



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT: Ecologie & Environnement

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**FILIERE: Ecologie et l'Environnement**

**OPTION: Protection des écosystèmes**

**Thème**

Enquêtes hydro chimiques sur la qualité des eaux  
souterraines à boire et à des fins d'irrigation (région de  
khenchela )

**Présenté par:**

- Hasnaoui Roumissa

-Ben Amara Chahira

**Jury de soutenance:**

Directrice de memoire: Dr Halimi Samia

MCB Univ.Khenchela

Présidente : Mezhoud Amel

MAA Univ.Khenchela

Examinatrice : Ouanes Myada

MAA Univ.Khenchela

**Promotion: 2019**

## Remerciements

Ce travail doit beaucoup à la collaboration de nombreuses personnes à la tête desquelles nous voudrions citer :

### A

Notre directrice de mémoire Dr Halimi Samia que nous félicitons pour sa rigueur et sa patience, merci à vous pour les conseils, orientation, aide et disponibilité, ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie. Nous beaucoup appris à ses côtés et nous lui adresse notre gratitude pour tout cela.

Les membres du jury, nous tenons à remercier notre enseignante Mezhod Amal et Ouenas Myada d' avoir 'accepter présider et examiner ce travail.

Nous tenons à exprimer notre remerciements à toute l'équipe du conservation de foret de la wilaya de kenchela, pour leurs précieux conseils et leur disponibilité.

Je desire en outre remercier tous les membres de Laboratoires de La ADE.

## DEDICACE

A ceux qui ont dessiné les plus belles images de ma vie, qui me poussent aujourd'hui vers l'avant et rassurent mes pas, qui m'ont tant appris et ont fait de moi ce que je suis, que Dieu les garde, joie de ma vie:

Mon Père: **Sallah hasnaoui** et ma Mère **Zoubida meziti**

Mes sœurs **Sounedousse** et **CHahinaze**, et Mes frères **Noure addine** et **Djehade** .

A toute la famille: **hasnaoui ET meziti.....**

A mes fidèles amies: **rahema ;karima ;chahira ;maha ;asouma soulef**

Aux étudiants de ma promotion pour leurs sympathie et leur soutien durant les années d'étude, je leur souhaite beaucoup de succès :

**Rahma karima ; Noure ;Manele ;Chahira ;Amira ;  
Nadjate ;Imane ;Amina ;Amin ;Tarike ;Sabetie ;Oumare..**

Enfin, je dédie ce modeste travail à ma très chère **HALIMI SAMAI**  
la femme modeste avec qui j'ai appris beaucoup de choses

roumissa

## Dédicace

Je remercie < **ALLAH** > le tout grand et tout puissant pour m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour finir mon étude universitaire.

Je dédie ce travail à mon **cher père** pour son soutien moral, matériel, et ces

Nombreux conseils.

A **ma mère** qui m'a encouragée.

A **mes chers frères**.

Et à toute **ma famille**, petite et grande.

Un merci plein de gratitude pour :

**Mes ami (e)s** : hasnaoui roumisa ,rahma,amira,manel,nour,karima,imen,,nadjet

Pour finir j'aimerais dédier ce travail a tous mes amis de la promotion **2018** et

**2019**en particulier la classe de protection des écosystèmes.

*CHAHIRA*



# Table des matières

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude</b>	
I. Présentation générale et localisation de la zone d'étude .....	01
I.1. Localisation géographique .....	01
I.2 Limite et situation géographique de la zone d'étude .....	02
I.3 Le cadre Administratif .....	03
II. Cadre socio-démo-économique .....	04
II .1La population .....	05
I I .1.1 Densité et répartition spatiale de la population .....	05
II.1.2 Evolution de la population au cours des quatre derniers recensements .....	06
II .2 Les ressources hydriques .....	06
II.3 La couverture végétale .....	09
III. La géomorphologie de la zone d'étude .....	09
III.1Les relief .....	10
III.1.1Les plaines .....	10
III.1.2 Les plateaux .....	10
III.1.3 Les montagnes .....	10
III.1.4 Les parcours steppiques et les dépressions .....	10
III.2 La pente.....	11
Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5%.....	12
Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5%.....	12
Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25%.....	12
Classe 4 : pente supérieure à 25%.....	12
<b>Chapitre 2: Hydrogéologie de la zone d'étude</b>	
I Cadre géologique générale: .....	14
II. Etude litho-stratigraphique: .....	14
II.1. Les socles Mésozoïques: .....	14
A. Trias: .....	14
B. Crétacé: .....	14
B.1.Crétacé inférieure: .....	14
B.1.2. Barrémien- Aptien: .....	14
B.1.3.Albien: .....	15
B.1.4.Aptien: .....	15

B.2 Crétacé supérieure :	15
B.2.1 Cénomaniens:	15
B.2.2 Turonien:	15
B.2.3 Sénonien:	16
II .2 Les socles Cénozoïques:	16
II .2 .1. Néogène:	16
II .2 .2. Quaternaire:	16
III Miocene:	17
VI Situation pédologique.....	17
VI .1 Pédologie régionale:	17
VI.2 La Perméabilité:	18
Classe des formations à perméabilité élevée.....	18
Classe des formations à perméabilité moyenne.....	18
Classe des formations à perméabilité faible à moyenne.....	18
IV L'hydrogéologie de la zone etude:	19
IV 1- Les formations aquifères au niveau de la région de kenchela:	20
1.1 Nappe superficielle:	20
1.2 Nappe Des Plaines d'effondrement:	20
1.3 Nappe des calcaires fissures.....	20
Nappe des formations continentales :	20
<b>Chapitre 3: Hydro climatologie de la plaine</b>	
I . Les données climatiques disponibles :	22
I . 1 . Le réseau de mesure et origine des données. ....	22
A. Les facteurs climatiques.....	22
1. La température:	22
2. La précipitation .....	23
2.1 Répartition mensuelle des précipitations .....	24
2.2 Répartition annuelle des précipitations.....	25
Diagramme Ombrothémique de GAUSSEN.....	26
2.3. Détermination de l'étage bioclimatique.....	27
3. Le vent.....	28
4. L'Humidité.....	29
<b>Chapitre 04: chimie des eaux</b>	
I- paramètres in situ .....	33
I-1 Conductivité électrique .....	33
I -2- Température.....	

I -3-Le potentiel Hydrogène (pH) .....	37
II -1 Variations des cations des eaux souterraines .....	39
II -1-1 Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	39
II- 1-2 Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	40
II -1-3 Le Sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	40
II-1-4 Interprétations des résultats .....	40
II-2 Variations des anions des eaux souterraines .....	43
II.2.1 Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ) .....	43
II- 2-2 Les sulfates( $\text{SO}_4$ ).....	44
II-2-3 Les chlorure ( $\text{CL}^-$ ).....	44
II-2-4 Interprétations des résultats .....	44
II- 3 Les éléments nutritifs .....	47
II- 3 -1 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	47
II- 3 -1 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	47
II.3.3.Les phosphates ( $\text{po}_4$ ) .....	47
II.3. 4L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	48
II.3.5 Interprétations des résultats .....	48
III Faciès chimiques des eaux.....	51
III 1 Diagramme de piper .....	51
III.2 Diagramme de Scholler Berkaloff .....	55
IV. Relations caractéristiques des éléments.....	59
IV. 1. Relation $\text{Na}^+/\text{CL}^-$ .....	59
IV.2.Relation $\text{HSO}_3/\text{Ca}^{2+}$ .....	60
IV.3. Relation $\text{SO}_4/\text{Ca}^{2+}$ .....	
IV.4. Relation $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4$ .....	62
III.5. Relation $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{HCO}_3^-$ .....	63
IV Aptitude des eaux de la zone étude à l'irrigation .....	64
IV.1. Risque de sodalité et de salinité : .....	65
VI. Classification des eaux.....	66

**Conclusion générale**

# Liste des tableaux

<b>Titer du Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau1:</b> Decoupage administrative de la wilaya de Khenchela .....	04
<b>Tableau2:</b> Caractéristique de la station hydrométrique d’El Hamma.....	22
<b>Tableau3 :</b> Température moyenne mensuelle enregistrée à la station d’El Hamma (1997-2017) .....	23
<b>Tableau4:</b> La précipitation mensuelle enregistrée à la station d’El Hamma (1997-2017).....	24
<b>Tableau5:</b> Précipitation moyenne annuelle d’El Hamma (1997-2017) .....	25
<b>Tableau6:</b> La précipitation et la température moyenne mensuelle (1997-2017).....	26
<b>Tableau7:</b> Les valeurs de Q2.....	27
<b>Tableau8:</b> La vitesse moyenne du vent (m/s) enregistrée à la station de D’El Hamma (1997-2017).....	28
<b>Tableau9:</b> L’Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017)...	30
<b>Tableau10:</b> classification des eaux par degré d’aptitude à l’irrigation (méthode de SAR)	69
<b>Tableau11:</b> classification des eaux selon Richards (2015).....	70
<b>Tableau12:</b> classification des eaux selon Richards (2016).....	71
<b>Tableau13:</b> classification des eaux selon Richards (2017) .....	72
<b>Tableau14:</b> classification des eaux selon Richards (2018).....	73

