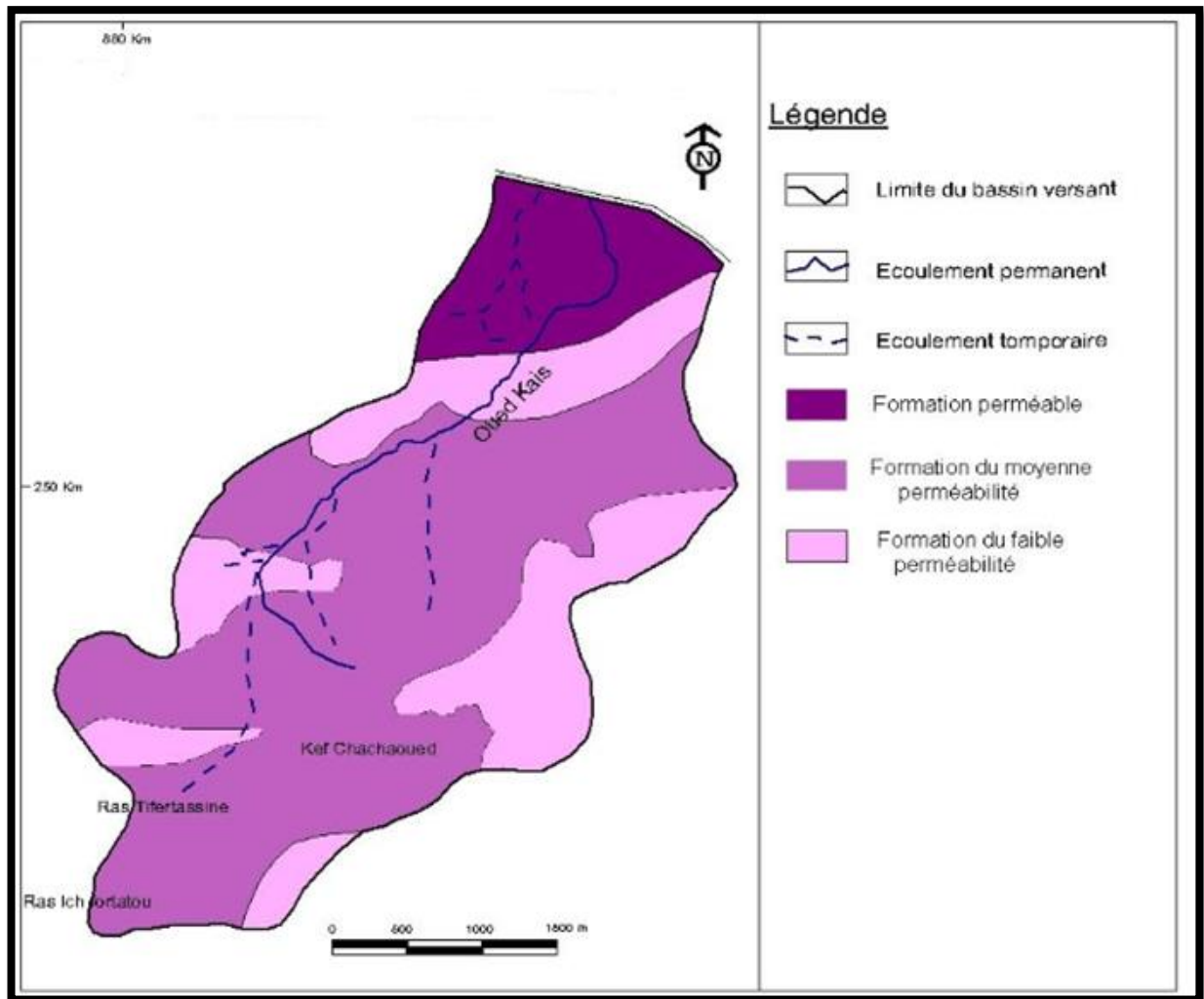
On regroupe sous cette classe les roches réservoirs calcaires (fissuré), les formations quaternaires, leur extension est surtout dans les montagnes de Kouanana et l’Aurès.

- **Les formations à perméabilité moyenne (moyenne capacité de rétention) :**

On regroupe sous cette classe les formations gréseuses les formations marneuses calcaires, des formations occupent la plus grande superficie de la zone d’étude, elles affleurent essentiellement dans les secteurs montagneux.

- **Les formations à perméabilité faible (faible capacité de rétention) :**

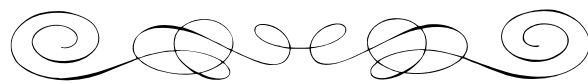
Cet ensemble regroupe le reste des formations dont la nature lithologique est très variée, mais ce sont les séries à dominance argileuse ou marneuse du mio-pliocène, et du crétacé qui sont les plus largement représentées de la surface totale.



Carte 9 : La perméabilité du bassin versant du Oued Kais

Conclusion

Le bassin versant d'Oued Kais est caractérisé par des reliefs, avec une superficie de 18.23 km² et une forme allongé et compact. Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Kais est très développé avec une densité de drainage de 3.81 km/km². Le profil en long des oueds principaux montre que la densité de drainage et la pente des oueds sont très fortes ce qui favorise le ruissellement.



CHAPITRE III : Etude Hydroclimatologique



Introduction

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

Le climat algérien est un climat de transition. Il varie du type méditerranéen dans le Nord au type désertique dans le Sahara. Du fait de son appartenance géographique et bioclimatologiste à la zone aride et semi-aride (Djabaili,1984 et ANAT, 1992), l'Algérie du Nord est soumise à des conditions hydroclimatique défavorables, caractérisées par des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes et une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements (ANAT, 1992).

III.1. Climatologie

III.1.1. Choix de la station référence

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 2008 à 2018 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

Tableau 5 : Les coordonnées de station météorologique

Coordonnées	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observation
D'El Hamma	7°05'E	35°28'N	928.5 m	2008-2018

III.2. Les facteurs climatiques

III.2.1. Les précipitations

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle d'eau. Elles permettent le renouvellement total ou partiel des nappes par le biais des infiltrations et elles conditionnent l'écoulement saisonnier et le régime des cours d'eaux. En général, quatre aspects sont discutés ; Il s'agit du coefficient pluviométrique et des répartitions saisonnières, mensuelles et annuelles.

Tableau 6 : répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (en mm) dans la station d'El Hamma (2008/2018).

Saison	Automne			Hiver			printemps			Eté			Moyenne mensuelle
	sept	Oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	jult	aout	
Pluio m-étrie	50.47	47.96	27.75	27.84	38.96	36.48	48.4	48.45	60.90	22.58	16.63	35.55	468.05
%	26.95			22.06			33.70			15.97			100

- La pluviométrie moyenne annuelle dans ce tableau est de l'ordre de 468.05 mm.
- On observe deux périodes, une pluvieuse s'étendant de septembre jusque mai, une autre sèche de juin à août.
- Mois correspondant aux plus fortes précipitations : Mai 60.90mm.
- Mois correspondant aux plus basses précipitations : Juillet 16.63mm.

Tableau 7 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'El Hamma(2008/2018)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Ma	Juin	Jlt	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
P(mm)	38.96	36.48	48.44	48.45	66.90	22.58	16.63	35.55	50.47	47.96	27.75	27.84

La représentation en histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Hamma montre une hétérogénéité importante des précipitations d'un mois à un

autre, avec une valeur maximale qui atteint **66.90** mm au mois de Mai et un minimum de l'ordre de **16,63** mm au mois de Juillet.

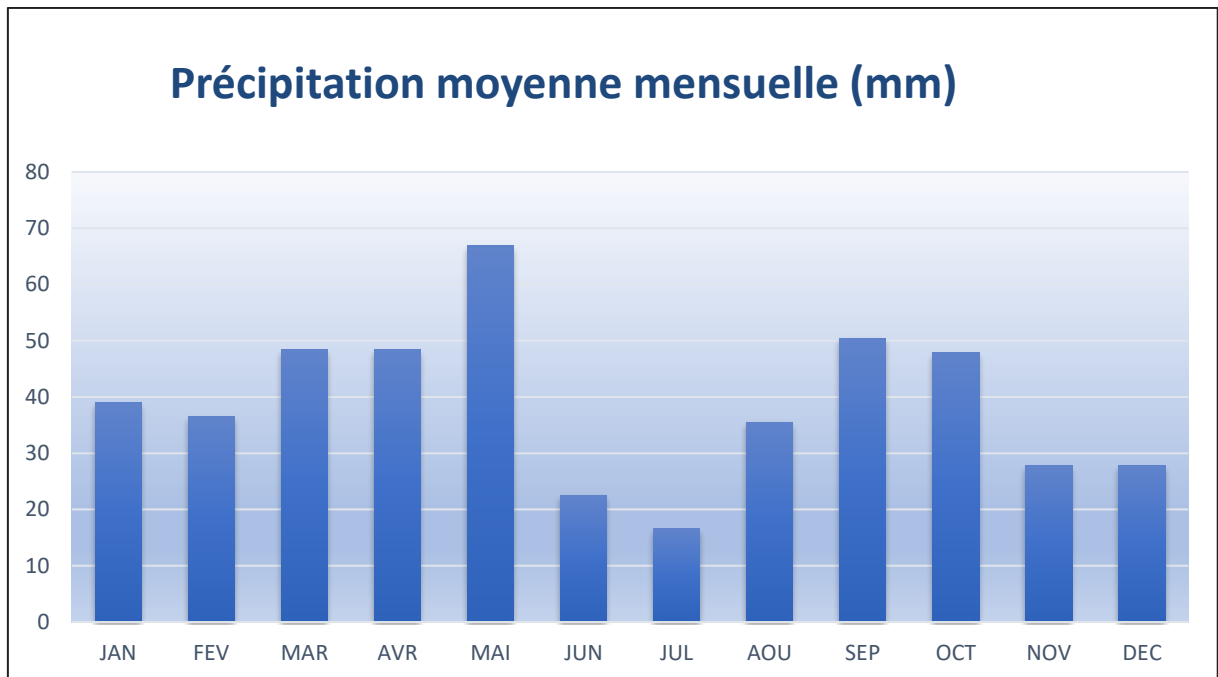


Figure 8 : Précipitation moyenne mensuelle pour une période de 10 ans (1994-2013).

Le mois de Mai est le plus arrosé avec une moyenne de 66.90mm. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de 16.63mm.

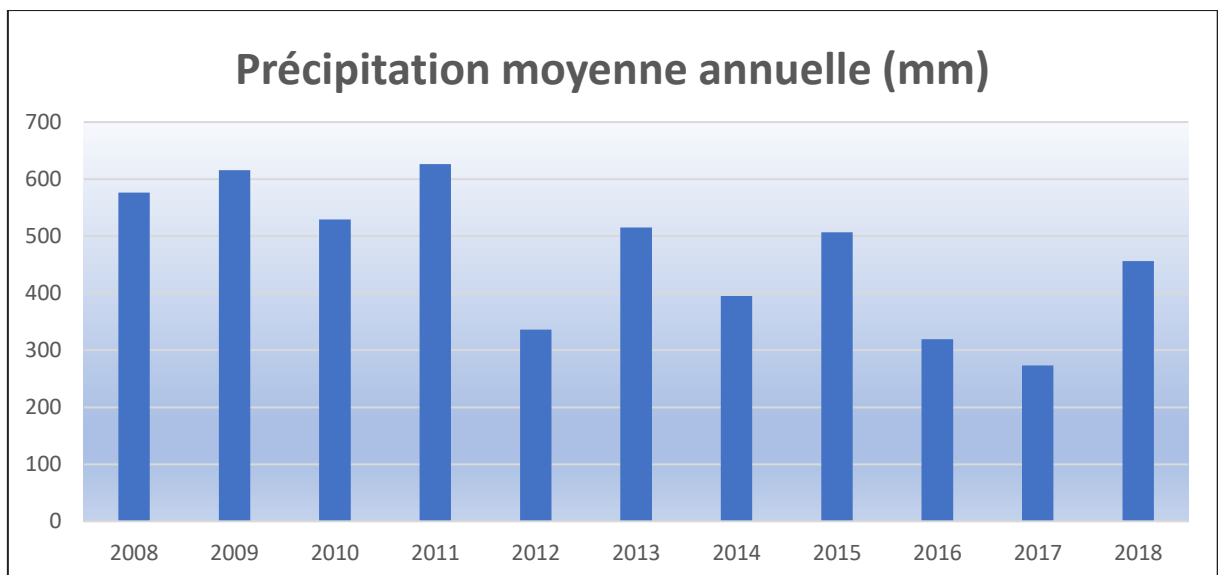


Figure 9 : Précipitation moyenne annuelle pour une période de 10 ans (2008/2018).

L'année la plus pluvieuse étant **2011**, avec une moyenne annuelle de **626.3mm**. L'année **2017** étant la plus sèche avec une moyenne annuelle de **273mm**.

III.2.2. Les températures

La température est un facteur très important dans l'évolution du déficit d'écoulement qui entre dans l'estimation hydrologique, ce paramètre est indispensable à la climatologie, vu son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. Il est généralement admis que la température baisse avec l'altitude, SELTZER (1946) préconise les valeurs suivantes pour la moyenne des minima du mois le plus froid (m) et la moyenne des maximal du mois le plus chaud (M) :

- M = -0.45°C pour 100m d'altitude.
- M = -0.70°C pour 100m d'altitude.

L'analyse des températures est basée sur des observations effectuées au niveau du station suivante : la station D'el Hamma.

Tableau 8 : Températures moyennes mensuelles à la station d'El Hamma (2008/2018)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	7.2	6.8	10,1	18,0	18,0	22,0	27,3	26,0	21,6	16,8	10,8	7,4

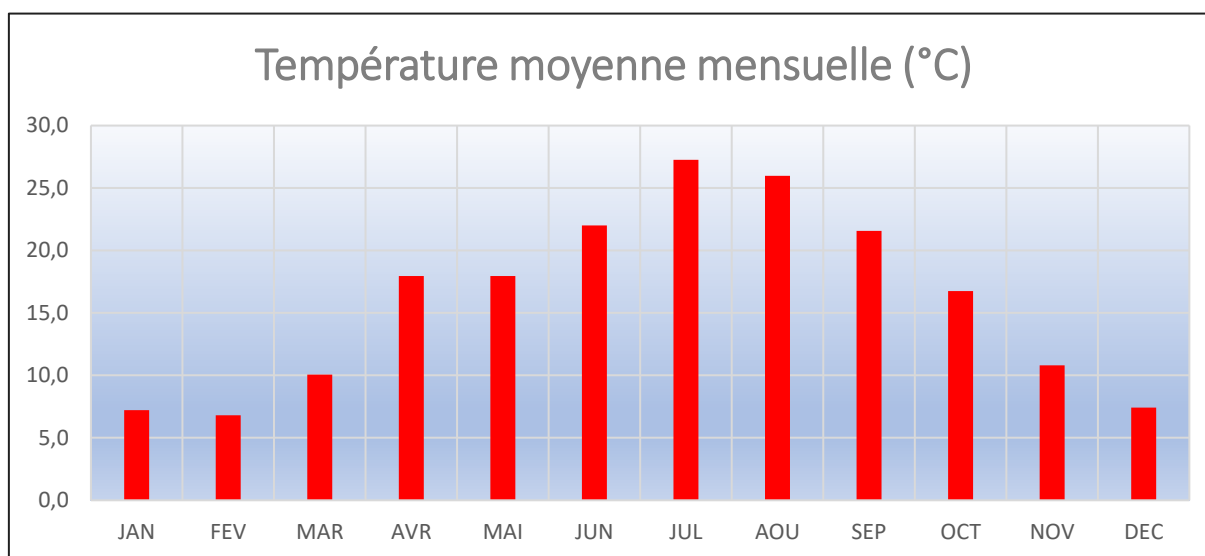


Figure 10 : Température moyenne mensuelle pour une période de 10 ans (2008/2018).

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (Fig. 10) montre que le mois de Février est le mois le plus froid avec **6.8 °C** et le mois de Juillet est le plus chaud avec **27.3 °C**

Tableau 9 : température moyenne Max et Min station d’El Hamma (2008-2018)

Mois	Sep	Oct.	Nov	Déc	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Jlt	Aou	Moye nne
T°Max(C°)	27.9	20.9	16.0	12.5	11.6	11.6	16.0	20.5	24.7	30.6	35.3	33.5	21.8
T°min(C°)	15.4	10.2	6.2	3.0	2.2	2.1	4.9	7.8	11.1	15.1	20.1	18.4	9.7
M+m/2(C°)	21,62	15,5	11,0	7,7	6,89	6,87	10,49	14,13	17,89	22,85	27,7	25,96	15,7
M-m(C°)	12.5	10.7	9.8	9.5	9.4	9.5	11.1	12.7	13.6	15.5	15.2	15.1	

III.2.3. Le vent

Généralement, les vents chargés de pluie soufflent du Nord-Ouest pendant l’automne, l’hiver et une partie du printemps. Le sirocco, vent sec et chaud souffle du Sud avec un maximum de fréquence chute en juillet août et provoque une augmentation notable de la température et une brutale de l’humidité atmosphérique (ABDESSEMED ,1982).

Tableau 10 : la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la periode de 10 ans (2008/2018)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jlt	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Vitesse (m/s)	3.4	3.6	4.2	3.8	3.5	3.1	3	2.7	2.8	2.8	3.2	3.1

Le tableau 11 montre que la vitesse minimale de vent est de 2.7m/s en mois de Aout et maximale 4.2 m/s en mois de Mars.