<i>Liste des figures</i>	<i>Page</i>
<b>Figure 1:</b> Le massif de l'Aurès .....	01
<b>Figure 2:</b> Situation géographique de la wilaya de Khenchela .....	03
<b>Figure 3</b> Répartition de population par commune .....	05
<b>Figure 4:</b> Répartition de la densité par commune (hab /km <sup>2</sup> ).....	06
<b>Figure 5:</b> Evolution totale de la population de la zone d'étude .....	06
<b>Figure 6:</b> Réseau hydrographique de la zone étude .....	08
<b>Figure7:</b> Carte géomorphologique de la wilaya de Khenchela .....	09
<b>Figure 8:</b> Carte de relief de la zone d'étude .....	11
<b>Figure 9:</b> Caret des pentes de la zone d'étude .....	13
<b>Figure 10:</b> La carte géologie de la région d'étude .....	17
<b>Figure 11:</b> la carte des sols de la wilaya de khenchela .....	19
<b>Figure 12:</b> la Carte des principales zones aquifères .....	21
<b>Figure 13:</b> Histogramme de variation des températures moyennes (1997-2017)....	23
<b>Figure 14:</b> Histogramme de variation des Précipitation moyennes mensuelles (1997-2017)....	25
<b>Figure 15:</b> Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1997-2017) .....	26
<b>Figure 16:</b> Diagramme Ombrothérmiq ue de Gaussen .....	27
<b>Figure 17:</b> Climogramme d'Emberger .....	28
<b>Figure 18 :</b> La répartition moyenne de la vitesse du vent (1997- 2017).....	29
<b>Figure 19 :</b> L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017).....	30
<b>Figure 20:</b> carte inventaire de la zone d'étude .....	32
<b>Figure 21:</b> conductimètre .....	33
<b>Figure 22</b> Histogramme de variation de la conductivité électrique(2015).....	33
<b>Figure 23:</b> Histogramme de variation de la conductivité électrique (2016).....	34
<b>Figure 24:</b> Histogramme de variation de la conductivité électrique(2017).....	34
<b>Figure 25:</b> Histogramme de variation de la conductivité électrique (2018).....	35
<b>Figure 26:</b> multi- paramètres .....	35
<b>Figure27 :</b> Histogrammes de variation des températures( 2015)	36
<b>Figure2 8:</b> Histogrammes de variation des températures( 2016)....	36
<b>Figure 29:</b> Histogrammes de variation des températures( 2017).....	36
<b>Figure 30:</b> Histogrammes de variation des températures( 2018).....	37
<b>Figure 31:</b> PH-mètres .....	37

<b>Figure 32:</b> Histogramme de variation du PH des eaux de la zone d'étude (2015).....	38
<b>Figure 33:</b> Histogramme de variation du PH des eaux de la zone d'étude (2016)	38
<b>Figure 34:</b> Histogramme de variation du PH des eaux de la zone d'étude (2017) .....	39
<b>Figure 35:</b> Histogramme de variation du PH des eaux de la zone d'étude (2018).....	39
<b>Figure 36:</b> Histogramme de variation des cations (2015).....	41
<b>Figure 37:</b> Histogramme de variation des cations (2016) .....	42
<b>Figure 38 :</b> Histogramme de variation des cations (2017).....	42
<b>Figure 39 :</b> Histogramme de variation des cations (2018) .....	43
<b>Figure 40:</b> Histogramme de variation des anions (2015). .....	45
<b>Figure 41:</b> Histogramme de variation des anions (2016). .....	45
<b>Figure 42:</b> Histogramme de variation des anions (2017).....	46
<b>Figure 43:</b> Histogramme de variation des anions (2018). .....	47
<b>Figure 44:</b> Histogramme de variations des éléments nutritifs( 2015) .....	48
<b>Figure 45:</b> Histogramme de variations des éléments nutritifs( 2016) .....	49
<b>Figure 46:</b> Histogramme de variations des éléments nutritifs( 2017) .....	50
<b>Figure 47:</b> Histogramme de variations des éléments nutritifs( 2018)	50
<b>Figure 48 :</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2015.....	52
<b>Figure 49:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2016 .....	53
<b>Figure 50:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2017.....	54
<b>Figure 51:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2018 .....	55
<b>Figure 52:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkloff ( 2015) .....	56
<b>Figure 53:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkloff ( 2016) .....	57
<b>Figure 54:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkloff ( 2017) .....	58
<b>Figure 55:</b> Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkloff ( 2018) .....	59
<b>Figure 56:</b> Courbe inter élément chimiques Na/CL <sup>-</sup> (2015, 2016, 2017, 2018).....	60

<b>Figure57:</b> Courbe inter élément chimiques $SO_4/Ca^{2+}$ ( 2015, 2016 ,2017, 2018) .....	61
<b>Figure 58 :</b> Courbe inter élément chimiques $HCO_3/Ca^{2+}$ (2015, 2016, 2017 ,2018).....	62
<b>Figure 59 :</b> Courbe inter élément chimiques $Na^+/Ca^{2+}/SO_4$ (2015, 2016, 2017, 2018)	63
<b>Figure 60:</b> Courbe inter élément chimiques (2015 ,2016 ,2017 ,2018).....	64
<b>Figure 61:</b> Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude (2015) .....	66
<b>Figure 62:</b> Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude (2016) .....	67
<b>Figure63:</b> Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude (2017) .....	68
<b>Figure 64:</b> Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude (2018) .....	69
<b>Figure 65:</b> classification des eaux selon Richards (2015) .....	74
<b>Figure 66:</b> classification des eaux selon Richards (2016) .....	75
<b>Figure67 :</b> classification des eaux selon Richards (2017) .....	76

## Liste d'abréviations

**Hab.** : habitants

**Cm** : centimètre

**Km<sup>2</sup>** : kilomètre carré

**mm** : millimètre

**T** : Température

**CE** : Conductivité électrique

**µs** : microsimense

**PH** : Le potentiel Hydrogène

**Ca<sup>2+</sup>**: Le Calcium

**(Mg<sup>2+</sup>)** : Magnésium

**(Na<sup>+</sup>)** : Le Sodium

**mg**: milligramme

**l** : litre

**(HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup>)** : Les Bicarbonates

**(SO<sub>4</sub>)** : Les sulfates

**(CL<sup>-</sup>)** : Le chlorure

**(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : Les nitrates

**(NO<sub>2</sub>)** : Les nitrites

**(p<sub>o4</sub>)** : Les phosphates

**(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)** : L'azote ammoniacal

## **INTRODUCTION GENERALE**

Au cours de leur cheminement terrestre, les eaux brutes lessivent systématiquement les terres et se chargent, en quantités et proportions variables suivant les lieux, de tout le spectre des composants naturels de la croûte terrestre, des produits de la vie végétale et animale ainsi que des constituants des rejets de l'activité humaine. Toutes ces substances et les produits de leurs dégradations ou transformations ultérieures dans le milieu s'y trouvent sous divers états physiques, soit en suspension, soit sous forme colloïdale, soit encore en solution. Les teneurs de ces paramètres dans le milieu naturel sont souvent incompatibles avec la réglementation sanitaire et la perception des consommateurs.

Donc la ressource hydrique dans la région de Khenchela se trouve menacée par de nombreux foyers de pollution qui se sont multipliés sur son territoire en dehors de toute mesure de protection de l'environnement sachant que la zone est à vocation agricole, cette dernière est exposée à des risques potentiels d'altération à moyen et à long terme. Pour mieux cerner et puis remédier à ce problème, nous avons adopté la méthodologie suivante:

- Le premier chapitre est consacré à l'étude du cadre géographique et milieu naturel, dans cette partie, on va présenter la situation géographique, le milieu naturel
- Le deuxième chapitre à pour but principal d'étudier le contexte géologique, où nous avons essayé de montrer les différentes phases lithologiques, paléogéographiques et tectoniques liées à l'histoire géologique de la région.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude hydro climatologique, l'étude effectuée à pour objectif de mieux connaître l'évolution des caractéristiques climatiques dans le l'espace et dans temps
- Le quatrième chapitre basé sur des résultats d'analyses hydrochimiques sur une période de quatre ans allant de 2015 à 2018 ; les prélèvements des échantillons ont été effectués lors des sorties sur terrain par les ingénieurs de l'ADE, les résultats obtenus seront présentés, interprétés et puis discutés.

En fin une conclusion générale du travail

### **Objectif du travail**

La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaines (agricole, industrielle et domestique) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques.

L'objectif de ce travail est de voir l'évolution des éléments chimiques des eaux du nord de Khenchela destinée à la consommation humaine et à l'utilisation pour l'irrigation des cultures

sur une période de quatre ans allant de 2015 à 2018 sachant que la zone d'étude est à vocation agricole.

Plusieurs outils (géologique, chimique et statistique) ont été utilisés afin d'interpréter les résultats.

## Introduction

Dans cette partie nous allons principalement présenter la zone d'étude, mettre en relief localisation géographique, l'hydrographie, le couvert végétal, le relief, la géologie, et l'hydrogéologie.

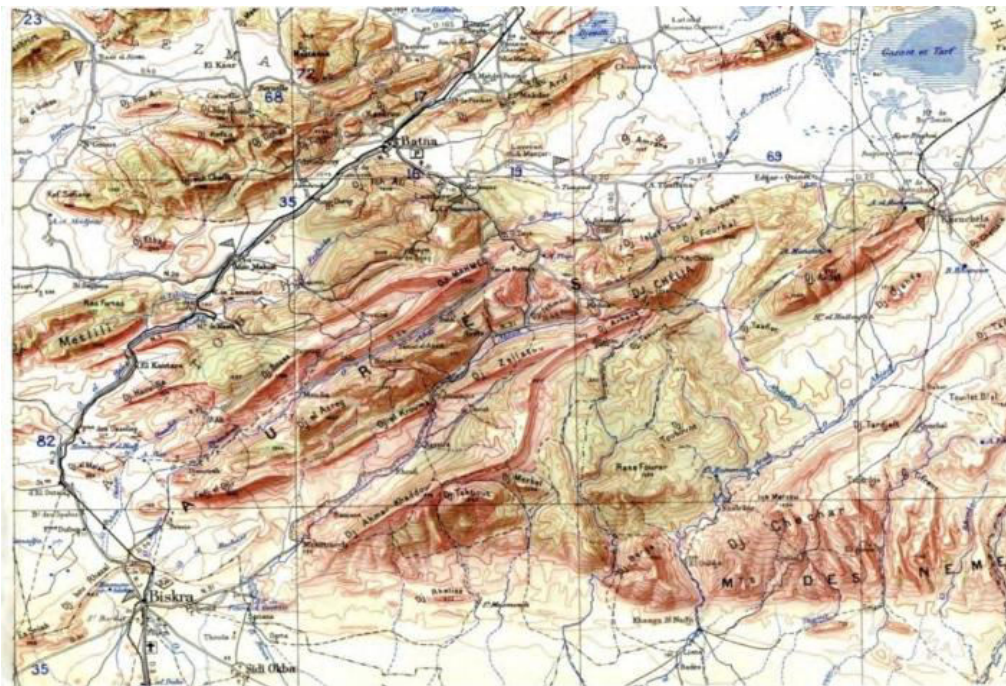
### I. Présentation générale et localisation de la zone d'étude

#### I.1. Localisation géographique

L'Aurès occupe une surface d'environ 7000 km<sup>2</sup>. Il s'étend entre les parallèles 34° 45' et 35° - 30' Nord et les longitudes 5° - 45' et 7'' à l'Est du méridien international (Berkani, 2017).

Il se place à la charnière des deux grands ensembles qui forment l'atlas saharien aussi bien en Algérie qu'en Tunisie et qui s'allonge dans une direction Est-Ouest parallèle à l'atlas tellien lui-même suit les rivages méridionaux de la mer méditerranée.

Topographiquement, il n'est pas très difficile de limiter ce massif : sa bordure Nord est une ligne pratiquement directe entre les villes de Batna et Khenchela soit sur une centaine de kilomètres comme il est indiqué dans la figure 1 (Meharzi, 2010).



**Fig.1:** Le massif de l'Aurès source (Meharzi, 2010)

## I.2.Limite et situation géographique de la zone d'étude

La wilaya de Khenchela est située au nord-est algérien dans la région des Aurès (Fig.1) et au Sud-est du constantinois ; et au contrefort du mont des Aurès entre les parallèles :  $34^{\circ} 06' 36''$  et  $35^{\circ} 41' 21''$  latitudes Nord ; et entre  $06^{\circ} 34' 12''$  et  $07^{\circ} 35' 56''$  de longitudes

La superficie totale de La wilaya de Khenchela  $9\,715\text{ Km}^2$  .

Elle est limitée géographiquement au Nord ; par la Wilaya d'Oum El Bouaghi

Au Sud ; par la wilaya d'El Oued Est par la wilaya de Tébessa, Ouest ; par la wilaya de Batna, Sud- Ouest ; par la wilaya de Biskra(DRE, 2019).

Sur le plan géographique, la région de Khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud(khabtane, 2015).

En effet, la surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du nord, et de ce fait la wilaya de Khenchela se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya.
- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie nord de la wilaya.
- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némemchas à l'est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita)(Madani,etBenaroua 2010).



Tableau 1 : Découpage administratif de la wilaya de Khenchela

DAIRA	Commune	Superficie total Km <sup>2</sup>
<b>Khenchla</b>	Khenchla	32
<b>Babar</b>	Babar	3935
<b>Ouled Rechache</b>	El Mahmel	656
	Zoui	
<b>El Hamma</b>	El Hamma	852
	Tamza	
	Baghaïa	
	N'sigha	
<b>Aïn Touila</b>	M'toussa	420
	Aïn Touila	
<b>Chechar</b>	Chechar	2066
	Kheïrane	
	El Ouldja	
	Djellal	
<b>Bouhmama</b>	M'sara	1288
	Yabous	
	Bouhmama	
	Chélia	
<b>Kaïs</b>	Kaïs	466
	Remila	
	Taouzinet (Fais)	

Source :(Conservation des Forets Khenchela, 2019)

## II.Cadre socio-démo-économique

La région de khenchela a été depuis toujours une zone à vocation agro-syro-pastorale. L'activité principale au niveau de la région demeure l'agriculture avec une superficie de 231768ha, la couverture forestière occupe 231768ha.

Les terres à haute valeurs agricole sont de 39000ha, les terres improductives sont de 150155ha (terres improductives 78900ha, terres urbanisés 7236ha).

Le secteur de l'industrie est faiblement représenté dans la wilaya.

Il se constitue de deux unités de production de secteur public et trente et un de la petite et moyenne entreprise privée (Boubelli, 2009).

## II .1. La population

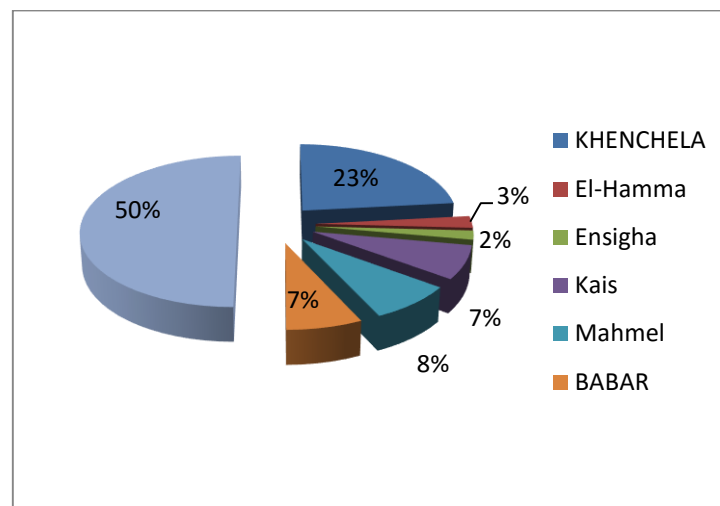
### II .1.1. Densité et répartition spatiale de la population

Au 31 /12/2018 et selon l'annuaire statistique de la Direction de planification statistique de Khenchela, la surface totale de khenchela a été estimée à 9715 Km<sup>2</sup>.

Au recensement général de la population et de l'habitat de l'année 2008, la Wilaya de Khenchela comptait 386.683habitants.

Durant l'année 2018, la population a augmenté de 10.390 Habitant atteignant 479.900 habitants (Fig.3), soit un taux d'accroissement annuel moyen de 2,21% (DPSI, 2019).