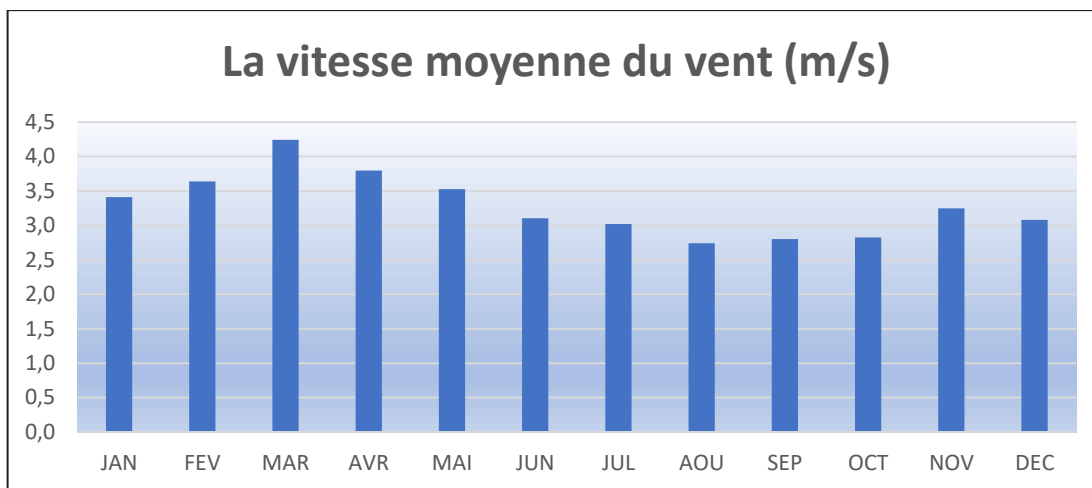


Figure 11 : la vitesse moyenne des vents (m/s) durant la période de 10 ans (2008/2018)

III.2.4. le neige

Tableau 11 : nombre des jours de chute de neige (2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	total
Nbre de Jrs	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	04

Le tableau 12 montre les jours de chute de neige pendant l’année 2018 est 04 jours , répartis comme suit : 02 jours en mois de février et 02 jours en mois de mars .

III.3. Relation température-précipitation

III.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

D’après ce diagramme, on peut déterminer deux périodes bien distinctes :

- Une saison sèche et chaude qui s’étend du début du mois de Juin jusqu’au mois d’Octobre.
- Une saison humide et froide qui s’étale du mois d’Octobre jusqu’au mois de Juin.

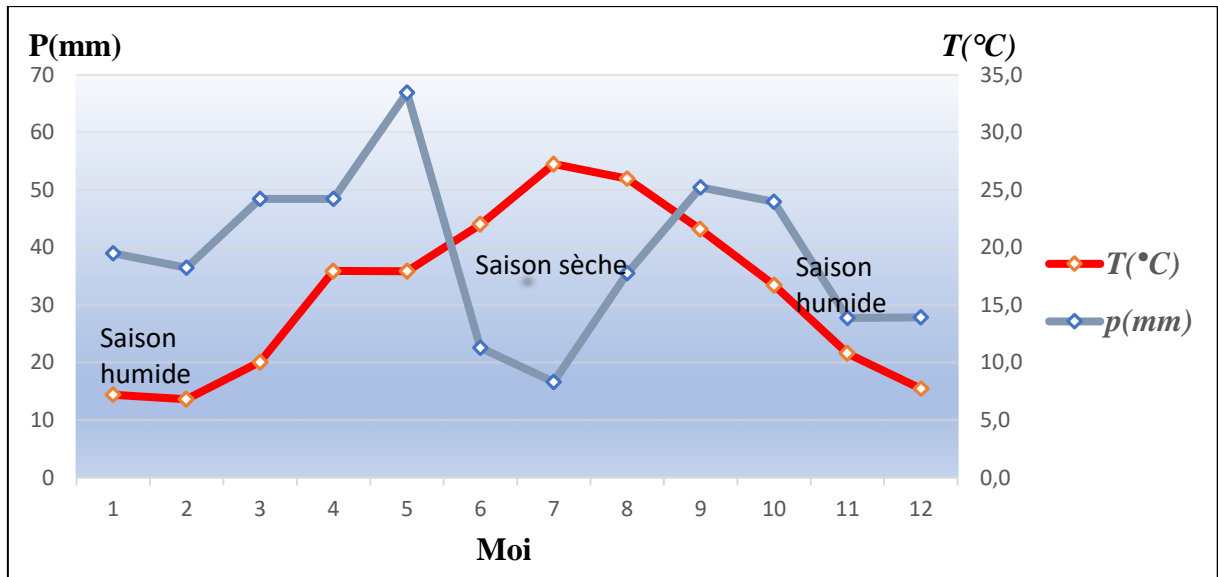


Figure 12 : Diagramme Ombrothèrmique de la station d'ElHamma(2008/2018)

L'analyse du diagramme nous permet de distinguer :

Que la région de kenchela présente une période humide débutant au mois de septembre et qui se termine au mois de mai et une période sèche qui s'étend de début de mois de Mai au début de mois de Septembre.

III.3.2. Etage bioclimatique de la pinède selon le Climagramme d'EMBERGER
(Emberger, 1955) s'exprime comme suit :

$$Q = \frac{P}{2 \left(\frac{M+m}{2} \right) \times (M-m)}$$

Ce quotient a été simplifié par **STEWART en 1969** :

$$Q2 = 3.43 \times \frac{P}{(M-m)}$$

- **P** : pluviométrie en (mm)
- **M** : moyenne des maximums du mois le plus chaud
- **m** : moyenne des minimums du mois le plus froid

(M+m) / 2 : Température moyenne

On a :

- **P=468,05 mm**
- **M= 35.3° C**
- **m = 2.1° C**
- **Donc : Q2 = 48.35**

Avec un **Q2 = 48.35** la wilaya de Khenchela se trouve selon le Climagramme pluviométrique d'Emerger (figure N°13) dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais

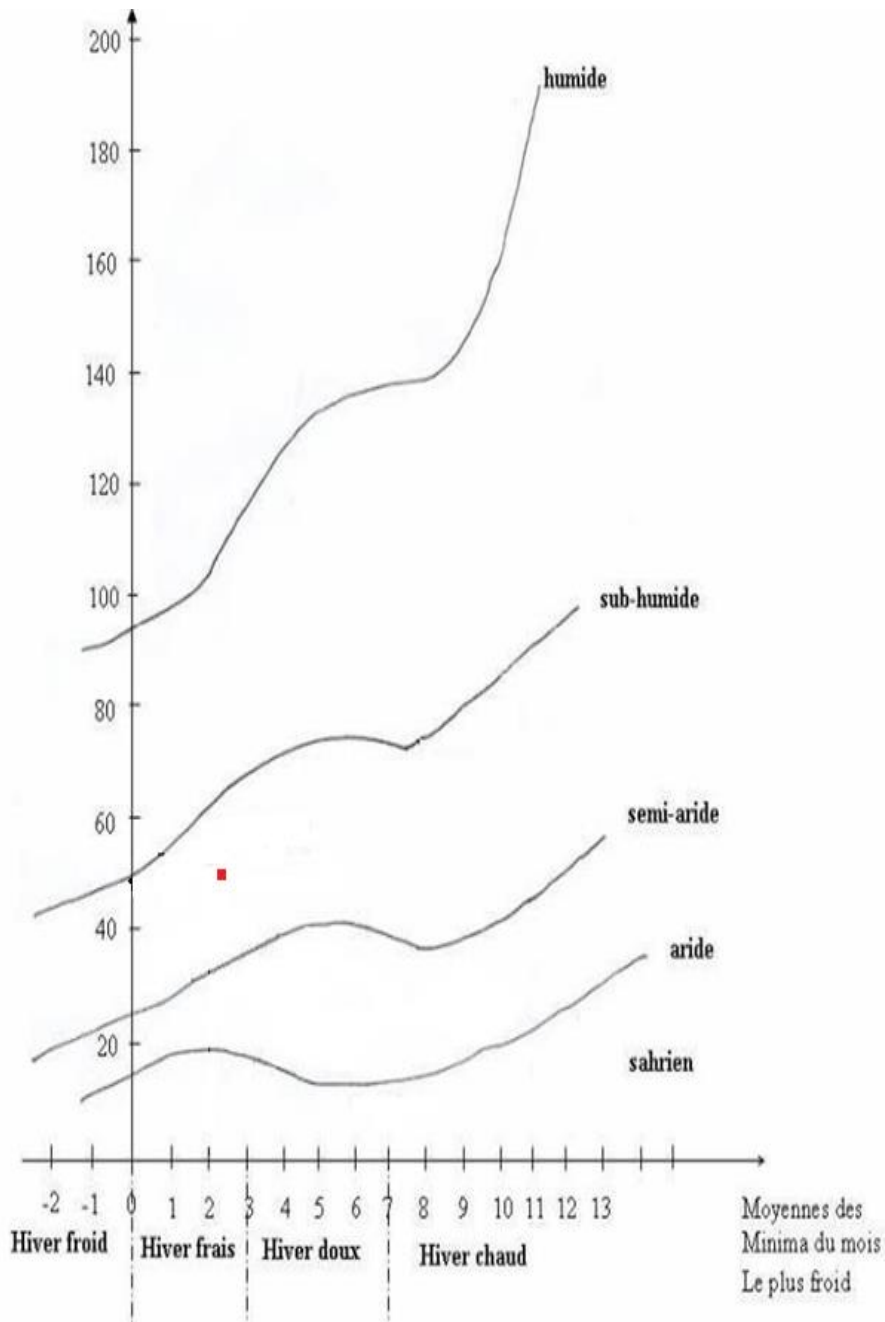


Figure 13 : Climatogramme d'emberger de la Wilaya de Khenchela

III.4. Indice climatique

III.4.1. L'indice de martonne

La pluviométrie annuelle est de **468,05 mm**, Les précipitations atteignent le niveau maximum au mois de Mai avec une moyenne de **66.90 mm**, Le printemps reste alors la période la plus pluvieuse. Au cours de la période estivale, les précipitations diminuent alors qu'en automne, elles sont plus importantes (septembre **50.47 mm**)

Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité.

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région, il est calculé en fonction de la température et la précipitation.

III.4.2. Indice d'aridité

L'indice d'aridité (I) est donné comme suit : $I = \frac{P}{T+10}$

I : indice d'aridité

P : moyenne annuelle pluviométrique

T : moyenne annuelle thermique

$$I = \frac{468.05}{15.62 + 10}$$

➤ **I= 18.26**

Suivant les valeurs de (**I**), **De Martonne** a établi la classification suivante :

I < 5 : climat hyperaride ;

5 < I < 7,5 : climat désertique ;

7,5 < I < 10 : climat steppique ;

10 < I < 20 : climat semi-aride ;

20 < I < 30 : climat tempéré ;

30 < I < 55 : climat humide.

I=18,26 ce qui implique que la zone d'étude bénéficie d'un climat semi-aride.

III.5. Bilan hydrique

Le bilan hydrique est établi pour un bassin versant sur une période donnée par comparaison entre les apports et les pertes en eaux dans ce bassin et pour cette période.

Il tient aussi compte de la composition des réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. les apports d'eau sont effectués par les précipitations.

Les pertes sont essentiellement dues à la composition de l'évaporation et la

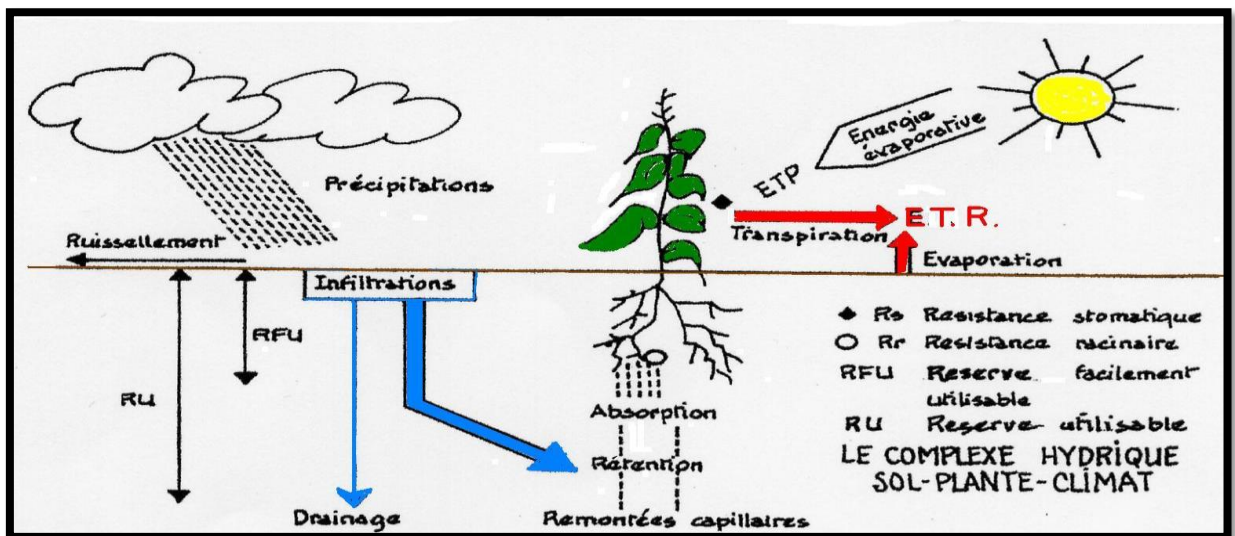


Figure 14 : Le complexe hydrique (sol-plante-climat)

transpiration des plantes, que l'on désigne sous le terme « évapotranspiration ».

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur.

L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. La précision avec laquelle elle est estimée est essentielle pour le calcul du bilan d'eau, du calcul de l'irrigation, de la gestion des ressources hydriques et également pour le dimensionnement des ouvrages d'aménagement.

L'estimation de ce paramètre a été faite à l'aide de la formule de G.W.Thornthwaite.

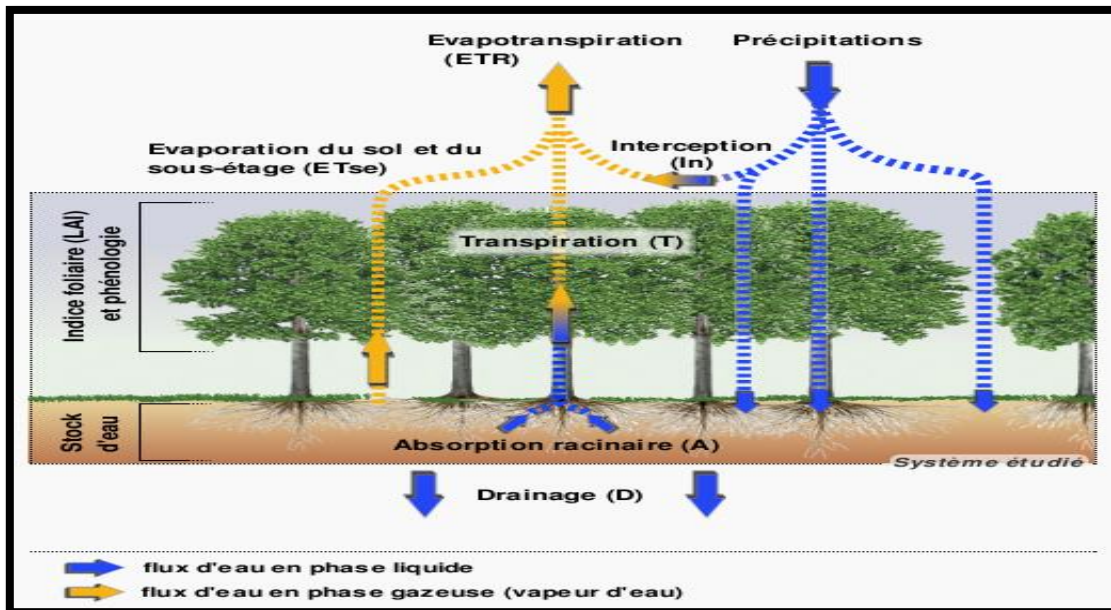


Figure 15 : processus de l'évapotranspiration

III.5.1. Evapotranspiration potentielle

Le terme « évapotranspiration » désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes (Gaume, 2002).

Lorsqu'un couvert végétal étendu et couvrant bien le sol est abondamment pourvu en eau, c'est-à-dire lorsque les végétaux qui le composent peuvent puiser sans restriction dans l'environnement aérien, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale que l'on peut considérer comme l'un des aspects de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ». (Bouchet et Gerbier, 1975, in Musy, 2001).

L'ETP est étroitement liée :

- à la quantité d'énergie apportée à la surface évaporante;
- à l'évacuation de la vapeur d'eau de la surface évaporante;
- à la végétation: couverture du sol, profondeur des racines...;
- au sol: la rétention d'eau (PF), la profondeur, le drainage, l'écoulement et enfin l'ascension capillaire (surtout les propriétés physiques du sol).

Pilgrim et al.1988 rapportent que l'évapotranspiration recycle **80%** des précipitations dans les milieux semi-arides et **95%** en régions arides, elle joue donc un rôle majeur et ne peut pas être négligée sous ce type de climat.

On calcule l'évapotranspiration à l'aide de formules empiriques comme celle de Thornthwaite, de Penman ou de Turc. On distingue l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui est le pouvoir évaporant de l'atmosphère sur un sol avec couvert végétal disposant de l'eau en abondance. L'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la perte en eau d'un sol quand l'eau vient à manquer : l'ETR est fonction de l'ETP et de la quantité d'eau présente dans le sol.

• **Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)**

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. La formule empirique qu'on utilise est : THORNTHWAIT

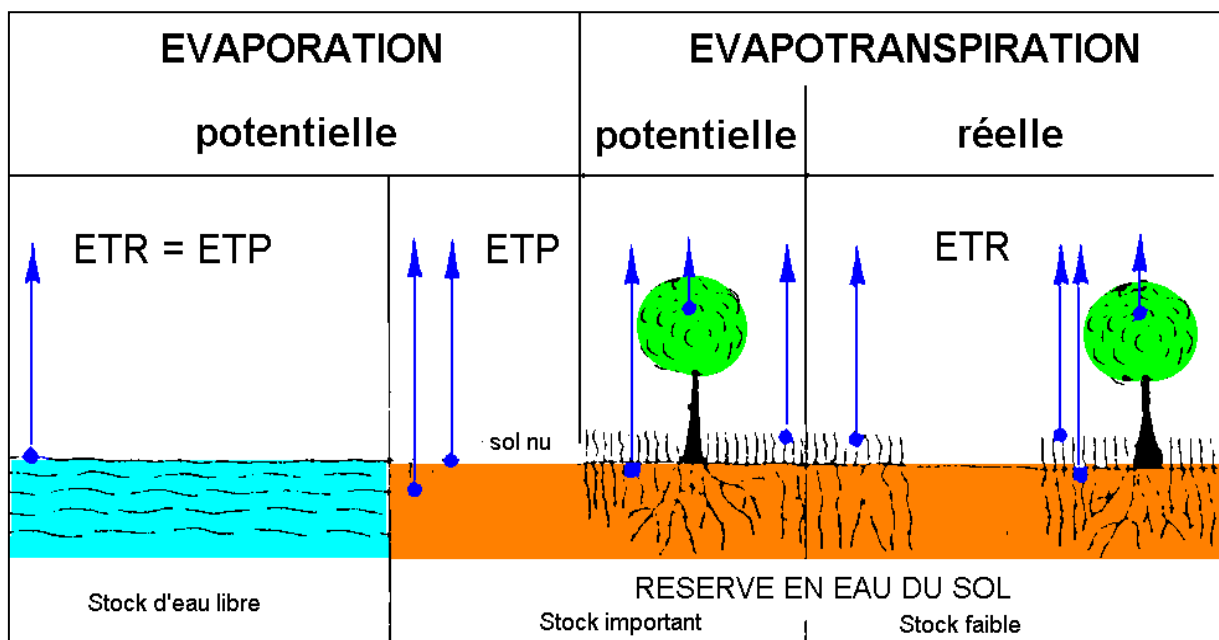


Figure 16 : Evaporation et Evapotranspiration potentielle et réelle

➤ **La formule de THORNTHWAIT**

Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle :

La formule de l'ETP est la suivante:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times K$$

- ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm
- T : température moyenne mensuelle du mois considéré en °C .
- a : Coefficient calculé par la formule suivante .

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

Application numérique

- a=1.68

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

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigées, donc il faut faire le coefficient de correction « **K** » qui dépend de l'altitude, prend en considération la durée d'insolation thermique tirée d'un abaque, notre station se trouve à une altitude de **1063** m.

ETP corrigé=ETP. K

Les résultats obtenus sont : **I = 73.77** **a = 1,68**

Tableau 12 : Coefficient de correction K dépend du site considéré et ETP

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou
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
ETP(mm)	99,95	61,57	26,11	14,53	13,38	11,90	27,75	77,73	86,27	121,52	176,89	153,87

III.5.2. Evapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle c'est la quantité d'eau réellement évaporée. Elle représente la quantité de vapeur d'eau relativement dégagée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux.

Des méthodes peuvent être proposées :

- La méthode de Turc.
- La méthode de Thornthwaite.

On a choisi la méthode de TURC afin de déterminer l'évapotranspiration réelle (ETR)

➤ **Formule de TURC**

C'est la méthode la plus répandue, elle tient compte des précipitations et des températures moyennes annuelles.

$$\text{ETR} = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

- **ETR** : évapotranspiration réelles (mm).
- **P** : précipitation moyenne annuelle en (mm).
- **L** : $300 + 25T + 0.05T^3$
- **T** est la température moyenne annuelle en C°.

Application numérique : L= 913.75, ETR= 396.65mm.

III.5.3. Interprétation des resultats

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Les apports d'eau sont effectués par les précipitations.

Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration des plantes, que l'on désigne sous le terme d'évapotranspiration.

Les deux grandeurs sont évaluées en quantité d'eau par unité de surface, mais elles sont généralement traduites en hauteurs d'eau, l'unité la plus utilisées étant le millimètre. Ces deux grandeurs étant ainsi physiquement homogènes, on peut les comparer en calculant soit

leur différence (Précipitations moins évaporation), soit leur rapport (Précipitations sur évaporation).

Le bilan est évidemment positif lorsque la différence est positive ou que le rapport est supérieur à un. On choisit l'un ou l'autre expression en fonction de commodités ou de diverses. L'écoulement à partir d'une unité de surface sera compté dans les pertes.

L'infiltration est considérée comme une mise en réserve sous forme de nappes souterraines ou d'eau capillaire dans le sol. Les précipitations solides constituent des réserves immédiatement constituées.

Elles ont une durée variable, inter-saisonnière dans le cas des tapis neigeux, inter-saisonnière et interannuelle dans le cas des glaciers, voire inter-séculaire dans le cas de calottes polaires ou des grandes masses de très hautes.

La détermination de l'ETR en fonction de L'ETP et de la quantité d'eau disponible (pluie+RFU)

ETR peut être évalué par l'établissement du bilan comme par l'application de certaines formules empiriques. Ce paramètre peut être calculé d'après G.Thornthwaite en utilisant les conditions suivantes :

1. Si : $P > ETP \rightarrow ETR = ETP \rightarrow RFU = P - ETP$.
2. Si : $P = ETP \rightarrow$ Les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol mais il n'y aura pas de surplus pour alimenter la RFU $\rightarrow [RFU = 0]$.
3. Si : $P < ETP \rightarrow$ il y aura épuisement des réserves, dans ce cas on aura un déficit du bilan

($ETP - ETR$), ou encore ($ETP - P$) qui représentera la quantité d'eau qu'il faudra ajouter à l'ETR pour atteindre l'ETP,

L'application de la méthode de Thornthwaite pour l'année moyenne a donné les résultats qui sont mentionnés dans les tableaux suivants :

Tableau 13 : Bilan hydrologique moyen (2008-2018) de la station d'El Hmma

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	totale
P(mm)	50,47	47,96	27,75	27,84	38,96	36,48	48,44	48,45	66,90	22,58	16,63	35,55	468,05
T(C°)	21,56	16,75	10,80	7,73	7,20	6,81	10,06	17,95	17,95	22,01	27,25	25,97	192,08
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	
ETP(mm)	99,95	61,57	26,11	14,53	13,38	11,90	27,75	77,73	86,27	121,52	176,89	153,87	871,52
P-ETP(mm)	-49,47	-13,60	1,63	13,31	25,58	24,57	20,68	-29,27	-19,36	-98,94	-160,26	-118,32	
RFU(mm)	0	0	1,63	25	25	25	4,31	0	0	0	0	0	80,95
ETR(mm)	50,47	47,96	29,39	52,84	63,96	61,48	52,75	48,45	66,90	22,58	16,63	35,55	549,00

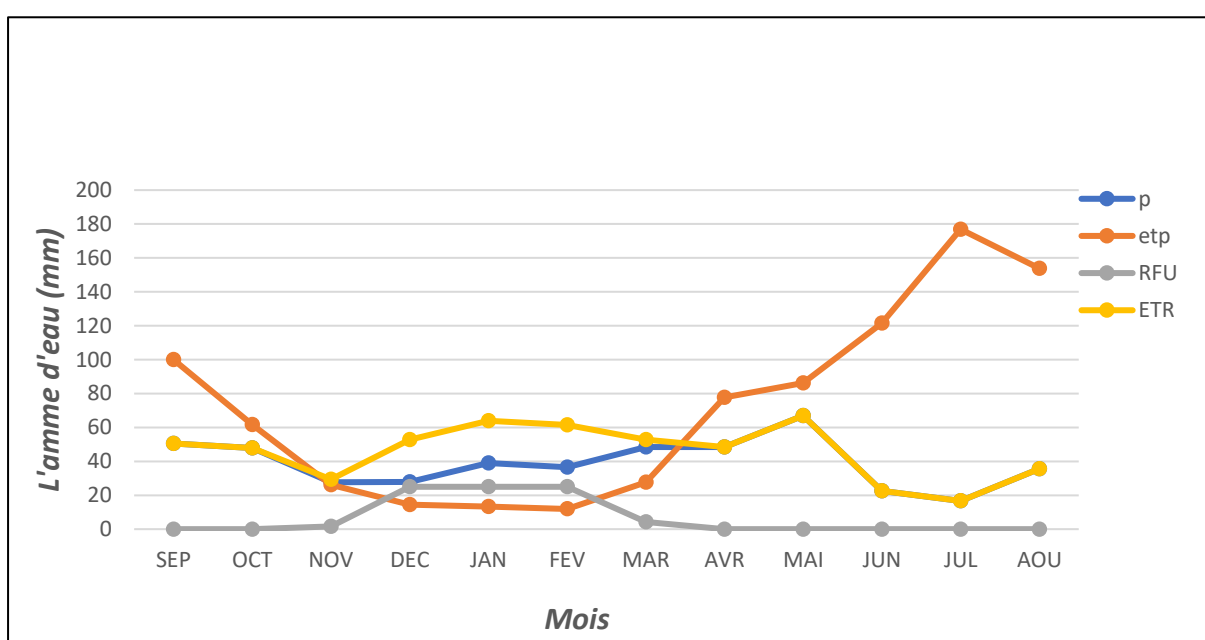


Figure 17 : Le Diagramme Pluvio-thermique (2008-2018)

La première est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois de Mai jusqu'au mois de septembre, avec des valeurs atteignant les 176.89 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 septembre 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 Janvier et Avril. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltré et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

Le bilan hydrologique permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants de ce bilan, à savoir : l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

Le bilan est établi selon la formule suivante : $P = ETR + R + I$

- **P** : La précipitation moyenne annuelle en (mm).
- **ETR** : L'évapotranspiration réelle en (mm).
- **R** : Le ruissellement en (mm).
- **I** : L'infiltration en (mm).

III.6. Paramètres du bilan hydrologique

III.6.1. Ruissellement superficiel

Le ruissellement est l'écoulement des eaux à la surface de la terre, notamment la surface des sols, contrairement à celle y pénétrant par infiltration, il est estimé à partir de la formule de **Tixeront-Berkaloff** qui est la suivante :

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

III.6.2. Infiltration

L'infiltration est le passage de l'eau à travers la surface du sol, il est exprimé par la formule suivante :

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

Tableau 14 : Répartition de précipitation en (mm, %) à la station de Khenchela.

Précipitation (P)		Evapotranspiration réelle (ETR)		Ruissellement (R)		Infiltration (I)	
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
486,05	100,00	395.65	84.74	44.99	9.25	26.41	5.64

Conclusion

Le climat de la région d'étude est de type semi-aride avec une composante d'altitude influencée par les courants d'air froid et humide en provenance des massifs des Aurès (maximum des précipitations en Hiver et au Printemps, couverture neigeuse peu durable mais parfois importante, saison sèche à orage brutaux en Eté, effet de barrage des reliefs, favorisant les précipitations.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 10 ans (2008 – 2018), sont estimées à 468,05mm, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, la première est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai. La deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre.

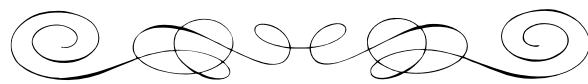
L'évapotranspiration réelle est estimée à 396.65 mm mobilisant 100% des précipitations de la région de montagne.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 7°C et 26°C, avec une moyenne annuelle de 16,5°C, Le mois de juillet étant le plus chaud avec 27.3 °C, et le mois de Février est le plus froid avec 6.8°C.

Le ruissellement ne représente que 9.25% des précipitations, ce qui représente 44.99 mm.

L'infiltration est estimée à 5.64%. Ce qui permet de percoler 26.41mm dans la région de montagne.

Le déficit agricole estimé est de 442.68 mm étalé sur la période allant de Juin jusqu'à Octobre. Notons que le bilan hydrologique est déficitaire



CHAPITRE IV : Etude hydrochimique



Introduction

L'étude hydrochimique a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux et leur potabilité, de suivre l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et de déterminer leurs origines géologiques et le sens de circulation des eaux souterraines.

Pour étudier l'eau de bassin versant d'Oued Kais nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné les points à étudier. Des mesures physico-chimiques ont été effectuées in situ (le pH, la conductivité électrique, T, Turbidité) et l'ensemble des cations et anions.

Analyses ont été effectuées au laboratoire d'analyse de la qualité : analyse microbiologique et physicochimique des eaux des produits agro-alimentaires, cosmétiques et détergents.

IV.1. Prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

L'étude est portée sur 9 échantillons dont 3 pour les puits et 6 pour les forages, (l'implantation de ces, forages et puits est représenté dans le tableau n 16).

IV.2. Étude des paramètres physico-chimique

IV.2.1. Étude des paramètres physiques

Dans cette étude on va mesurer 04 paramètres (T°, pH, CE, Turbidité).

La température a été mesurée sur terrain à l'aide d'un thermomètre, tandis qu'au niveau de laboratoire, le pH est mesuré à l'utilisation d'un Ph mètre, d'autre part la CE et la turbidité sont mesurées par un conductivité mètre et un turbidimètre.

IV.2.1.1. Température

Le paramètre température joue un rôle très important dans la solubilité des sels, et par conséquent la conductivité et le pH, il a aussi une influence sur l'activité biologique des organismes vivant dans l'eau.

La température est influencée à la fois par la profondeur à laquelle se fait l'écoulement souterrain et également par la température de l'air du jour d'échantillonnage et de mesure.

La température de l'eau résulte d'un échange thermique plus ou moins poussé entre la roche et l'eau avant sa sortie à l'exutoire.

Tableau 15 : Variation de la température dans le temps au niveau des 9 stations

Station	La température (C°)
F1	19.1
F2	17.5
F3	16.9
F4	15.9
F5	15.5
F6	16.6
P1	19,2
P2	18
P3	16,1

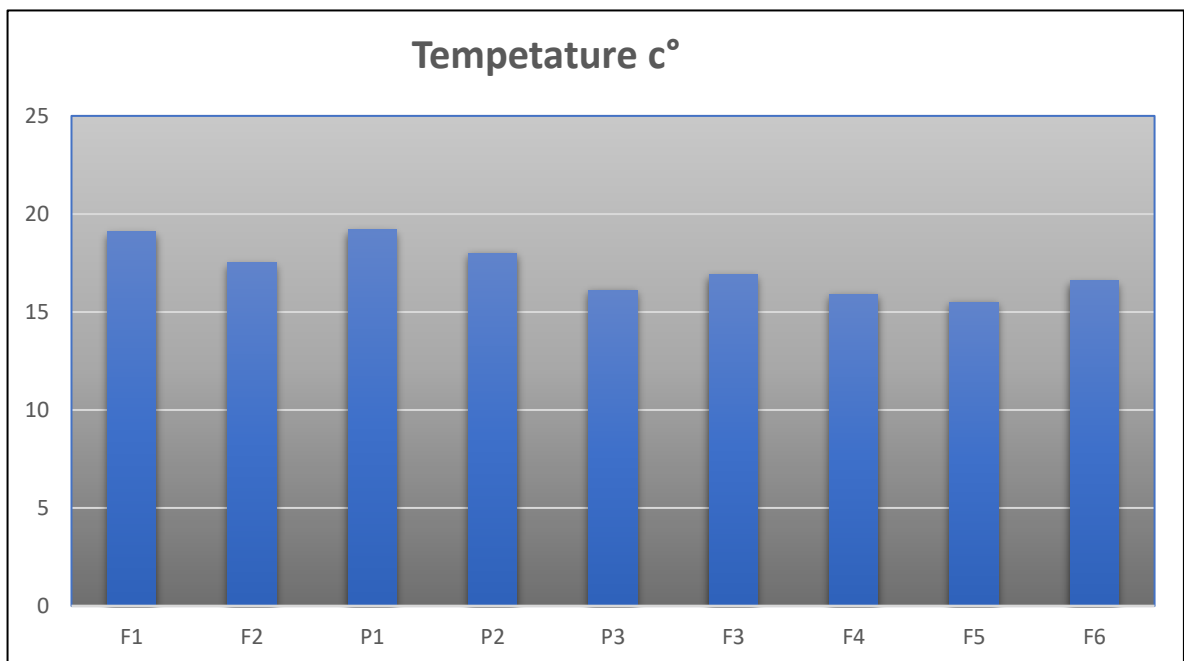
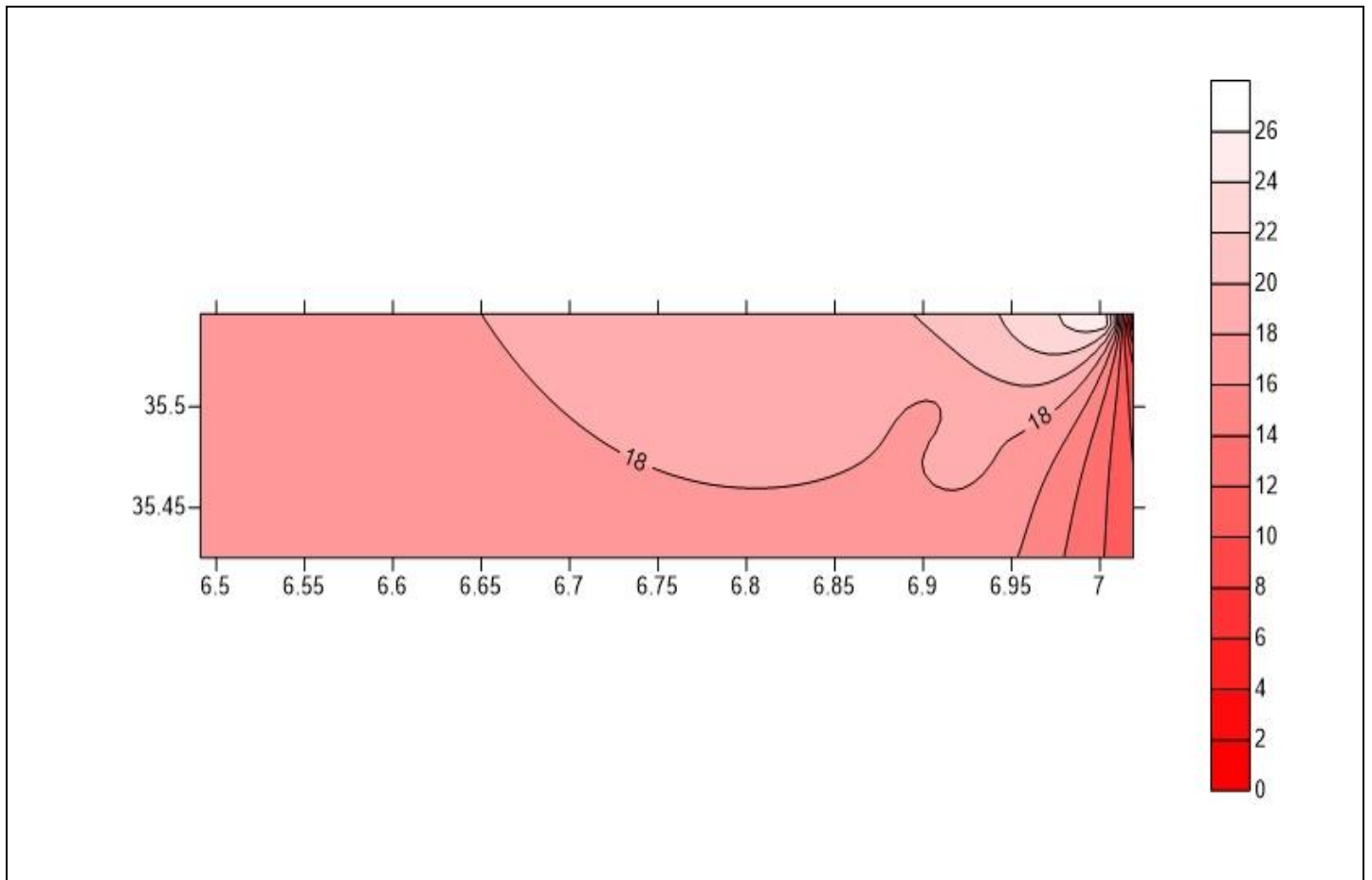


Figure 18 : représentation graphique de la température

IV.2.1.1.1. Carte de température

La température des eaux souterraines varie de 15.5°C à 19.1 °C, ces valeurs sont aux normes fixer par l’OMS (25°C) pour les 06 points d’eau



Carte 10 : Carte des teneurs des répartition des isoteneurs

IV.2.1.2. Conductivité électrique

Elle traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique ; c'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution ; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation. La minéralisation globale (g/l), est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour la majorité des eaux souterraines (Freeze et Cherry, 1979).