Les plus fortes densités sont observées au niveau des CommunesKhenchela, Mahmel avec 4329,06 Hab/Km<sup>2</sup>et 127,65 Hab/Km<sup>2</sup> respectivement, les plus faibles ont enregistrées àEnsigna, El-Hamma et Babar avec 70,43 Hab/Km<sup>2</sup> 89,11Hab/Km<sup>2</sup> et 10,63Hab/Km<sup>2</sup>(Fig.4).



**Fig.3** : Répartition de population par commune (DPSI)

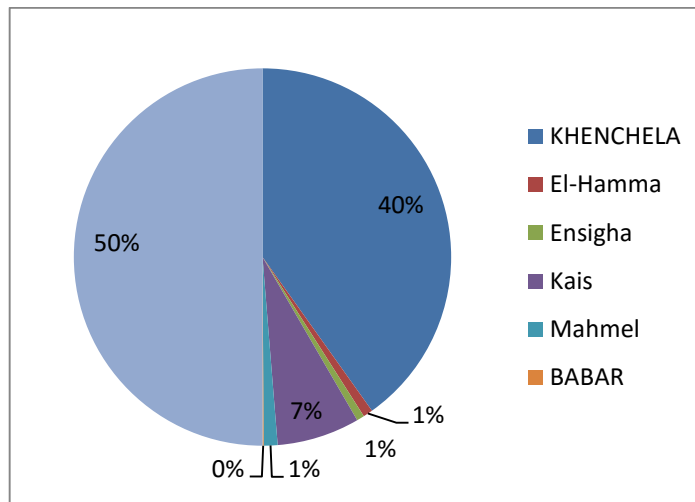


Fig.4 : Répartition de la densité par commune (hab /km<sup>2</sup>)

**II.1.2. Evolution de la population au cours des quatre derniers recensements**

La population des communes (KHENCHELA, El-Hamma, Ensigna, Kais, Mahmel, BABAR) a connu de manière générale, une faible évolution en 1977 et forte évolution en 2018. (Fig.5)

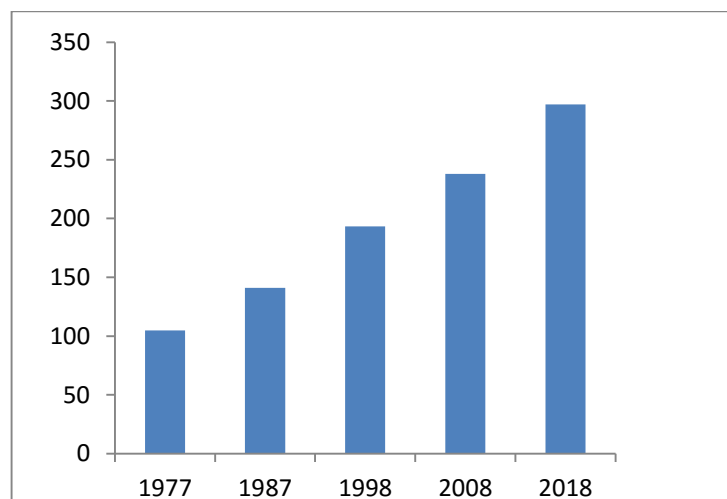


Fig .5 :Evolution totale de la population de la zone d'étude

**II .2 Les ressources hydriques**

La région de Khenchela est caractérisée par un réseau hydrographique (Fig.6) constitué des oueds avec un régime d'écoulement temporaire , et une répartition du réseau hydrographique assez faible au nord comparé au sud de la région, celle-ci influe sur l'exploitation optimale des eaux superficielles qui est insuffisante ou inexistante sur des périodes de l'année ,ce qui influe à son tour sur l'alimentation en eau potable de la ville de Khenchela, ce qui renforce le principe que l'eau est une ressource très difficile à appréhender(DHE,2019 ).

IL est caractérisé par deux principaux drainages:

- Le réseau hydrographique du Nord n'est pas important et influe faiblement dans la vie Economique de la région
- Le réseau de la partie Sud est composé de trois bassins essentiels:
- Au Nord vers le Chott de Guerraet-Taraf.
- Au Sud vers le Chott Melghir.
- Bassin de Oued El- Ma.
- Bassin d'Oued El-Areb.
- Bassin d'Oued Beni Barbe. (Boubelli, 2009).