La conductivité augmente lorsque la température s'accroît, de ce fait on possède toujours à une correction par rapport à une température de référence (20°C ou 25°C).

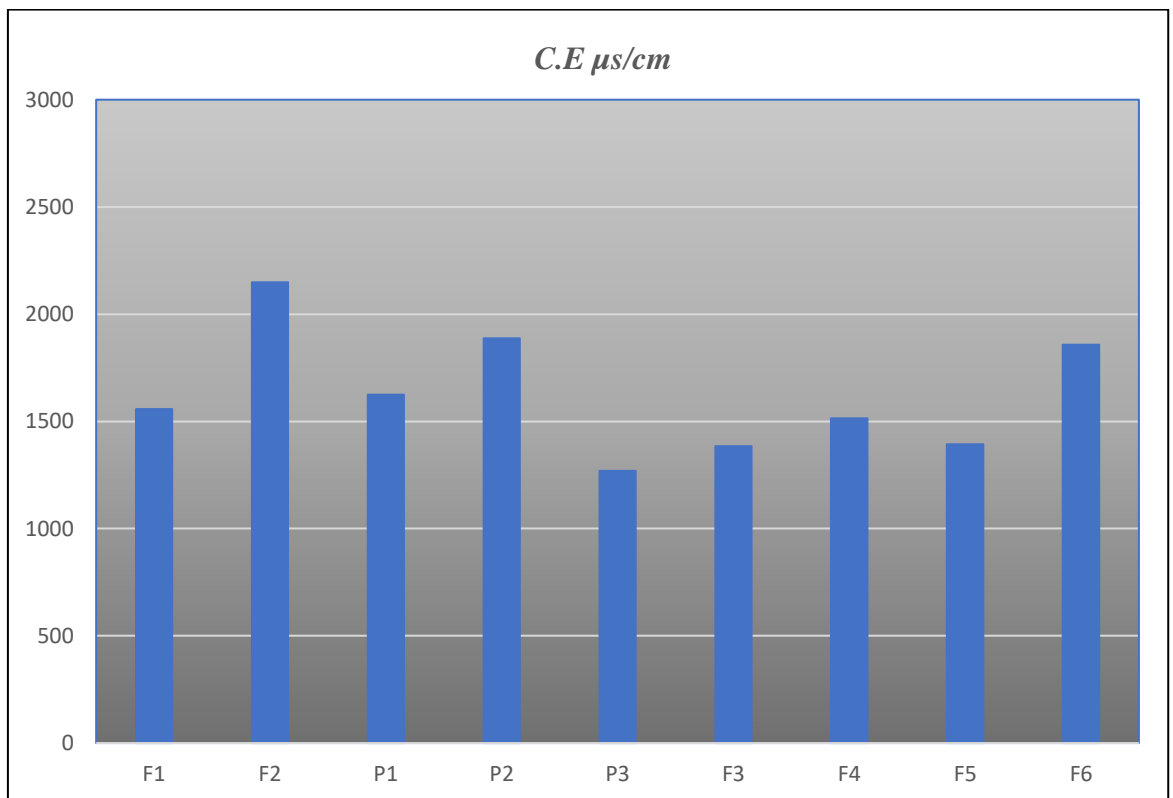
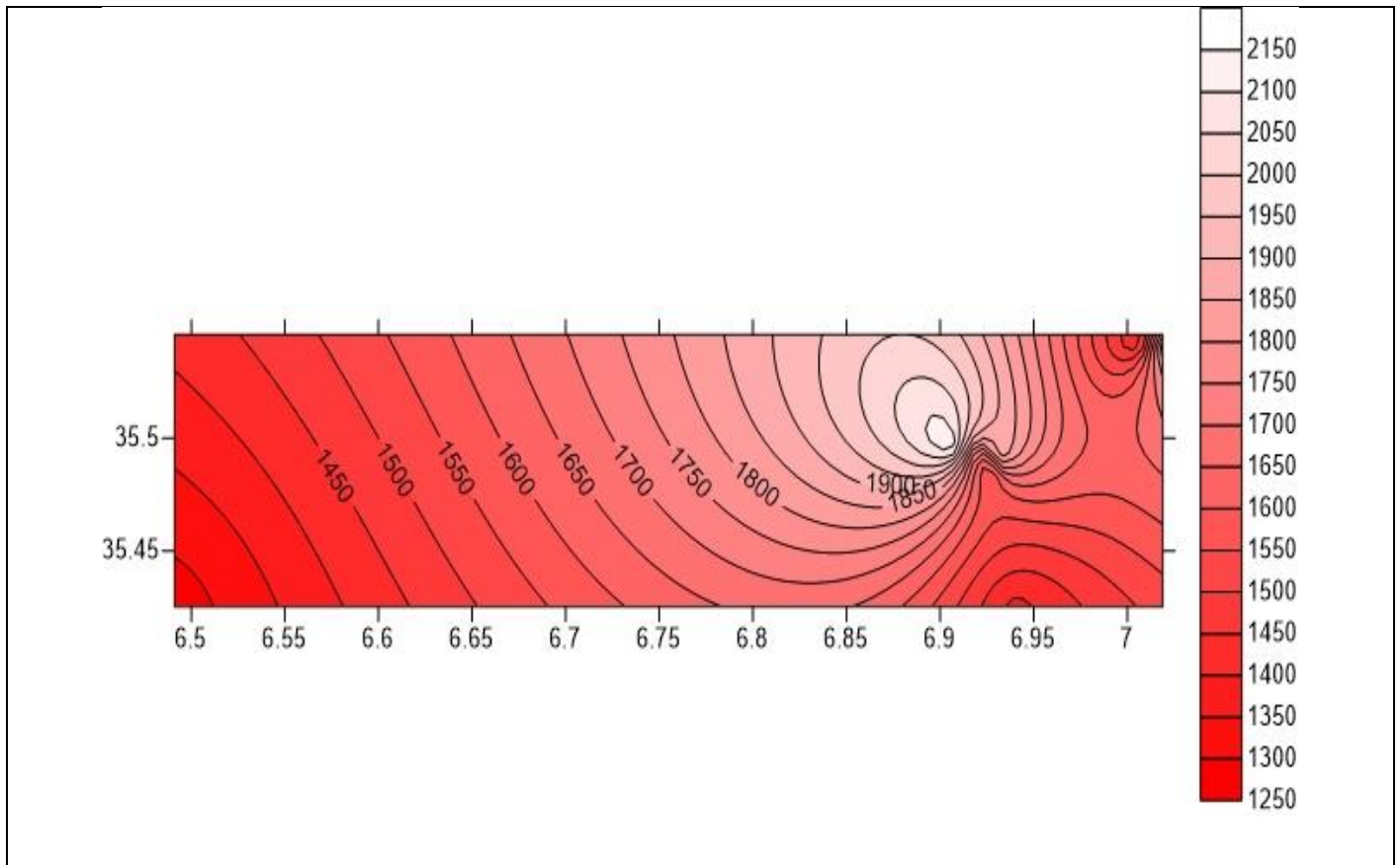


Figure 19 : représentation graphique de la conductivité électrique

IV.2.1.2.1. Carte du Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux du bassin versant de Oued Kais varie entre 1270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (carte 11). Ce sont des eaux qui présentent des valeurs moyennement élevées dans tous les points d'eaux.



Carte 11 : Carte de la Conductivité électrique (CE)

IV.2.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène (pH) est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Une eau est acide si son pH est inférieur à 7, basique si son pH est supérieur à 7. Une eau est dite neutre à pH 7. Le pH d'une eau naturelle dépend de son origine et de la nature des terrains traversés.

Un pH inférieur à 7 peut provoquer une corrosion des tuyauteries métalliques. Supérieur à 8, il entraîne une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore et peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution donc :

➤ Quel que soit la pureté d'une eau elle est toujours conductrice. Cette conductibilité est due à la dissociation (très faible) de l'eau en ions hydrogène (H^+) et hydroxyde (OH).

Le pH mesuré dans la zone d'étude au niveau des points de prélèvements varie entre 6.98 et 7.71.

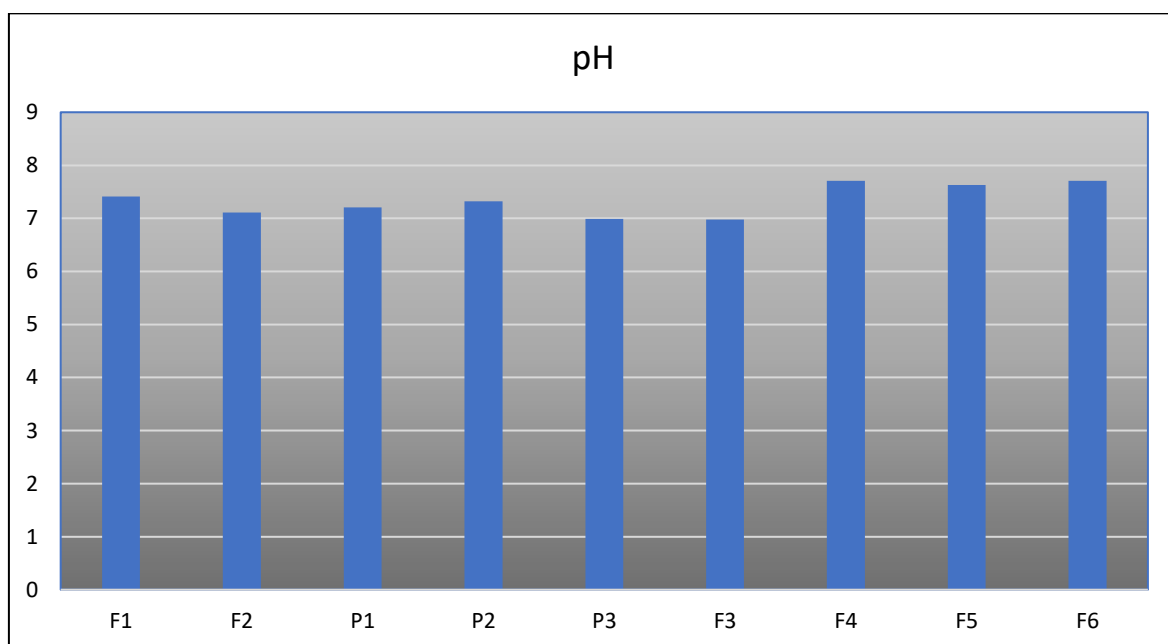
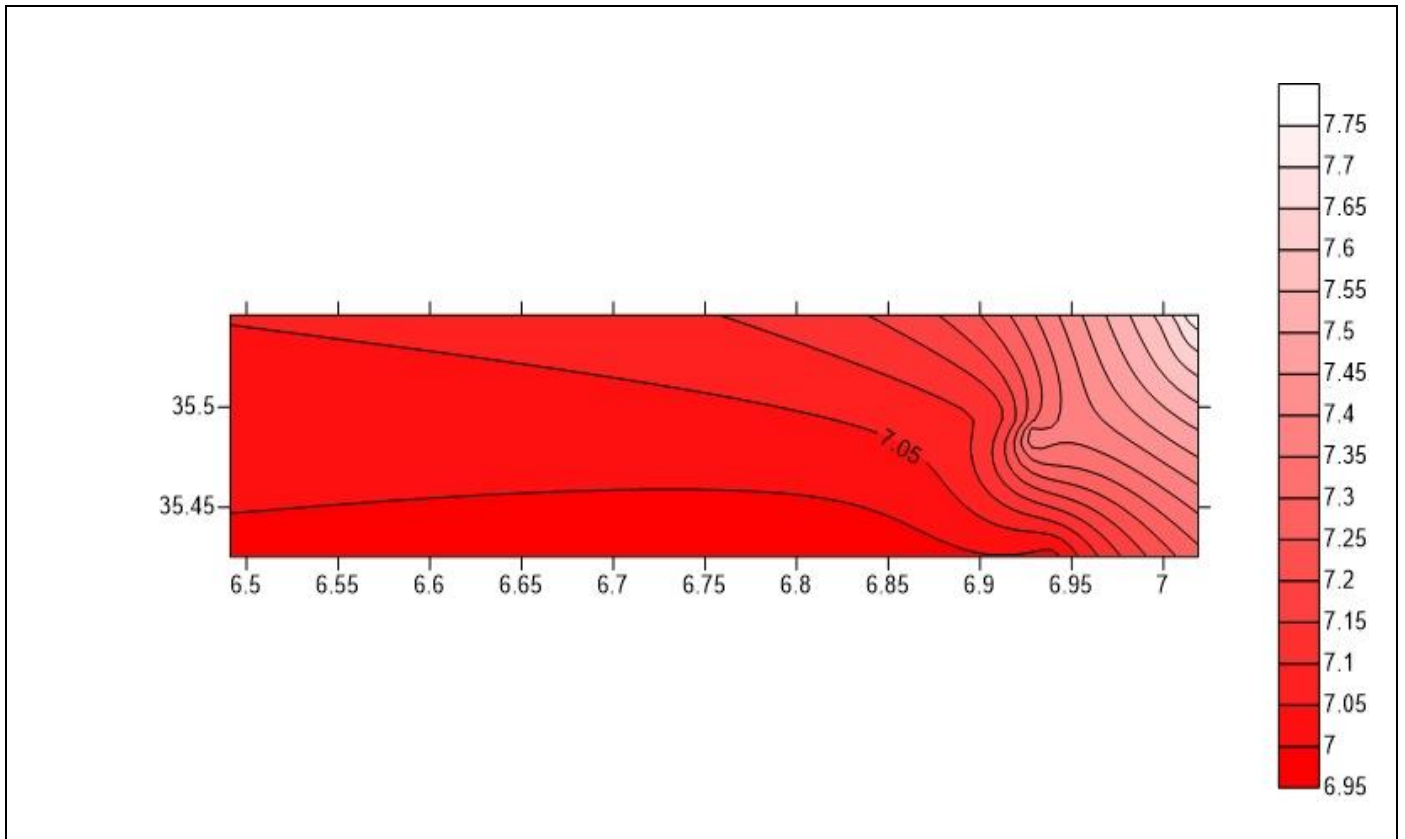


Figure 20 : représentation graphique de pH

IV.2.1.3.1. Carte de potentiel d'hydrogène (pH)

La carte de la répartition du pH (fig20) montre une variabilité entre 6.98 et 7.71 des valeurs augmentent de sud vers le Nord du bassin versant du fait du passage de la nappe captive vers une nappe libre ou il y a libération du CO₂ contenu dans l'eau.



Carte 12 : Carte de potentiel d'hydrogène (pH)

IV.2.1.4. La turbidité

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau.

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplanktonique ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide.

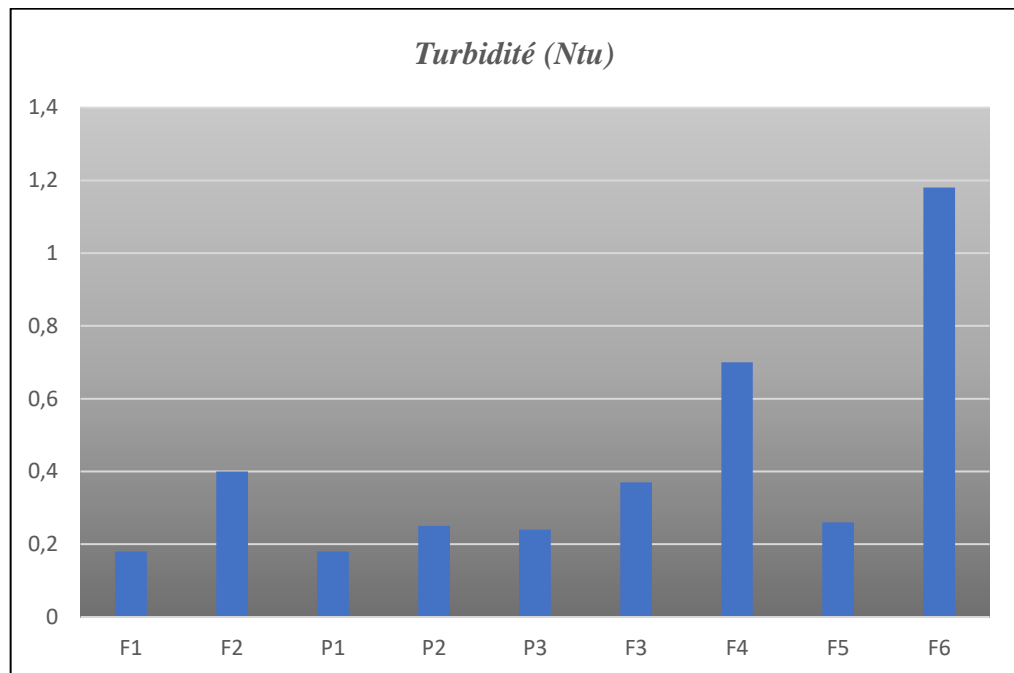


Figure 21 : représentation graphique de Turbidité

IV.2.2. Étude des paramètres chimiques

IV.2.2.1. Les éléments chimiques

Tableau 16 : Les teneurs des éléments chimiques au niveau des stations

	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺⁺	Cl ⁻	So ₄ -2	HCO ₃ --	No ₃ -
F1	191	68	1	8.4	143	20.7	237.9	41.24
F2	273	156	9	80	189	55.32	247.7	41.26
P1	192	69	1.98	94	116	62.57	272.06	42.79
P2	215	35	4.3	75.6	140	55.32	335.5	44.16
P3	173	31.1	1	93.15	51	20.92	355.02	33.73
F3	172	46.65	1.7	35.2	54	50.99	369.66	25.99
F4	130	43	0.98	142.83	155	19.6	160	23.23
F5	134	135	1.12	123.88	114	16.23	87	41.46
F6	144	68	1.52	229.55	225	65.003	160	17.97

IV.2.2.1.1. Les cations

- **Le calcium (Ca⁺⁺)**

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 (Ca SO₄, 2H₂O), qui sont facilement solubles.

Pour les roches carbonatées, l'apparition du calcium résulte de la dissolution des formations (CaCO₃) par l'attaque chimique des eaux en présence du gaz carbonique (Co₂).

La teneur du calcium dans le bassin d'Oued Kais varie entre 130 mg/l et 273 mg/l

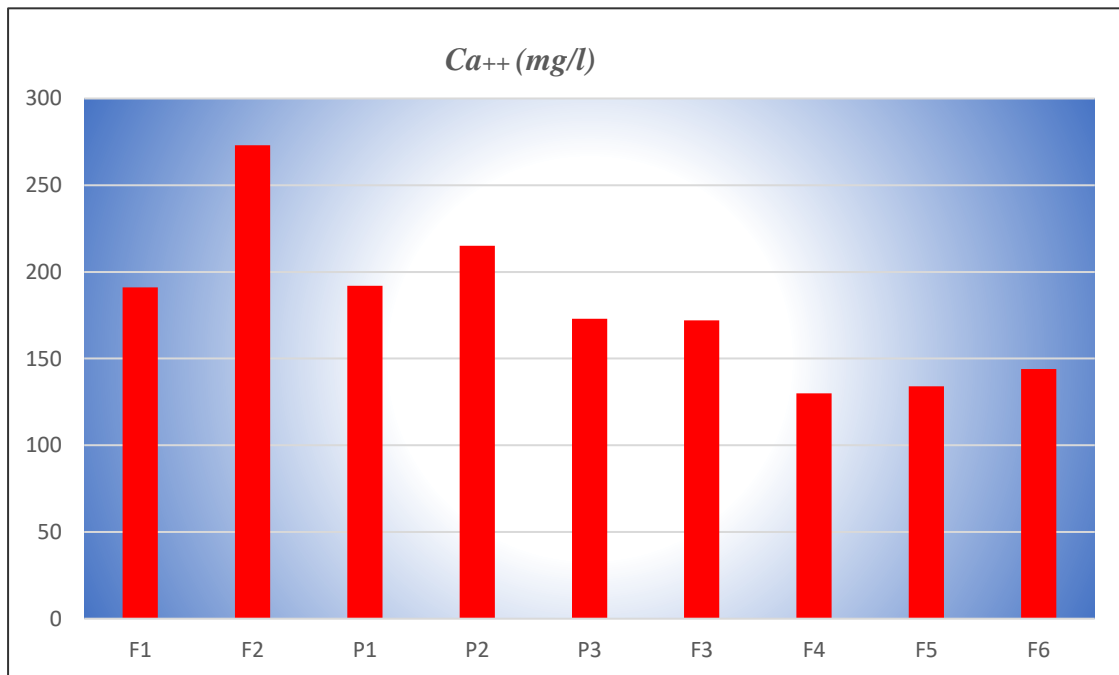
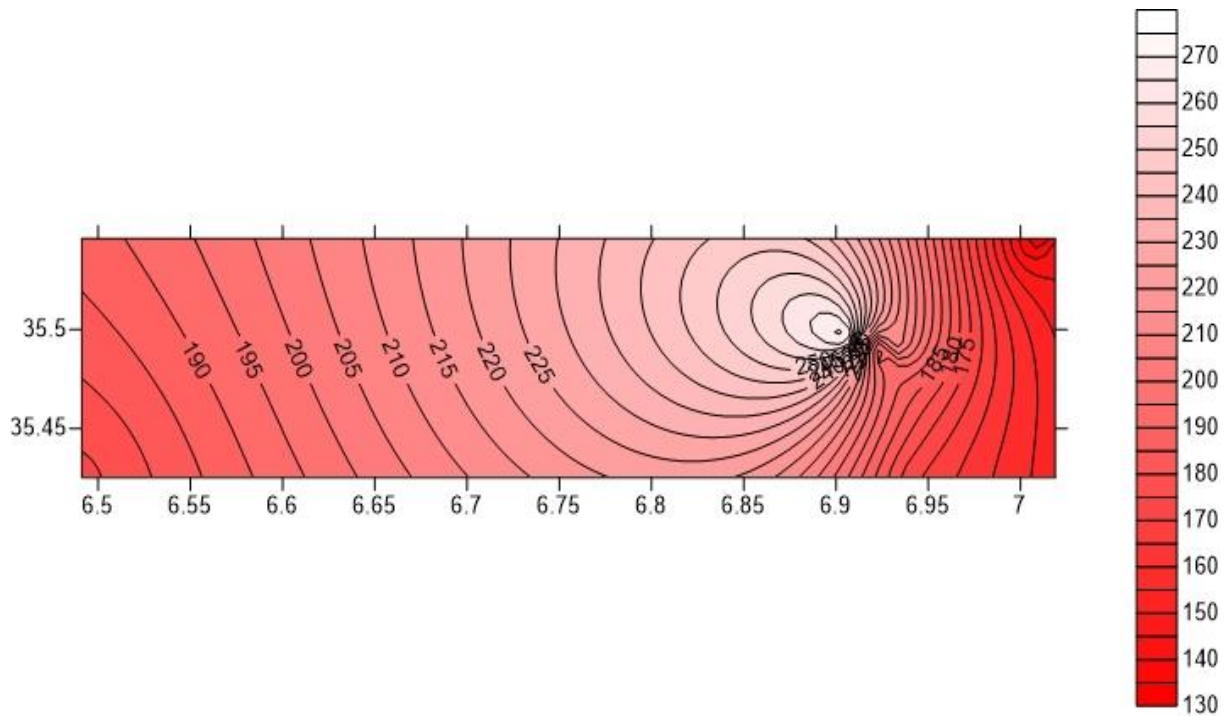


Figure 22 : Histogramme des variations de la teneur en Ca²⁺(Mai 2019)

➤ **Carte de Calcium (Ca⁺⁺)**

La carte représentant les teneurs du calcium (carte13), montre des grandes valeurs au nord-est du bassin versant. Les points d’eau présentent des teneurs qui dépassent les normes de l’OMS (100mg/l) à tous les points d’eau. (OMS, 2004).



Carte 13 : Carte de Calcium (Ca⁺⁺)

- **Magnésium (Mg⁺⁺) :**

L'existence du Magnésium dans les eaux résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations dolomitique. La réaction chimique est accentuée par la présence de l'acide carbonique présente dans l'eau. Elle provient de formations gypsifères.

Les résultats des analyses des échantillons mettent en évidence la présence du Magnésium (Mg⁺²) en forte quantité dans tous les eaux. Les valeurs de magnésium dosées au niveau des puits varient entre 31.1 (P3) et 156 mg/l (F2).

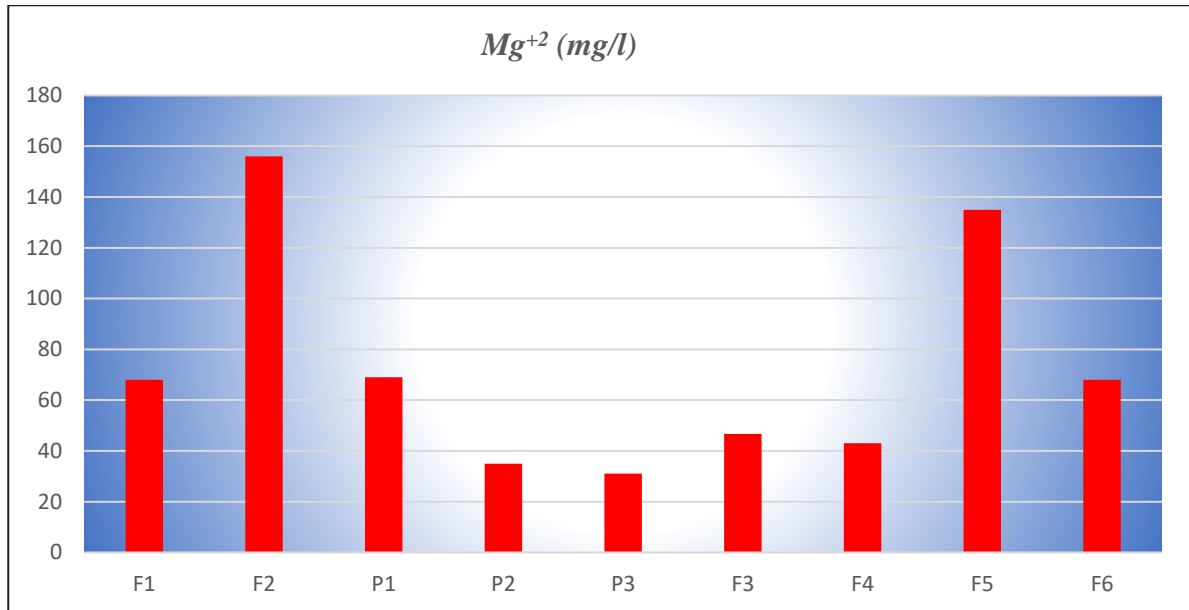
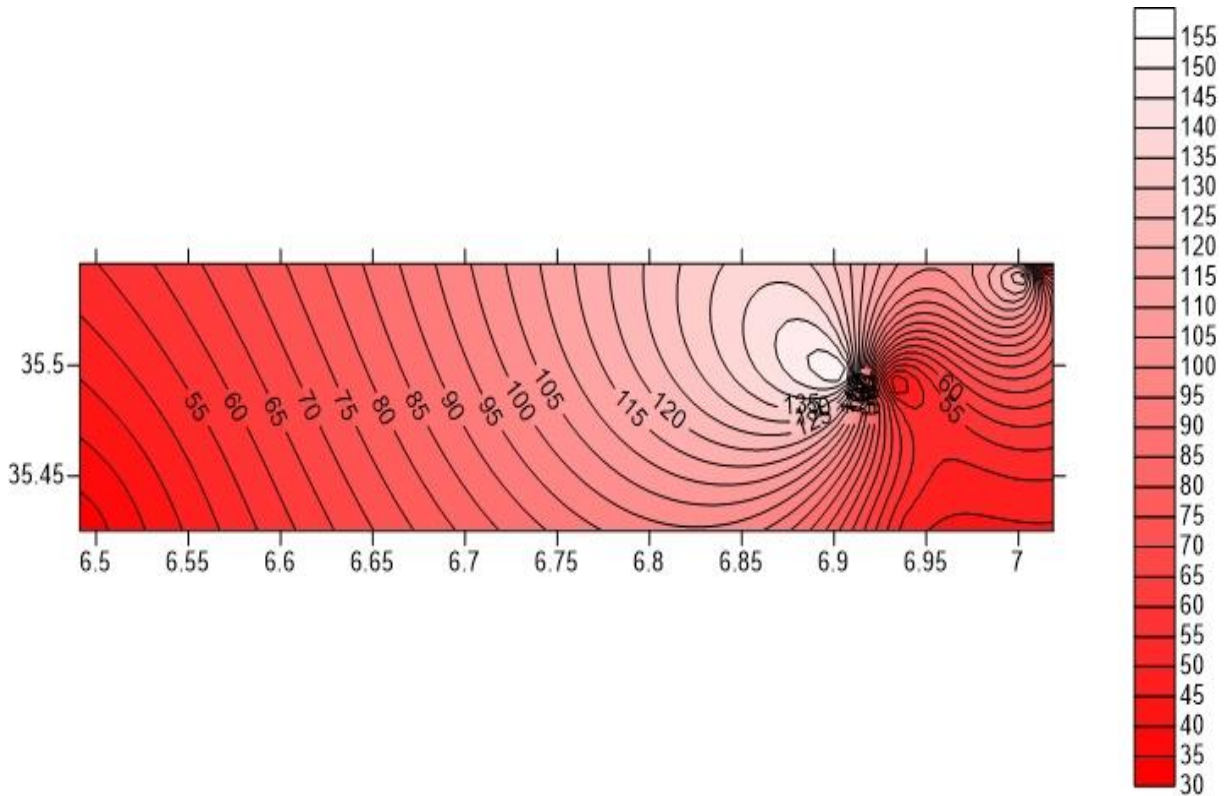


Figure 23 : Histogramme des variations de la teneur en Mg+2.

➤ Carte de Magnésium (Mg⁺⁺)

La distribution spatiale du magnésium (carte 14) montre de très faibles teneurs en magnésium qui serait échangé avec le calcium dans le processus d'échange de base. Les valeurs varient de 35 mg/l et 156mg/l du sud vers le nord du bassin versant. En remarque qu'ils y'a des valeurs supérieures a les normes de l'OMS (50mg/l).dans 06 points d'eau



Carte 14 : Carte de Magnésium (Mg⁺⁺)

- **Potassium (K⁺)**

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans nombreux minerais. Il se trouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Les teneurs du potassium varient entre

0.98 mg/l et 9 mg/l dans les mesures effectuées pour l'ensemble des échantillons.

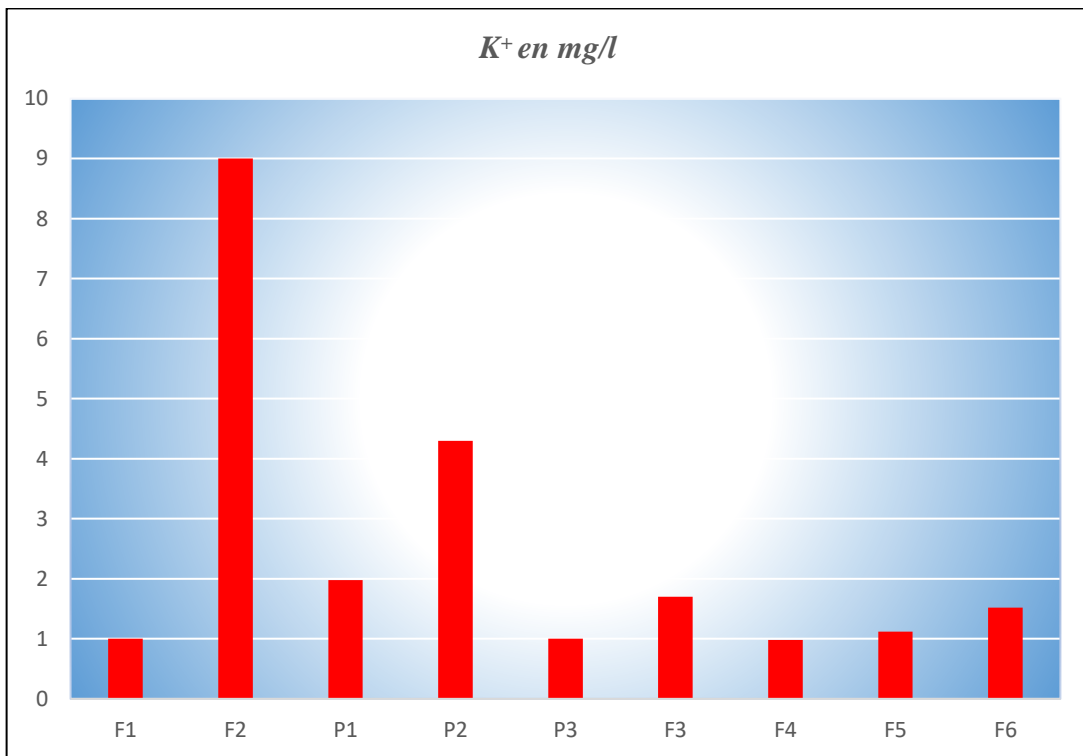
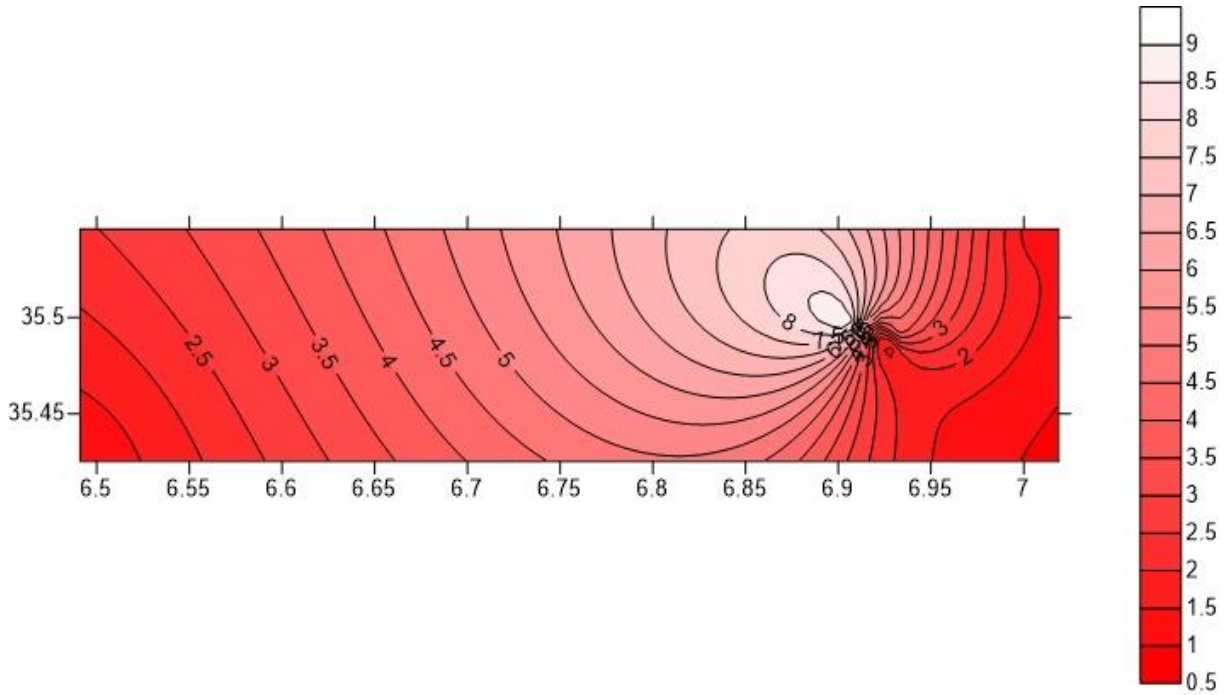


Figure 24 Histogramme des variations de la teneur en K⁺

➤ **Carte de Potassium (K⁺)**

Le potassium (K⁺) est un élément abondant sur terre, mais peut être fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaison dans les sols (sur les argiles notamment). (Lakhdari S ; 2012). Les teneurs en potassium sur le bassin versant, montre des valeurs variant de 0.98 mg/l à 09 mg/l tous les valeurs dans les normes de l’OMS (carte 15)



Carte 15 : Carte de Potassium (K⁺)

- **Sodium (Na⁺⁺)**

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol. Les concentrations enregistrées au cours des prélèvements varient entre 8.4 et 229.55 mg/l.