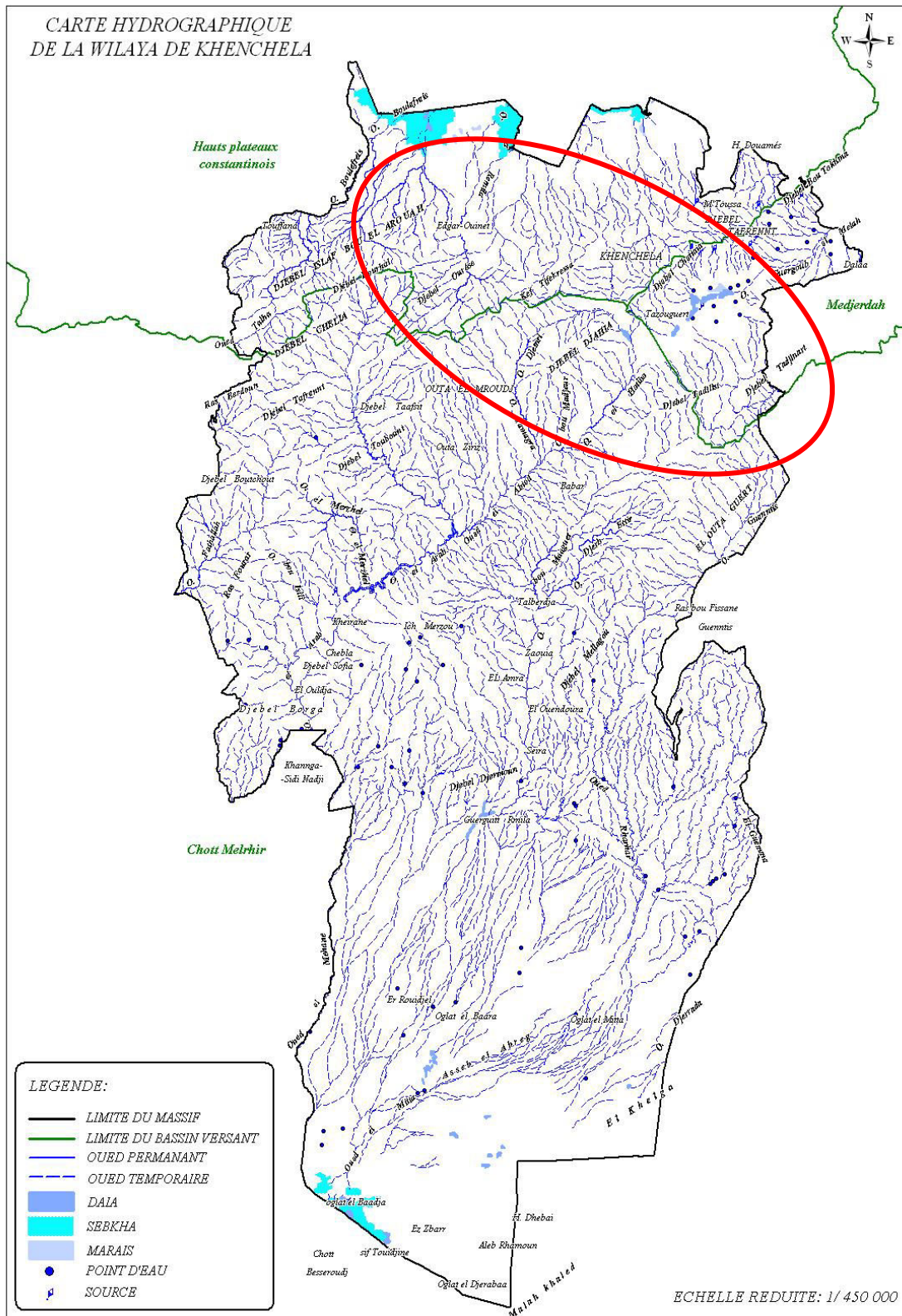


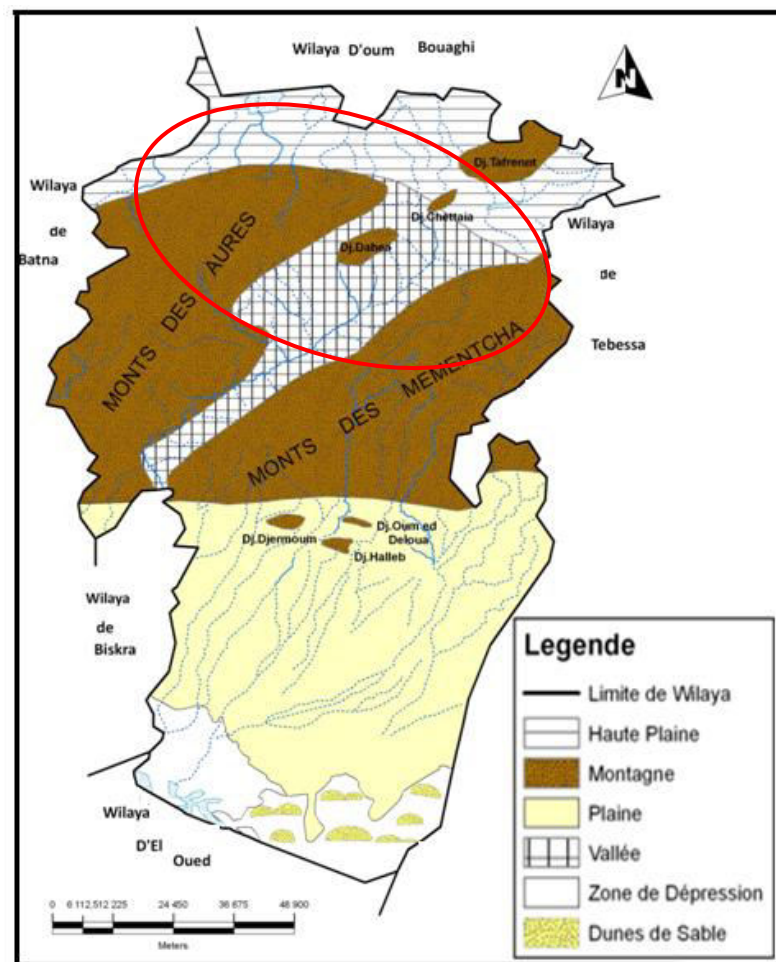
Fig .6 : Réseau hydrographique de la zone étude source :( DHE, 2019)

### II.3 La couverture végétale

La couverture végétale de la wilaya est composée de trois (03) strates : Arbres, arbustes et plantes pérennes. La végétation varie selon les différentes régions naturelles. Ainsi au niveau des hautes plaines du Nord, on rencontre essentiellement des types de végétation basse ; Armoise ou Chih (*Artemesia Helba, Alba*), Guetaf (*Atriplex*), salsola, jujubier (*zizyphus*) (Andi, 2015).

### III. La géomorphologie de la zone d'étude

La géomorphologie est l'un des éléments les plus précieux de l'analyse cartographique dans les études de reconnaissance. Ce paramètre dirige un nombre considérable de processus physiques, en conjugaison avec la pédogenèse contrôlent le développement et l'évolution des sols. Fig. 7 (Tricart et Cailleux, 1968).



**Fig.7 :** Carte géomorphologique de la wilaya de Khenchela. Source :(Conservation des Forêts, 2019)

**III.1. Le relief**

Le relief de la wilaya de Khenchela, est composé de quatre (04) grands ensembles géographiques. (Fig.8)

**III.1.1. Les plaines**

Situées au Nord et Nord /Ouest de la wilaya, elles comprennent Remila, Bouhmama et M'toussa.

Il est à noter que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines.

**III.1.2. Les plateaux**

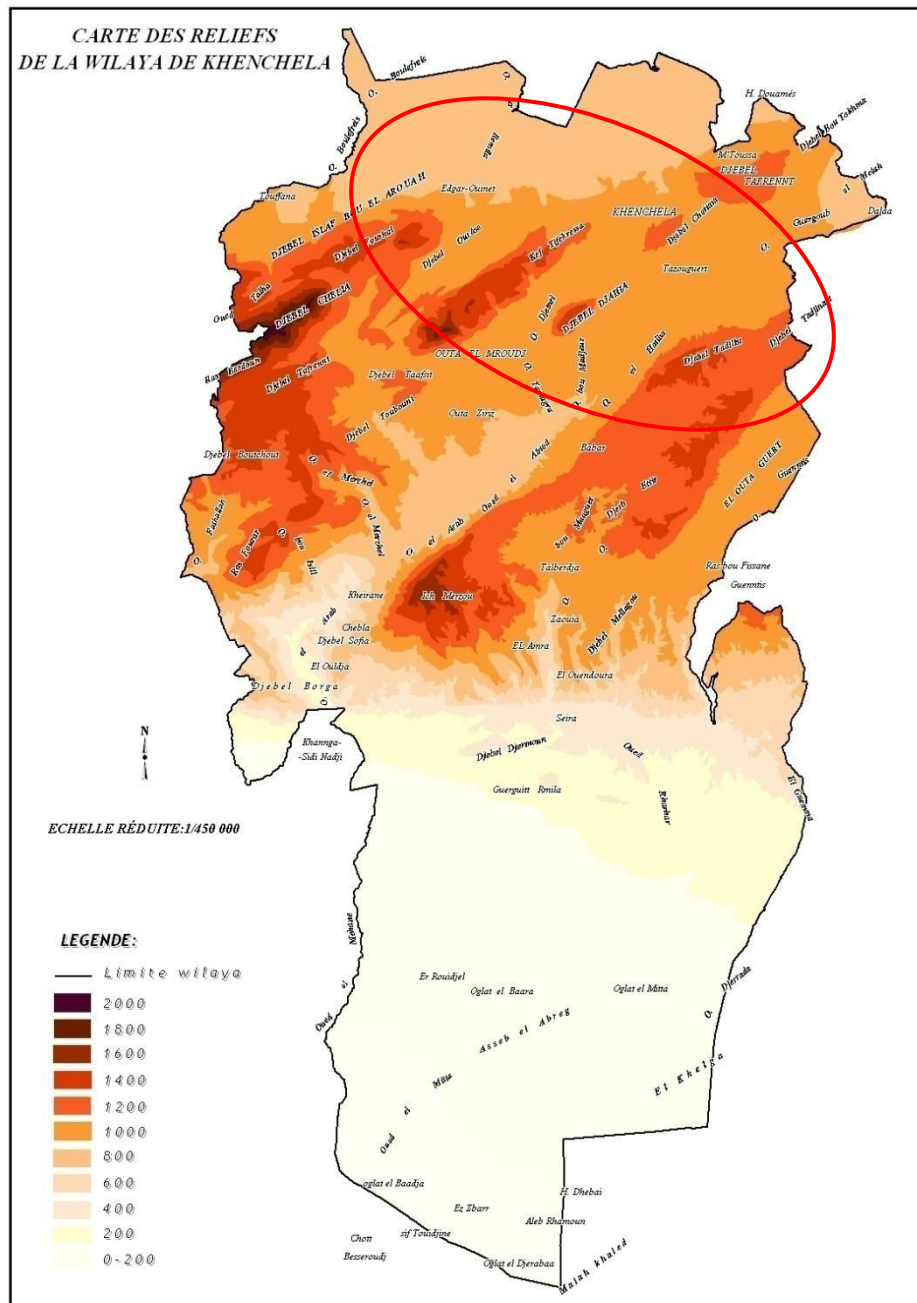
Ils sont situés au Nord /Est (plateau de O.Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et de Ouled Rechache. (Madani, et Benaroua. 2010)

**III.1.3. Les montagnes**

Cette zone de montagne au centre de la willaya formée par le massif des Aurès et némenchas, dont le point culminant atteint 2169 m sur le djebel chélia ce qui fait de lui l'un des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien cette zone dont l'altitude oscille entre 1000 et 2169 mètre est entre écopée par des vallées étroites de direction générale nord (Belmekki, 2013).

**III.1.4. 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. (Andi, 2015).



**Fig. 8:** Carte de relief de la zone d'étudesource : (DHE, 2019)

### III.2. Les pentes

Comme pour les classes d'altitude, une carte des classes de pente caractérisant le territoire de la Wilaya a été dressée, sur la base de la grille retenue par le MATET pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 04 classes. (Fig.9).

- **Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5%.**

C'est une classe à topographie relativement très favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques, sociales et économiques à moindre coût, car facilement accessible et ne nécessitant pas d'aménagements particuliers.

- **Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5%.**

Cette classe présente une pente modérée. Moyennant des techniques et mesures antiérosives, elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive (selon l'intensité de la pente).

- **Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25%.**

Cette classe présente une pente relativement importante. au plan agricole, l'utilisation souhaitable des terres relevant de cette classe doit privilégier l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures, dont les travaux du sol favorisent l'érosion et accélèrent son processus.

- **Classe 4 : pente supérieure à 25%**

C'est une classe qui présente une pente excessivement marquée, constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques (Boumaiza 2012).

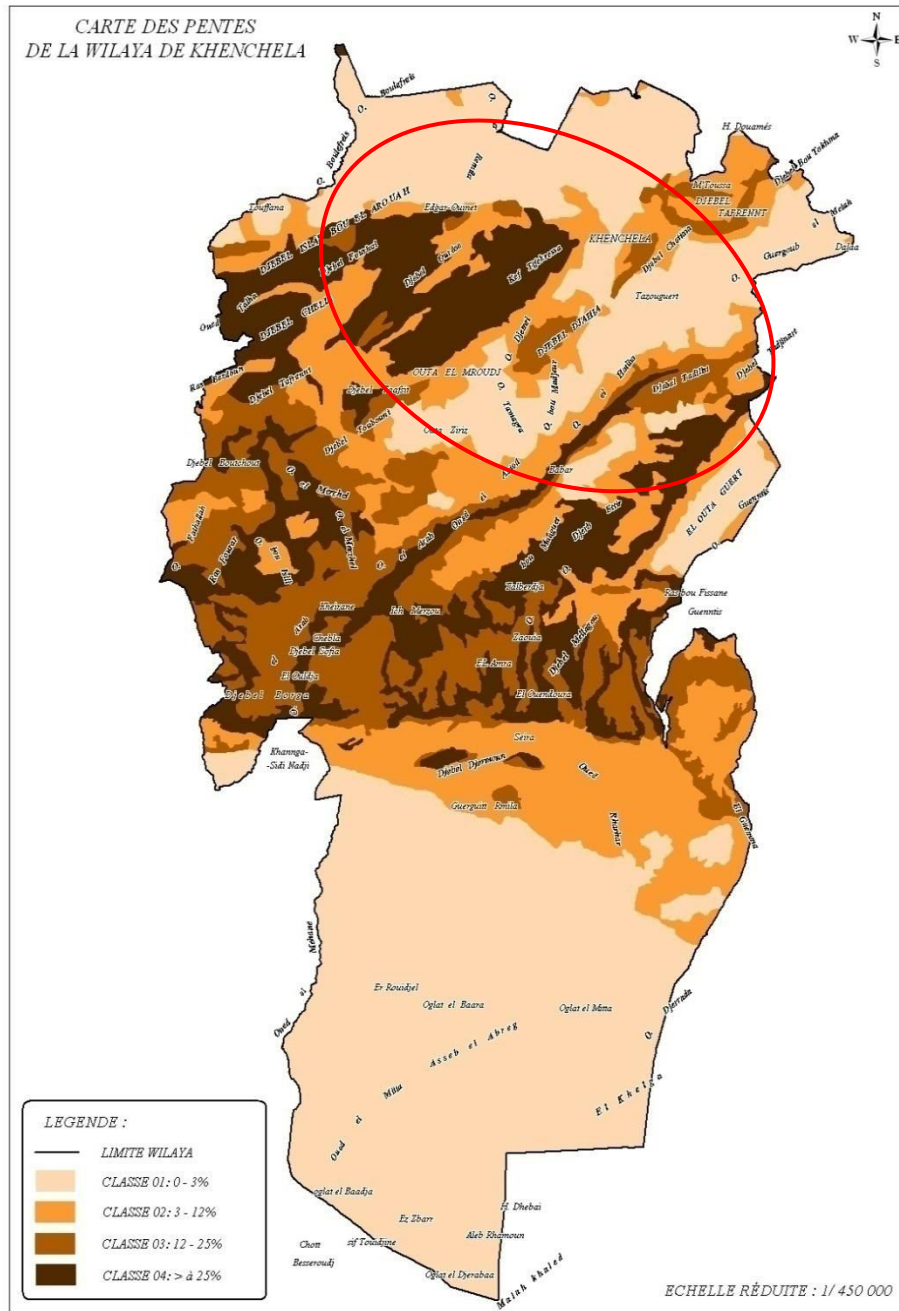


Fig.9 : Carte des pentes de la zone d'étude

source : (DHE, 2019)

## Introduction

L'étude climatique constitue un facteur important pour la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique qui influent d'une façon direct ou à long terme sur les variations des nappes.

Les conditions climatiques variées dépendent essentiellement des facteurs morphologiques, et biogéographiques du bassin versant.

L'objectif principale de toute étude hydro climatique est l'établissement pour une période donnée un bilan hydrique dont les paramètres principaux nécessaires à son établissement sont : la précipitation et la température.

### I. Les données climatiques disponibles

#### I.1. Le réseau de mesure et origine des données.

Pour effectuer l'étude des précipitations et des autres facteurs du climat, nous avons exploité des données recueillies et archivées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) Il convient de signaler l'existence d'une station climatique d' El Hamma , c'est une station météorologique professionnelle du réseau A,N,R,H considérées comme la plus représentative et qui dispose par ailleurs de données continues, récentes et fiables sur 20 ans (1997/2017), Cette période est suffisante pour définir les caractéristiques essentielles du climat (Tableau.2).

**Tableau 2** : Caractéristique de la station hydrométrique d'El Hamma

	<b>Longitude</b>	<b>latitude</b>	<b>altitude</b>	<b>Période d'observation</b>
<b>St El Hamma</b>	7°05'E	35°28'N	928.5m	1997/2017

### A. Les facteurs climatiques

#### 1. La température

La température mesurée est un indicateur de l'ensemble des échanges thermiques qui existent en un lieu et à un instant donné .Sa répartition spatiale est en grande partie tributaire des apports énergétiques et des transferts par les fluides, mais d'autres facteurs interviennent notamment la disposition des masses continentales et océaniques et bien évidemment l'altitude. (Colin. A, 2007)

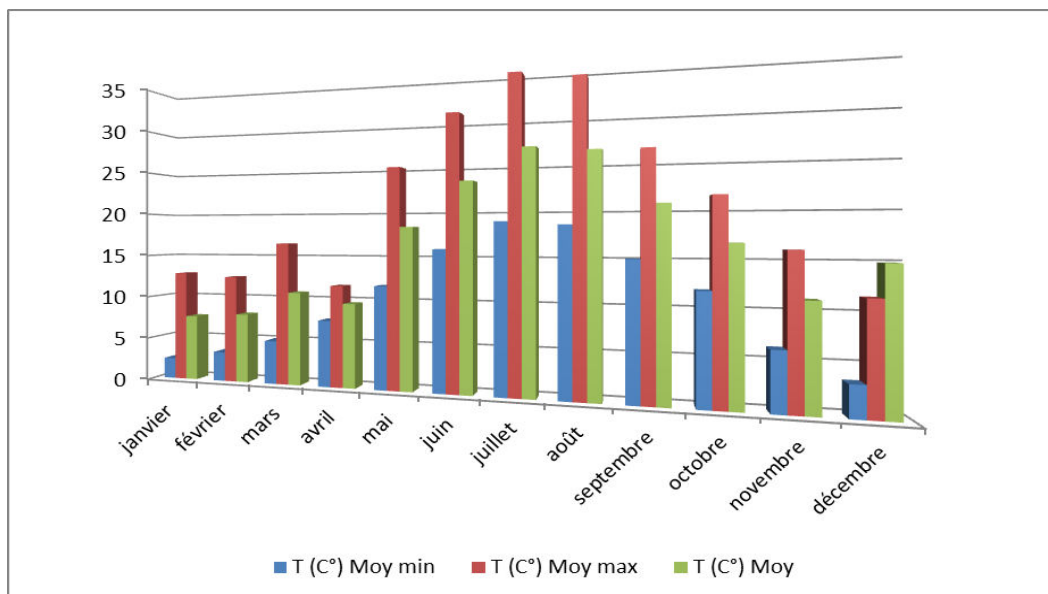
**Tableau 3 :** Température moyenne mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma  
(1997-2017)

	T (C°) Moy min	T (C°) Moy max	T (C°) Moy	Amplitude M-m
janvier	2,4	12.8	7.6	10.4
février	3,4	12.43	8	9.03
mars	5	16.47	10.73	11.47
avril	7,6	11.62	9.61	4.02
mai	11,7	25.08	18.39	13.38
juin	15,9	30.9	23.4	15
juillet	18.95	34.9	26.9	16
août	18.6	34.22	26.41	15.62
septembre	15.01	26.4	20.75	11.39
octobre	11.9	21.53	16.71	9.63
novembre	6.30	16.04	11.17	9.74
décembre	3.33	11.5	14.83	8.17

Source (SMH, 2017)

### Interprétations des résultats :

Les Histogramme de variation des températures moyennes est enregistrée la température maximale au niveau de moines juillet et aout est la température moyenne au niveau de moins janvier.



**Fig.13 :** Histogramme de variation des températures moyennes (1997-2017)

## 2. La précipitation

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la Terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée, givre, ...).