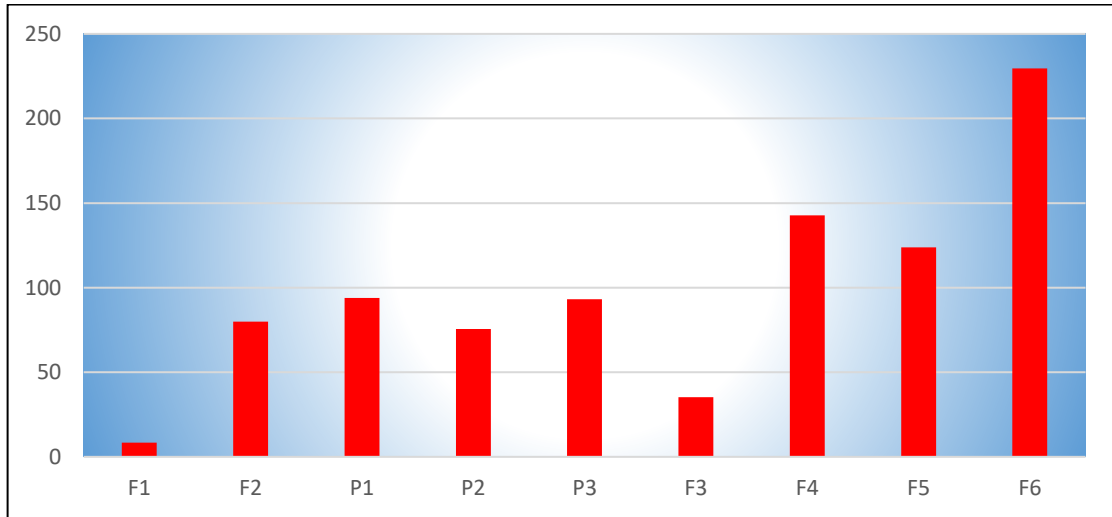
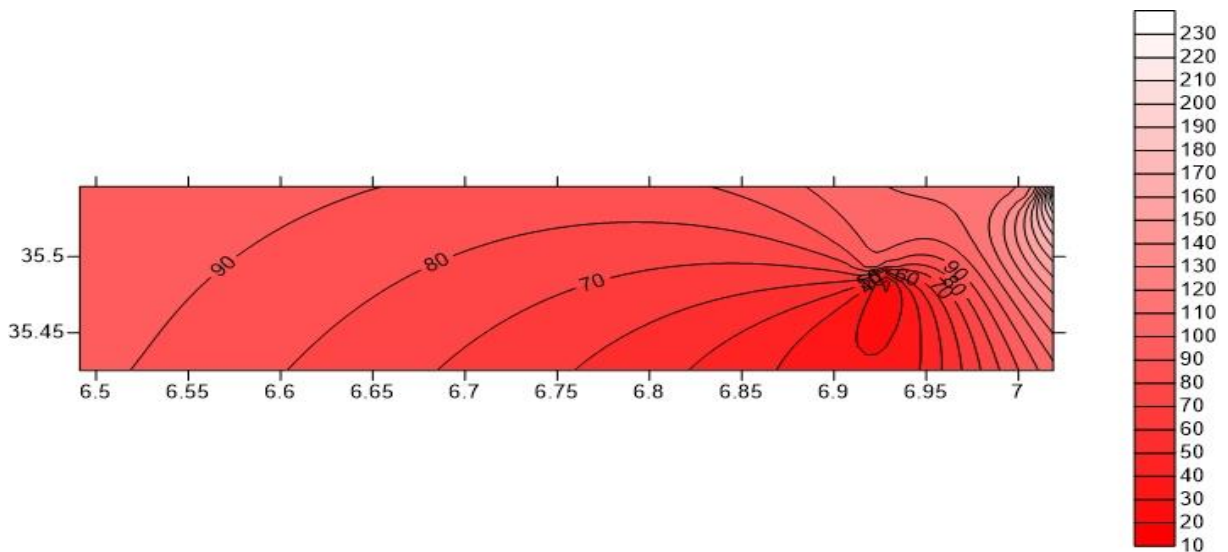


Figure 25 : Histogramme des variations de la teneur en (Na⁺⁺)

➤ **Carte de sodium (Na⁺⁺)**

La distribution spatiale des teneurs en sodium sur le bassin versant (carte 16), montre des valeurs variant de 8.4 mg/l à 229.55 mg/l. Les teneurs les plus élevées sont marquées au centre et à l'ouest du bassin. Toutes les concentrations sont dans les normes de l'OMS (200mg/l)



Carte 16 : Carte de Sodium (Na⁺⁺)

IV.2.2.1.2. Les Anions

• **Chlorures Cl⁻ :**

Le chlore a plusieurs origines a savoir :

- La dissolution des sols naturels et le lessivage des terrains salifères.
- Les engrais chimiques et les pesticides domestiques et industriels.
- Les rejets des eaux usées d'origines domestiques et industrielles.

A partir des résultats des analyses des échantillons d'eaux on constate que les teneurs en chlorure sont assez importantes, variant de 51mg/l au (P3) à 225mg/l au (F6).

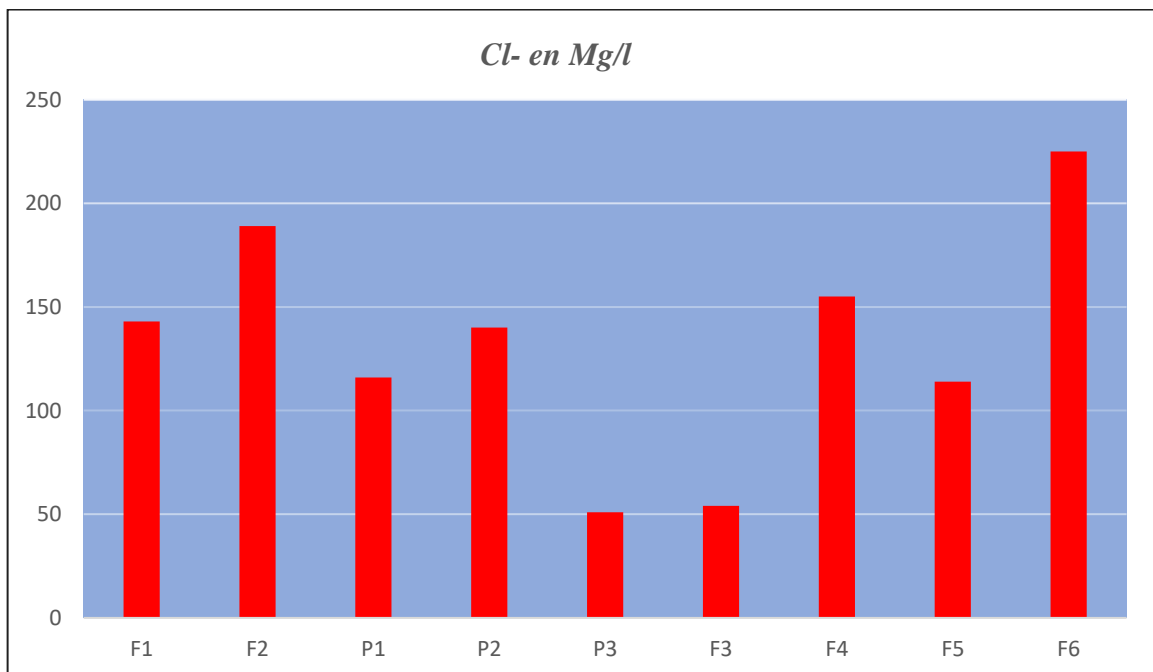
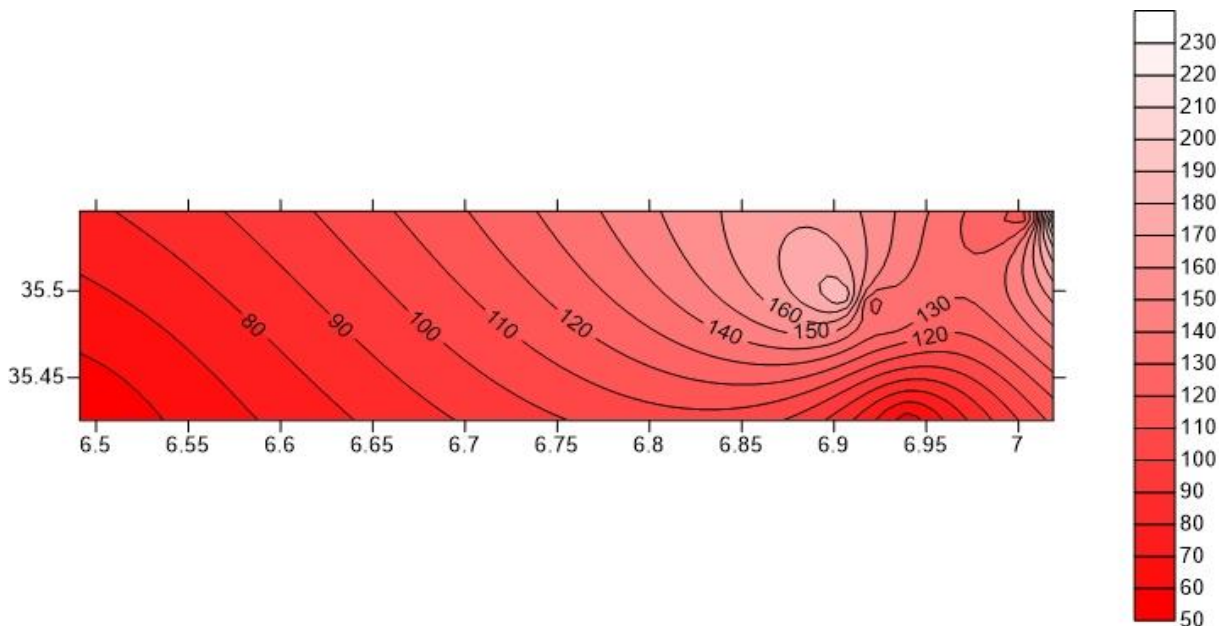


Figure 26 : Histogramme des variations de la teneur en (Cl-).

➤ **Carte de Chlorures Cl⁻**

La carte représente les teneurs en chlorures (carte 17), montre la variabilité entre le sud et le nord du bassin, les valeurs varient entre 51 mg/l et 225 mg/l, lorsque on a des agglomérations au nord du bassin, ça explique les grandes concentrations de chlorure (pollution anthropique).



Carte 17 : Carte de Chlorures (Cl⁻)

• **Sulfates (So₄⁻²) :**

Les ions Sulfates sont toujours présentés dans les eaux naturelles en quantités variables leur présence dans l'eau résulte :

- De la légère solubilité des sulfates de calcium (CaSO₄) des roches gypseuses (CaSO₄·2 H₂O).
- De l'oxydation des sulfates (pyrites, gypse).
- Des eaux usées industrielles contenant de l'acide sulfurique (H₂SO₄·2).
- De l'oxydation des sulfures d'hydrogène et des oxydes de soufres. Emis dans l'atmosphère puis entraîné lors des précipitations.

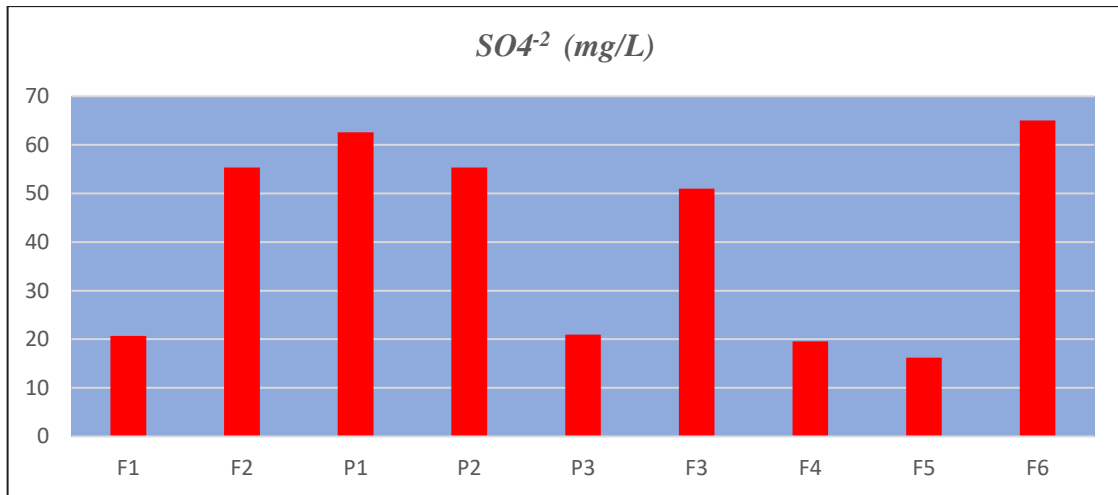
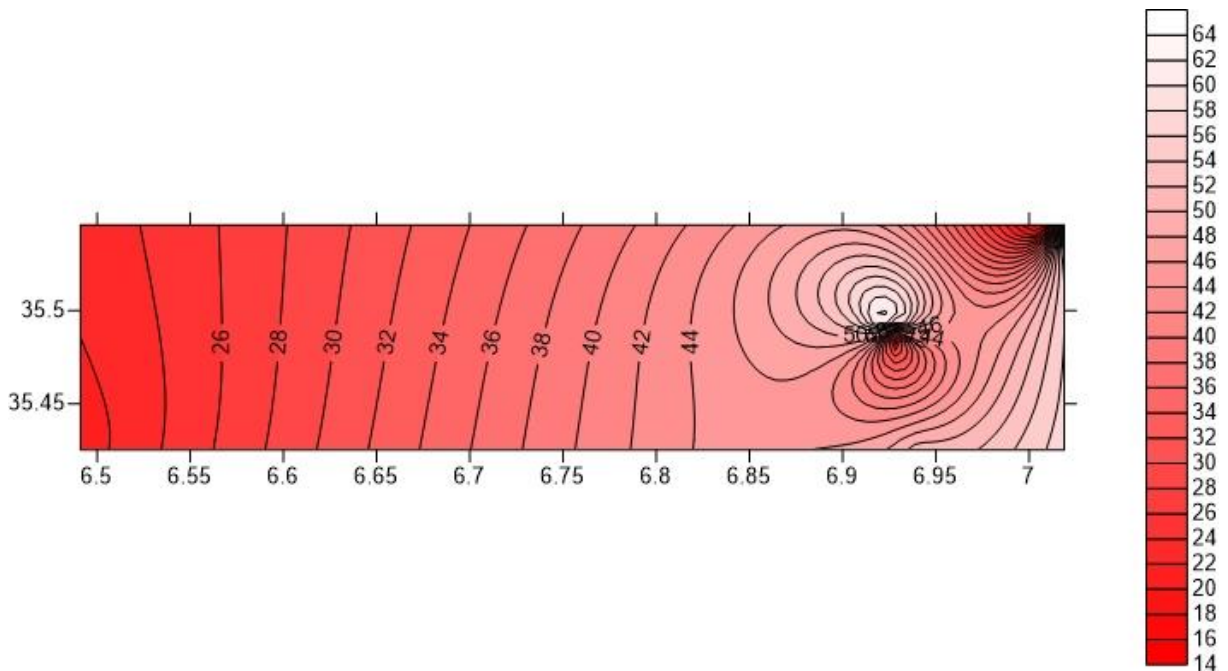


Figure 27 : Histogramme des variations de la teneur en (SO4-2)

➤ Carte de Sulfates (So4²⁻)

La carte représente les teneurs en sulfates (carte 18), montre une grande variabilité entre le sud et le nord du bassin, les valeurs varient entre 16.23 mg/l et 65.003 mg/l, sont des teneurs dans les normes de l’OMS (250 mg/l).



Carte 18 : Carte de Sulfates (So4-2)

• Bicarbonate (HCO3⁻)

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leurs présences dans l’eau est dû à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies.