Quelle que soit la forme de la précipitation, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement soit en millimètres (mm), soit en litres par mètre carré (l/m<sup>2</sup>). 1 mm de précipitations correspond à 1 l d'eau par m<sup>2</sup>. L'intensité de la pluie est la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (généralement en mm/h) (Luyet. V, Vogel. J, 2014)

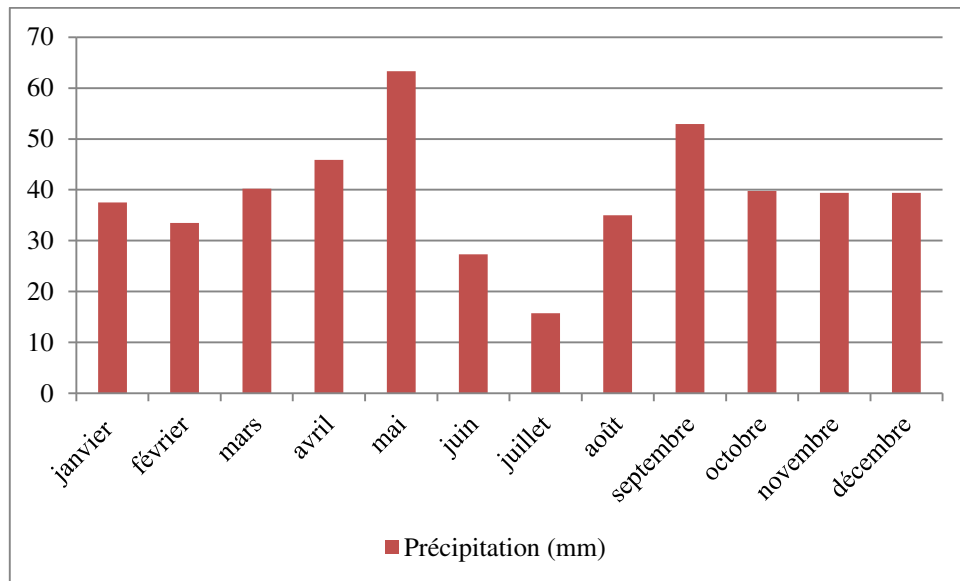
### 2.1 Répartition mensuelle des précipitations

Pour mesurer la Répartition mensuel des précipitations, il est nécessaire de connaître la quantité de précipitations dans les années successives.

Dans cette étude, nous avons utilisé les données de la station météorologique El Hamma entre 1997 et 2017

**Tableau.4** : La précipitation mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017)

mois	Précipitation (mm)
janvier	37,5
février	33,5
mars	40,2
avril	45,9
mai	63,3
juin	27,3
juillet	15,7
août	35
septembre	52,9
octobre	39,8
novembre	39,4
décembre	39,4



**Fig.14 :** Histogramme de variation des Précipitation moyennes mensuelles (1997-2017)

Les données pluviométriques (Fig.14) montrent que la moyenne mensuelle est environ de 35 mm. Le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec 15.7 mm, cependant, les quantités les plus élevées sont observées au mois de novembre avec 63.3 mm.

## 2.2 Répartition annuelle des précipitations

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière.

On remarque qu'il y'a une irrégularité de la répartition annuelle des précipitations, l'année la plus pluvieuse est celle de (2011) avec une précipitation de 626,3 mm ; alors, que le minimum est enregistré en (2017) avec une précipitation de 276 mm.

**Figure n°05 :** Précipitation moyenne annuelle d'El Hamma (1997-2017)

Mois	Précipitation (mm)	Mois	Précipitation (mm)	Mois	Précipitation (mm)
1997	538	2004	623,6	2011	626,3
1998	413	2005	368,3	2012	388,3
1999	516,4	2006	583,6	2013	515,1
2000	311	2007	508,2	2014	394,9
2001	357,4	2008	520,5	2015	506,9
2002	417	2009	614,9	2016	318,4
2003	550,2	2010	529,1	2017	276

Source (SMH, 2017)

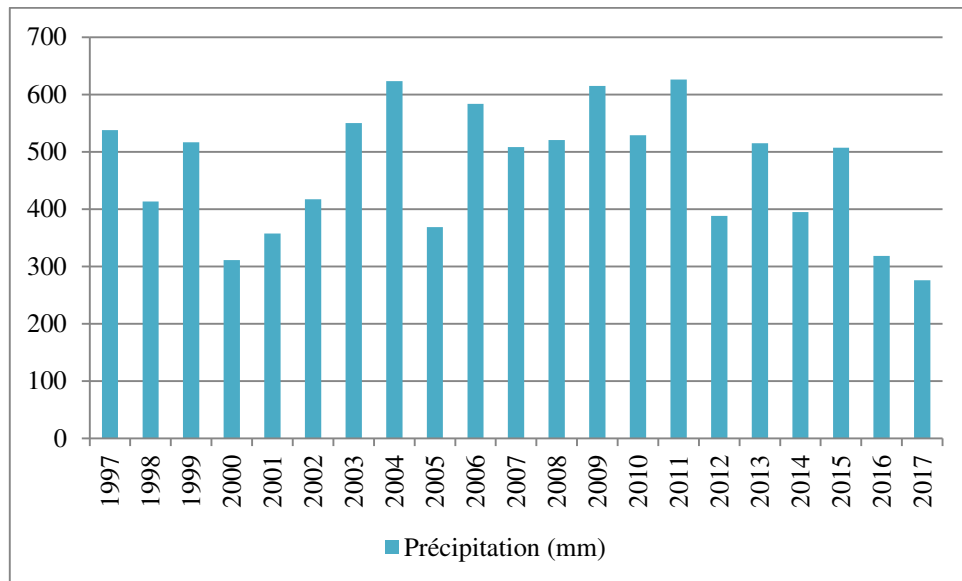


Fig.15 : Histogramme de variation des précipitations moyennes annuelles (1997-2017)

### 2.3 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN)

Le diagramme Ombrothermique permet d’estimer les éléments de climat d’une région de points de vue précipitation et température pendant une période données et permet également de préciser les périodes sèches et humides

Selon Gausсен une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales inférieures ou égales au double de la température :  $P \leq 2T \Rightarrow$  période sèche.

Une période humide est une période pendant laquelle les précipitations totales égales au double de la température :  $P=2T$

**Avec**

P : précipitations moyenne mensuelle en (mm).

T : température moyenne mensuelle en (C°).

Le diagramme de Gausсен, fournie une représentation plus concrète du climat au cours de l’année.

**Tableau n°06 : La précipitation et la température moyenne mensuelle (1997-2017)**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P	37.5	33.52	40.21	45.93	63.31	27.31	15.78	35.04	52.98	39.82	39.41	39.46
T(°C)	6.48	7.43	10.61	13.95	18.40	23.44	26.97	26.21	21.46	16.90	10.99	7.29

Source (SMH, 2017)

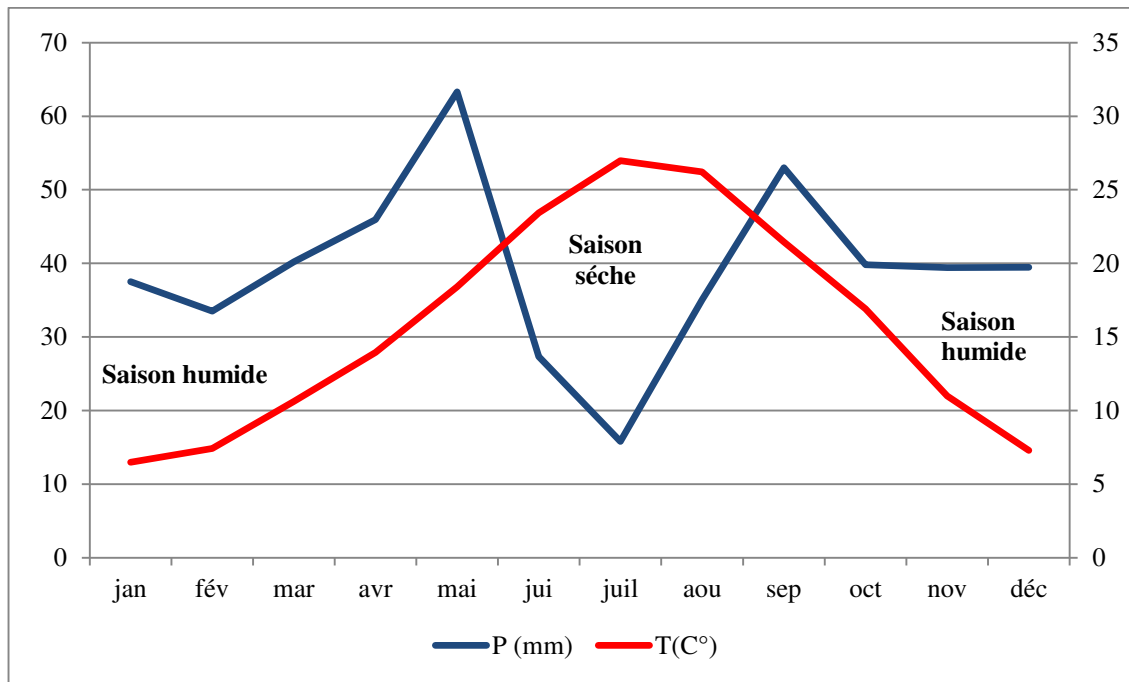


Fig.16 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen

L'analyse de la courbe de Gaussen donne les remarques suivantes:

- Lorsque T passe au-dessus de P, la période correspondante est déficitaire (sèche). C'est ce qui se produit de juin à septembre.
- Lorsque P passe au-dessus de T, la période correspondante est excédentaire. Cela se produit d'octobre à fin mai

#### 2. 4. Détermination de l'étage bioclimatique

Pour caractériser le climat de bassin versant étudiés on utilise le climogramme d'Emberger (Fig.17) qui permet de définir l'étage bioclimatique de la station.