Les concentrations enregistrées au cours des prélèvements sont variées entre 87 mg/l (F5) et 369.66 mg/l (F3).

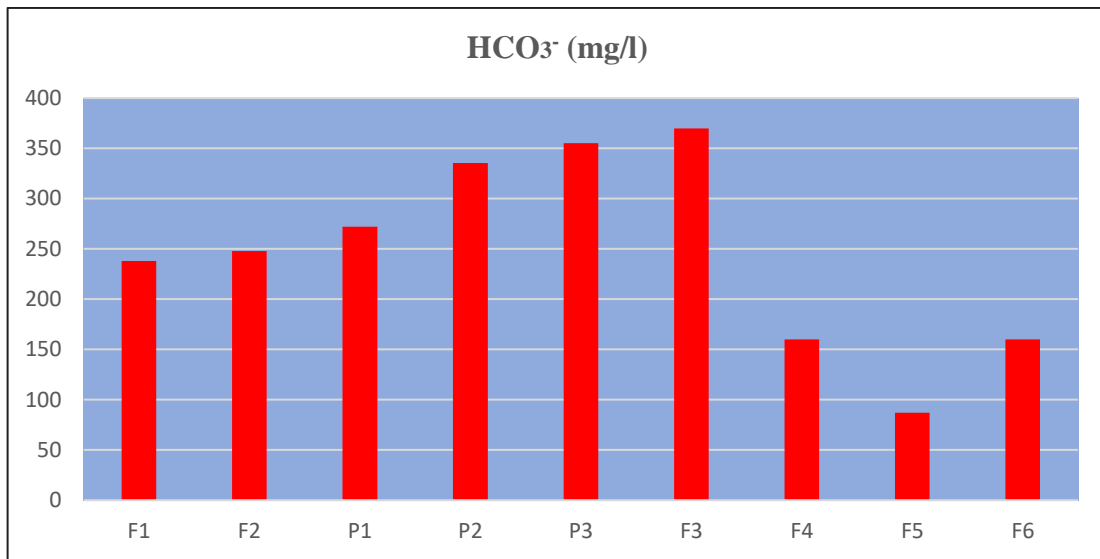
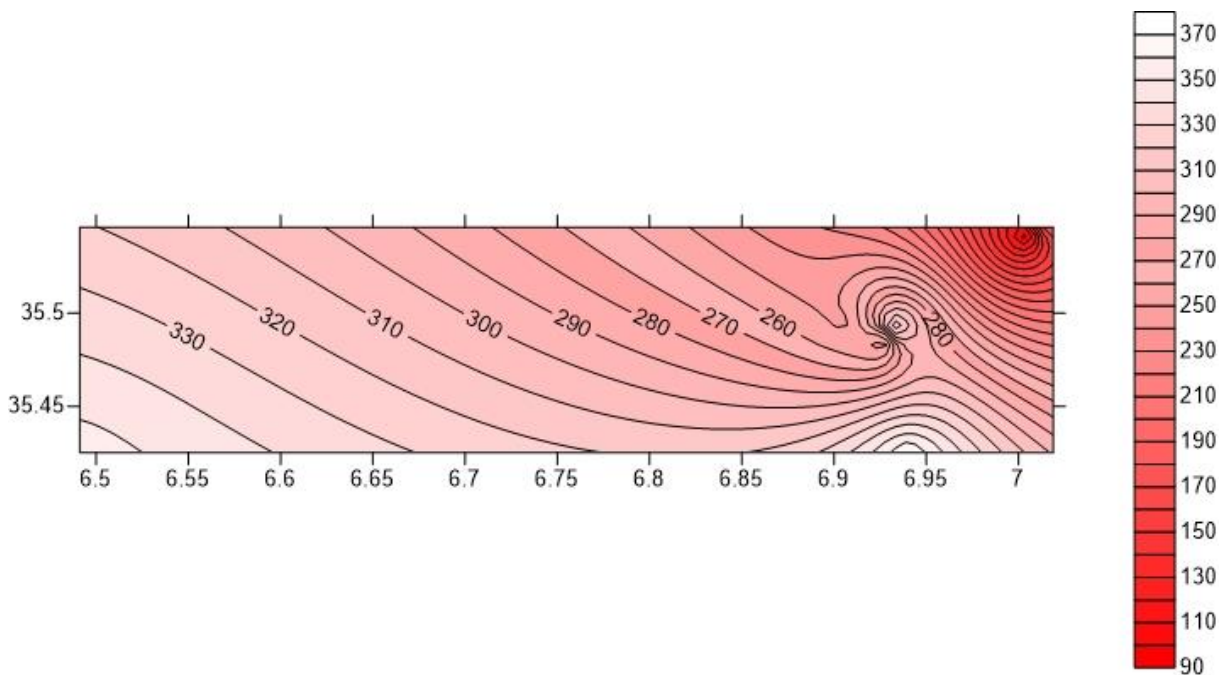


Figure 28 : Histogramme des variations de la teneur en HCO3-.

➤ Carte de Bicarbonate (HCO3⁻)

La carte représente les teneurs en bicarbonates (carte 19), montre une grande variabilité entre le nord et le sud du bassin, les valeurs varient entre 87 mg/l au sud du bassin versant et 369.66 mg/l dans le nord.



Carte 19 : Carte de Bicarbonate (HCO3--)

- **Nitrates (NO₃-)**

Les nitrates (NO₃-) font partie du cycle de l'azote. La variation de la concentration des teneurs en nitrates dans l'espace est liée à l'activité agricole qui se développe en surface, à la nature lithologique du toit de l'aquifère, à la profondeur du niveau piézométrique et aux conditions d'oxydoréductions.

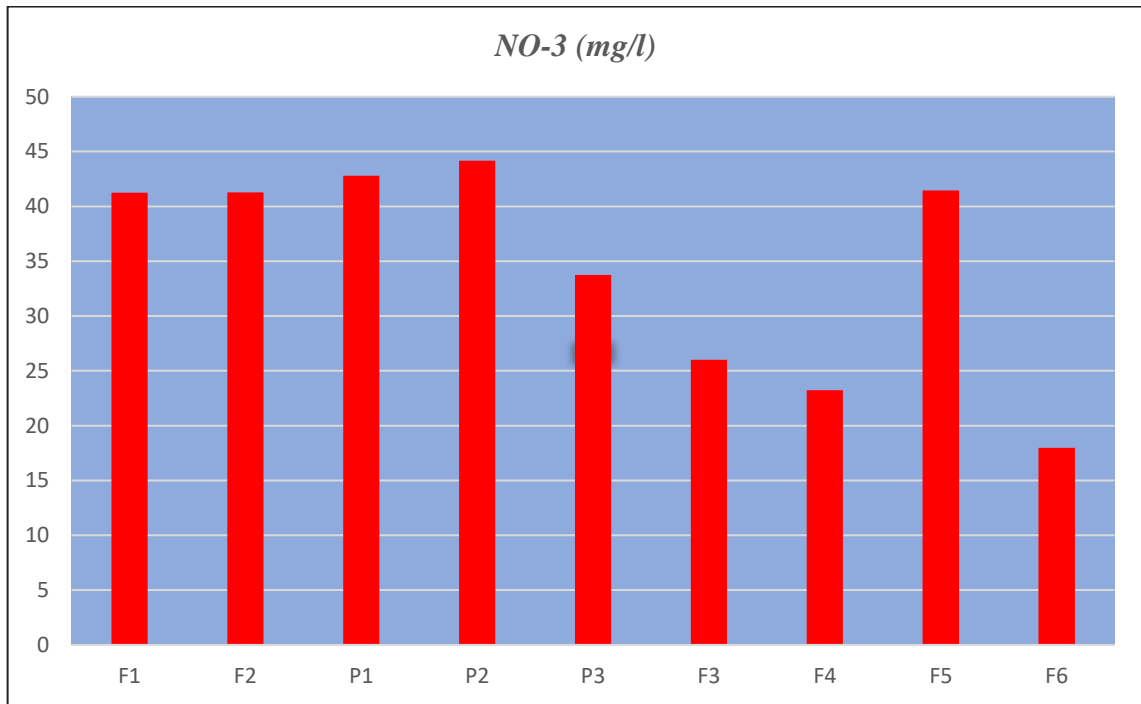
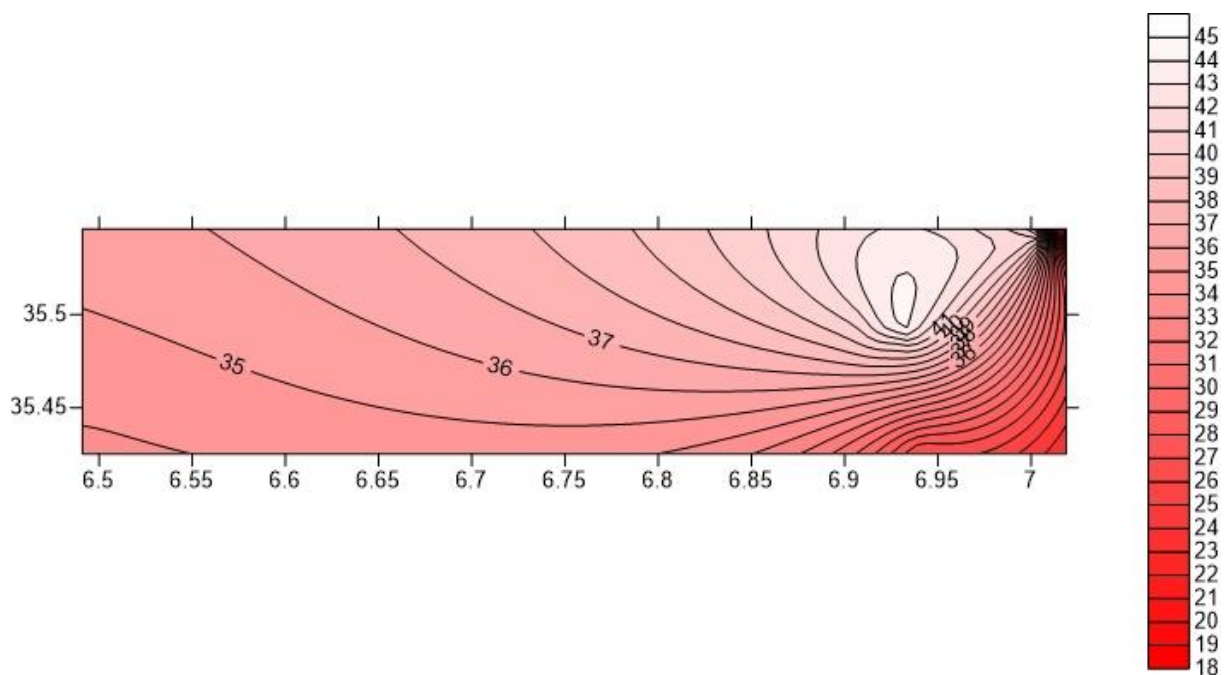


Figure 29 : Histogramme des variations de la teneur en NO-3

➤ **Carte de Nitrates (No3⁻)**

La carte représente les teneurs en nitrates (carte 20), montre une grande variabilité entre le sud et le nord- Ouest du bassin les valeurs varient entre 17.97 mg/l et 44.16 mg/l, les valeurs les plus élevées se situe au plaine de Remila où il y a une agglomération, ce qui pose une possibilité d'une pollution d'origine anthropique (élevage, agriculture).

Les concentrations dans tous les points sont dans l'ensemble inférieures aux normes de l'OMS (50 mg/l)



Carte 20 : Carte de Nitrates (No3-)

IV.3. Les faciès chimiques

Afin de mieux comprendre le chimisme des eaux souterraines, du bassin versant d'Oued Kais, nous avons fait l'appel à différentes représentations graphiques.

IV.3.1. Diagramme de Piper

Un diagramme de Piper est une représentation graphique de la chimie d'un ou plusieurs échantillons d'eau.

Cette représentation graphique (fig.30) a permis de donner deux familles d'eau :

- Eau chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne, qui représentent 77.77% des points d'eau.

- Eau bicarbonatée calcique et magnésienne, qui représente 22.23% des points d'eau.

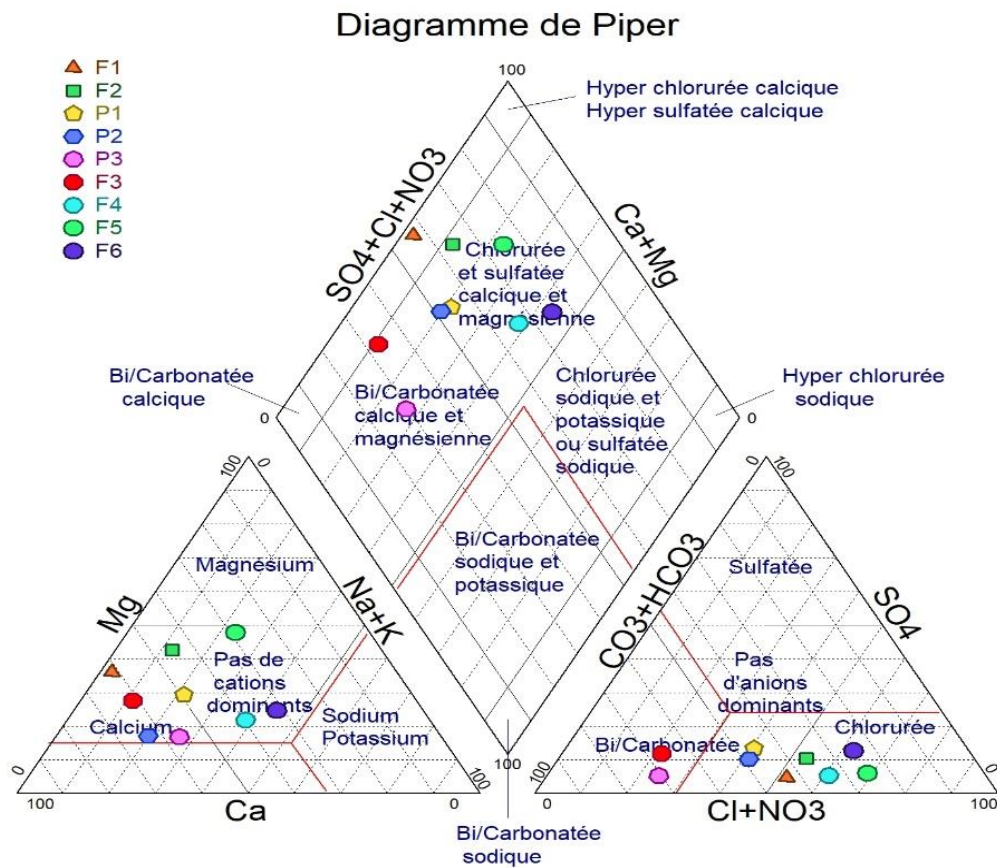


Figure 30 : Diagramme de Piper pour les eaux du bassin de Oued Kais.

IV.3.2. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme a été établi par H.Schoeller en 1932 et révisé par Berkaloff en 1952, il est composé de sept échelles logarithmiques verticales correspondant aux principaux ions analysés dans l'eau.

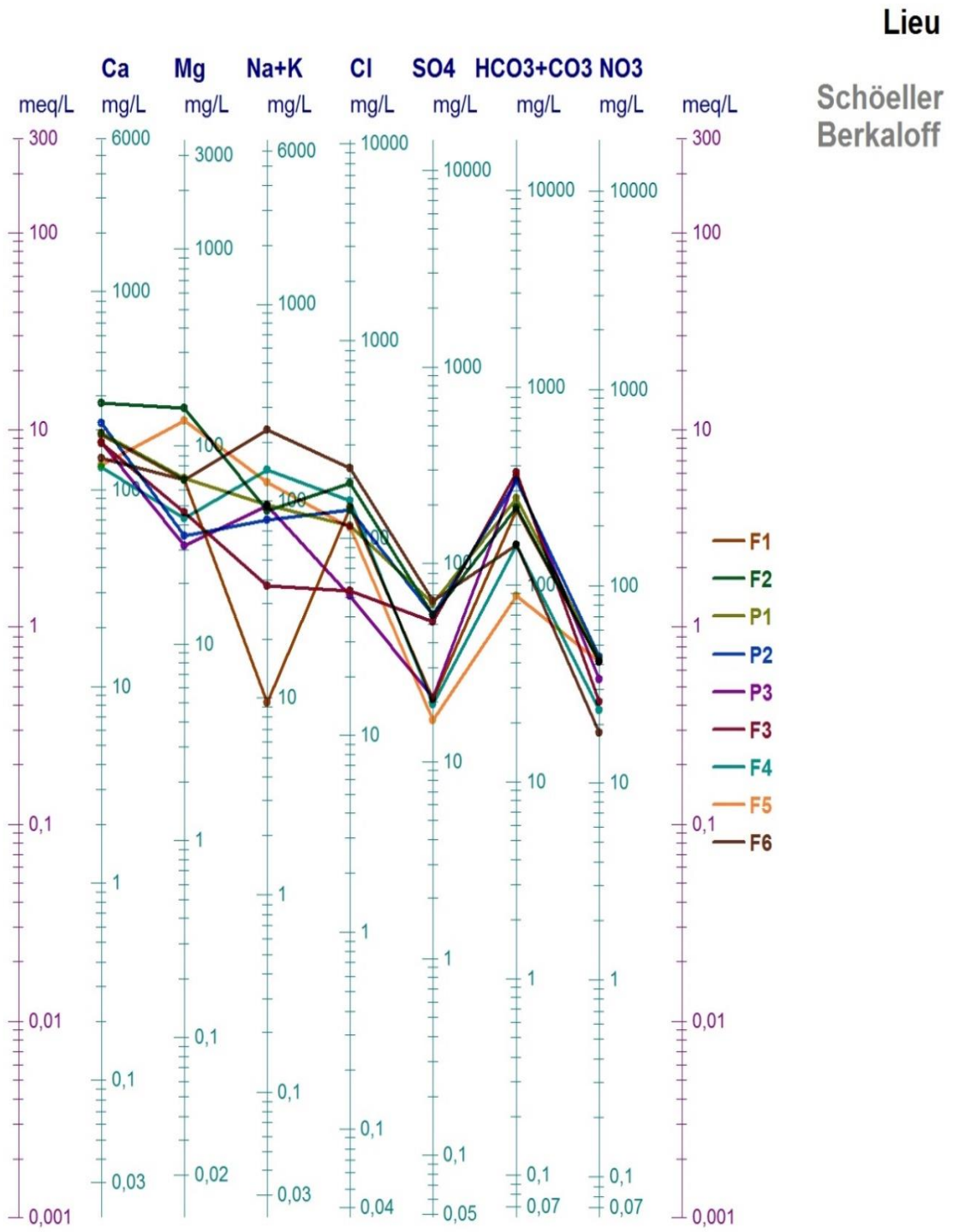


Figure 31 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff pour les eaux du bassin de Oued Kais

IV.4. Relations caractéristiques des éléments

IV.4.1. Couple Ca⁺² - Mg⁺²

La figure (32) montre que l'eau est enrichie en calcium du fait l'absorption du magnésium et à la désorption du calcium. Deux points présentent une teneur élevée en magnésium du fait de la fixation du calcium par précipitation de la calcite et de la désorption du magnésium.

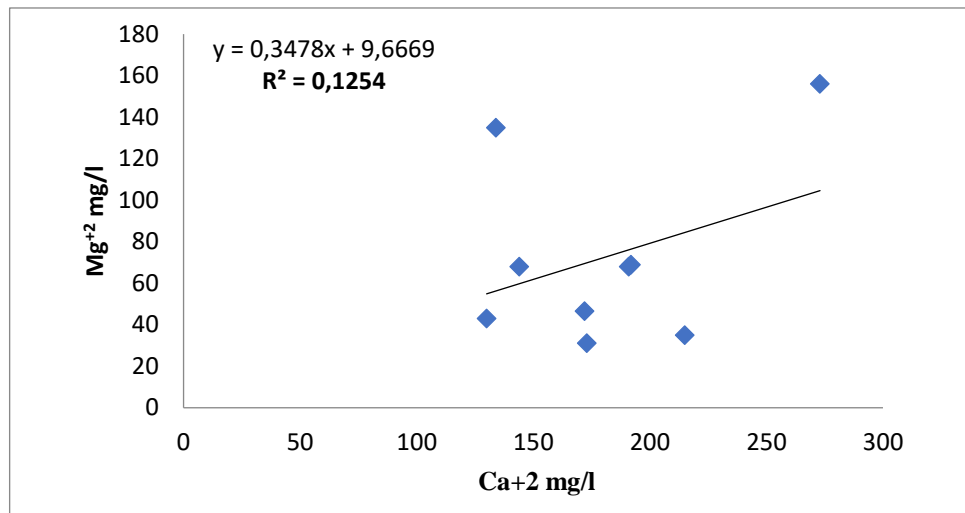


Figure 32 : Relation entre le calcium et le magnésium (mg/l)

IV.4.2. Couple Cl⁻ - Na⁺²

La figure (33) montre une dispersion des points indiquant que les deux éléments chimiques ont des origines différentes, cette relation ne confirme pas l'existence du faciès chloruré sodique.

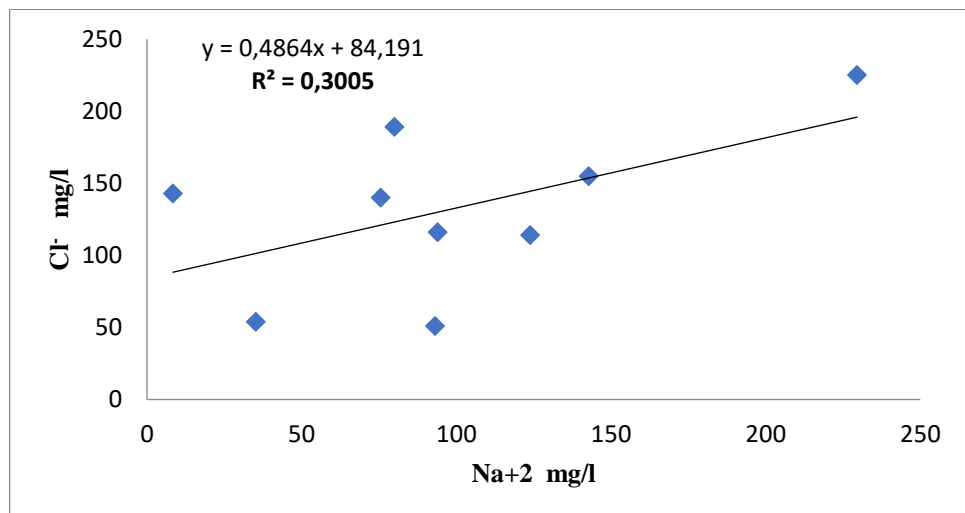


Figure 33 : Relation entre le chlorure et le sodium (mg/l)

IV.4.3. Couple Cl⁻ - SO₄²⁻

Les eaux sont enrichies en chlorure, élément conservatif, imputé à la pollution agricole à l'utilisation des pesticides et aussi à la dissolution de roche salifère comme l'halite riche en chlorure(fig.34)

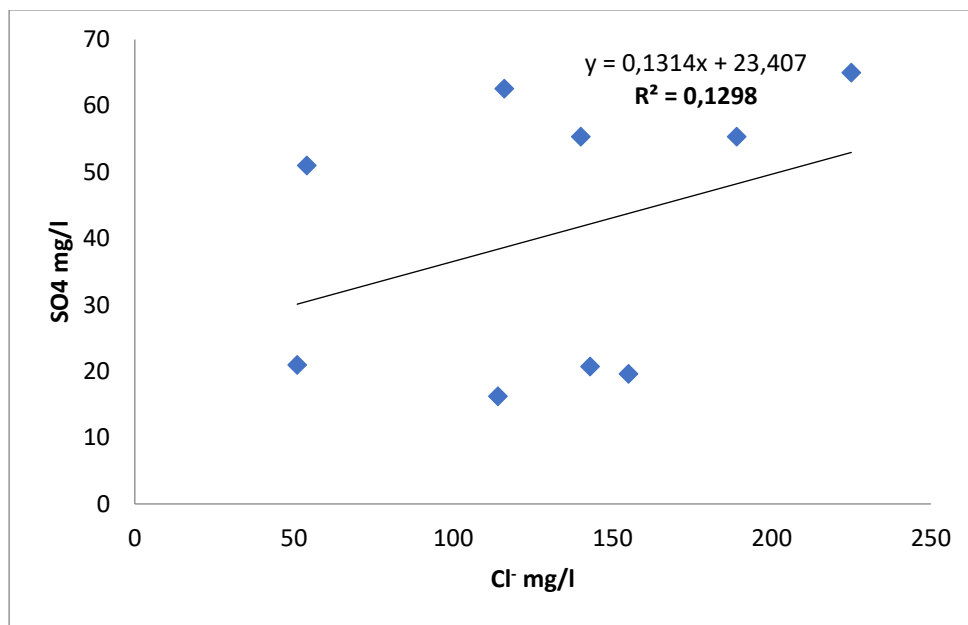


Figure 34 : Relation entre le chlorure et les sulfates (mg/l)

IV.5. Analyse en composantes principales

L'Analyse en composantes principales est une méthode statistique essentiellement descriptive dont l'objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum d'information contenue dans un tableau de données. Ce tableau est constitué en lignes par les individus, sur les quels sont mesurer des variables disposé en colonnes

L'A.C.P.permet de déterminer les différentes liaisons entre plusieurs variables et de maitre en évidence les associations possibles

IV.5.1. Statistique descriptive

Le tableau ci-dessous (18) résume les paramètres statistiques des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines du bassin versant de Oued Kais.

Les variables conductivité électrique, pH, Ca⁺², Mg⁺², SO₄²⁻ et HCO₃⁻ présentent un CV <0.5, pour le reste des variables (Na⁺, K⁺, Cl⁻ et NO₃) le coefficient de variation est supérieur à 0.5.

Tableau 17 : statistique descriptive

Statistique	Minimum	Maximum	Moyenne	Variance (n-1)	Ecart-type (n-1)
T°C	0.26	19.20	13.79	56.31	7.50
pH	6.98	7.71	7.34	0.086	0.29
c25°C	1270	2148	1626.22	81398.69	285.30
HCO ₃ ⁻	87	369.660	247.213	9499.382	97.465
Cl ⁻	51.00	225.00	131.889	3229.611	56.830
NO ₃ ⁻	17.970	44.160	34.648	96.835	9.840
SO ₄ ⁻⁻	16.230	65.003	40.739	429.691	20.729
Ca ⁺⁺	130	273	180.44	2020.278	44.948
Mg ⁺⁺	31.100	156.00	72.417	1948.734	44.144
Na ⁺	8.4	229.550	98.068	4102.768	64.053
K ⁺	0.98	9.00	2.511	7.009	2.648

IV.5.2. Analyse de la matrice des corrélations

Le tableau (19) présente les différentes corrélations entre les variables deux à deux, le coefficient de corrélation significatif.

Tableau 18 : matrice de corrélation entre les éléments chimiques

Élément	T°C	pH	c25°C	HCO3-	Cl-	NO3-	SO4--	Ca++	Mg++	Na+	K+
T°C	1	-0.626	0.063	0.713	-0.320	0.353	0.076	0.573	-0.346	-0.723	0.269
pH	-0.626	1	0.088	-0.870	0.629	-0.316	-0.218	-0.596	0.107	0.640	- 0.336
c25°C	0.063	0.088	1	-0.077	0.787	0.165	0.656	0.676	0.425	0.186	0.820
HCO3-	0.713	-0.870	-0.077	1	-0.570	0.154	0.297	0.470	-0.523	-0.581	0.166
Cl-	-0.320	0.629	0.787	-0.570	1	-0.177	0.360	0.148	0.379	0.548	0.382
NO3-	0.353	-0.316	0.165	0.154	-0.177	1	-0.074	0.580	0.356	-0.582	0.377
SO4--	0.076	-0.218	0.656	0.297	0.360	-0.074	1	0.439	0.030	0.205	0.463
Ca++	0.573	-0.596	0.676	0.470	0.148	0.580	0.439	1	0.354	-0.483	0.879
Mg++	-0.346	0.107	0.425	-0.523	0.379	0.356	0.030	0.354	1	0.057	0.566
Na+	-0.723	0.640	0.186	-0.581	0.548	-0.582	0.205	-0.483	0.057	1	- 0.145
K+	0.269	-0.336	0.820	0.166	0.382	0.377	0.463	0.879	0.566	-0.145	1

Conclusion

L'étude hydrochimique des eaux souterraines du bassin versant montre une évolution croissante de la minéralisation de l'amont en aval du fait du changement de la lithologie, du climat et de la pollution. La température des eaux varie de 15.5°C à 19.2°C, La conductivité électrique varie de 1270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2148 $\mu\text{S}/\text{cm}$, le pH varie de 6.98 à 7.41 et la turbidité varie de 0.18 à 1.18. Ainsi les eaux évoluent d'un faciès bicarbonaté calcique et magnésien à sulfaté calcique magnésien.

CONCLUSION GENERALE

La présente étude est une contribution à la connaissance des mécanismes tant endogènes qu'exogènes qui régissent le fonctionnement et l'alimentation du système hydrologique du bassin versant d'Oued Kais, et d'autre part une approche de la qualité physicochimiques des eaux du bassin pour une utilisation à large spectre (potabilité, irrigation et industrie).

L'étude géologique se présente en un large synclinal dans lequel est venu se déposer en discordance les grès Miocènes d'une épaisseur de 300 m sur le Crétacé inférieur constitué de calcaires, et calcaires dolomitiques avec une intercalation marneuse. Le remplissage plioquaternaires est constitué de conglomérats très perméables à la base surmontés par des sables et graviers se présentant comme une nappe superficielle et le tout beigne dans des argiles rouges riches en fer.

L'étude géomorphologique du bassin versant d'Oued Kais, d'une superficie de 18.23 km² et un périmètre de 20.41m, présente une forme allongée et compact, Le réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Kais est très développé avec une densité de drainage de 3.81 km/km² Le profil en long des oueds principaux montre que la densité de drainage et la pente des oueds sont très fortes ce qui favorise le ruissellement

Les données climatiques laissent présager un climat de type semi-aride avec une composante d'altitude influencée par les courants d'air froid et humide en provenance des massifs des Aurès (maximum des précipitations en Hiver et au Printemps, couverture neigeuse peu durable mais parfois importante, saison sèche à orage brutaux en Eté, effet de barrage des reliefs, favorisant les précipitations. Les précipitations moyennes annuelles sont de 468.05 mm.la température moyenne annuelle de 16°C, L'évapotranspiration réelle est de 396.65 mm, soit 84.74% des précipitations.

L'étude hydrochimique des eaux souterraines du bassin versant montre une évolution croissante de la minéralisation de l'amont en aval du fait du changement de la lithologie, du climat et de la pollution. La température des eaux varie de 15.5°C à 19.2°C, La conductivité électrique varie de 1270 µS/cm à 2148 µS/cm, le pH varie de 6.98 a 7.41 et la turbidité varie de 0.18 à 1.18 Ainsi les eaux évoluent d'un faciès bicarbonaté calcique et magnésien à sulfaté calcique magnésien.

Conclusion Général

La plupart des éléments chimiques sont conformes aux normes de potabilité selon l'office mondiale de la santé à l'exception de quelques points, situés en amont du bassin, où les concentrations dépassent les limites admissibles.



RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE



REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- ✓ **A**NDI. (2013). Agence nationale de développement de l'investissement
- ✓ Agence des bassins hydrographiques. "Constantinois-Seybousse-Mellegue" 2002. Les cahiers de l'agence, N°7, bassin de la Seybousse
- ✓ **B**ouchet et Gerbier ,1975 in musy ,2001 . Contribution à l'étude du comportement écophysiological du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela
- ✓ **D**.H.W.K: direction d'hydraulique de la wilaya deKhenchela, service des statistiquesMai2012.
- ✓ DPAT: Direction de planification et d'aménagement des territoires Avril, 2012 service des statistique monographique de la wilaya de Khenchela.
- ✓ Direction générale du budget 166p. Monographie de la wilaya de Khenchela.
- ✓ Direction de l'environnement. Khenchela.
- ✓ **D**UCHAUFOR. P. (2004). Introduction à la science du sol. Nouv. éd. Paris.
- ✓ **D**EWK, 2014.Plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de Khenchela ; Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela (2014)
- ✓ **D**jebaili S. (1984). Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines Steppiques et de l'Atlas saharien algérien : annexes, tableaux et cartes. Mémoire : OPU, Alger (Algérie). 177 p. (n. 2 vol.).
- ✓ **F**reeze et cherry,1979. Original Groundwater by Freeze and Cherry (1979)
- ✓ **G**aume 2002. Analyse hydro-pluviométrique des crues du Gard et du Vidourle des 8 et 9 septembre 2002

- ✓ GAAGAI. A., (2009): Etude hydrologique et hydrochimique du Bassin versant du barrage de Babar sur Oued El Arabe région Est de l'Algérie. Mémoire Magister, université de Batna Faculté des sciences de l'Ingénieurs, Département d'Hydraulique. 130 p
- ✓ **K**HABTHANE.H., (2010): Contribution à l'étude du comportement écophysologique du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela. Mémoire Magister. Université de Constantine. 152 p.
- ✓ **L**e risque d'inondation : cahier technique page 4
- ✓ **R**Jaseix-BELLAN- Cartographe –Alger 1924
- ✓ **S**tation météorologique El-Hamma

RESUME

Le bassin versant d'Oued Kais représente une partie très importante de la région des Aurès à cause de l'absence des études de la qualité des eaux souterraines de cette région, fait une nécessité pour la connaissance et la préservation des eaux.

Le présent manuscrit synthétise un ensemble de données qui nous ont permis de faire une approche de la qualité chimique et physique des eaux du bassin de Kais

Les eaux évoluent chimiquement dans le sens d'écoulement suivant un faciès bicarbonaté calcique à magnésien en amont 22.23% vers des eaux chlorurées sodiques en aval avec 77.77%.

La pollution par certains éléments chimiques d'origine anthropique (agriculture) représente la première cause de la minéralisation des eaux de la région d'étude

Les eaux du bassin de Kais sont acceptables à l'usage de potabilité.

Mots clés : Bassin versant , qualité ,Analyses , Eau ,

ABSTRACT

The valley Kais watershed represents a very important part of the Aures region because of the absence of studies of the quality of the groundwater of this region, makes a necessity for the knowledge and the preservation of the waters.

The synthesized manuscript presents a set of data that allowed us to make an approach to the chemical and physical quality of the waters of the Kais Basin.

The water changes chemically in the direction of flow along a magnesium bicarbonate calcium facies upstream 22.23% to downstream chlorinated sodium water with 77.77%

Pollution by certain chemical elements of anthropic origin (agriculture) represents the first cause of the mineralization of the waters of the study area.

The waters of Kais Basin are acceptable for potability use.

Key words : valley , water , quality , analyse

ملخص

يمثل مصب حوض المياه واد قاييس جزءًا مهمًا جدًا من منطقة الاوراس نظرًا لعدم وجود دراسات عن جودة المياه الجوفية في هذه المنطقة ، مما يجعل من الضروري معرفة المياه والحفاظ عليها.

تحتوي المخطوطة التوليفية على مجموعة من البيانات التي سمحت لنا بإجراء مقارنة للجودة الكيميائية والفيزيائية لمياه حوض قاييس

يتغير الماء كيميائيا في اتجاه التدفق على سواحل الكالسيوم بيكربونات المغنيسيوم المنبع 22.23 % إلى مياه الصوديوم الكلورة المصب مع 77.77 %.

يمثل التلوث الناتج عن بعض العناصر الكيميائية ذات المنشأ البشري (الزراعة) السبب الأول لتمعدن مياه منطقة الدراسة. تعتبر مياه حوض قاييس مقبولة للاستخدام.

الكلمات الدالة حوض المياه . الماء . الجودة . تحاليل