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Avec

P : Précipitations annuelles en mm ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré absolu (k°) ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré absolu (k°),

(T (K°) = T (C°) + 273.2).

Tableau n°07: Les valeurs de Q2

Station	P (mm)	M		m		Q2
		C°	K°	C°	K°	
EL Hamma	470,3	34.22	307.42	2.4	275.6	50.70

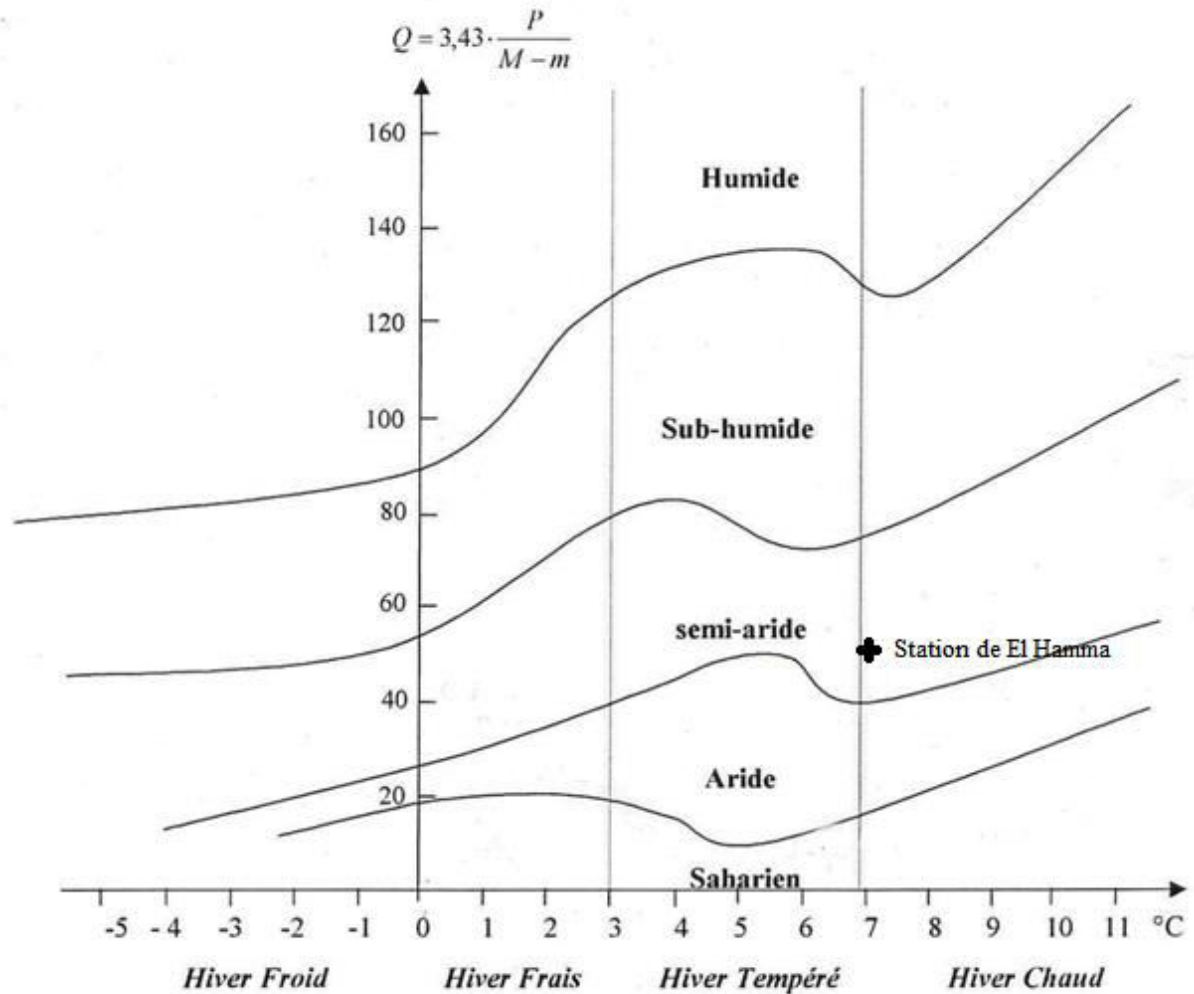


Fig.17 : Climogramme d'Emberger

**3. Le vent :**

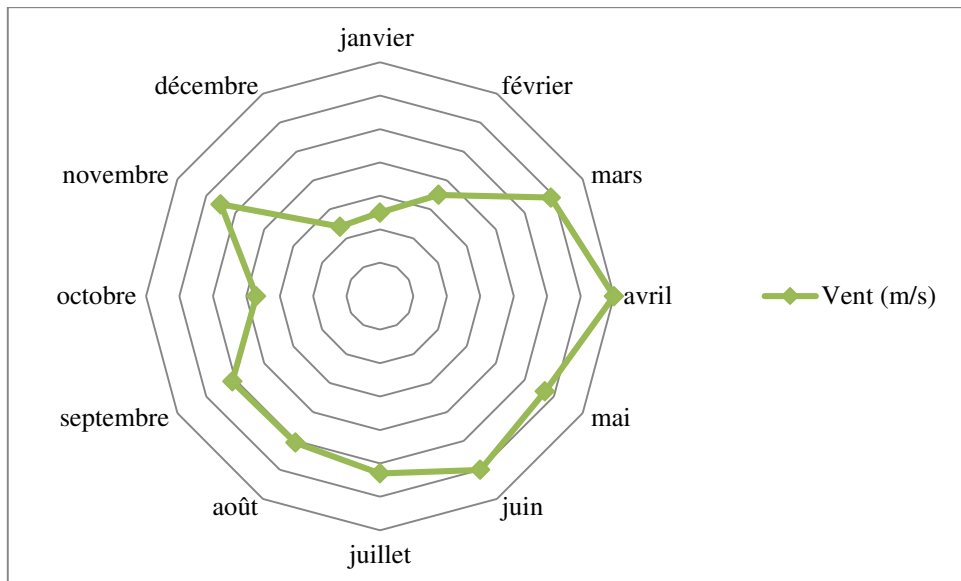
Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat car la sensation de chaleur ou le transfert d'énergie dépend principalement dans une large mesure de sa force, lui confère un intérêt important en matière de connaissance des vitesses maximal dont la région est soumise. Les potentialités d'évapotranspiration sont également liées aux mouvements de l'air qui conditionnent les variations du bilan hydrique à l'échelle des valeurs moyennes mensuelles et annuelles. (Bahi Amar 2016)

Les vents sont caractérisés par leurs directions, leurs vitesses et leurs intensités.

**Tableau n°08:** La vitesse moyenne du vent (m/s) enregistrée à la station de D'El Hamma (1997-2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot
V <sub>moy</sub> (m/s)	24,5	25,5	27,9	29	27,7	28	27,3	27,06	27,1	25,7	27,5	24,4	24,5

Source (SMH 1997-2017)



**Fig.18** : La répartition moyenne de la vitesse du vent (1997- 2017)

#### 4. L'Humidité

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue. L'humidité relative joue un rôle sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages.

En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion à l'humidité relative exprimée en %. L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression. Ce rapport changera si on change la température ou la pression (Vincent. L et Vogel. J, 2014)

Tableau n° 9:L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017)

Mois	Humidité %
Janvier	70,6
Février	64
Mars	60,6
Avril	57,25
Mai	53
Juin	42,5
Juillet	40
Août	41
Septembre	57.16
Octobre	55
Novembre	65.33
Décembre	69

Source (SMH, 2017)

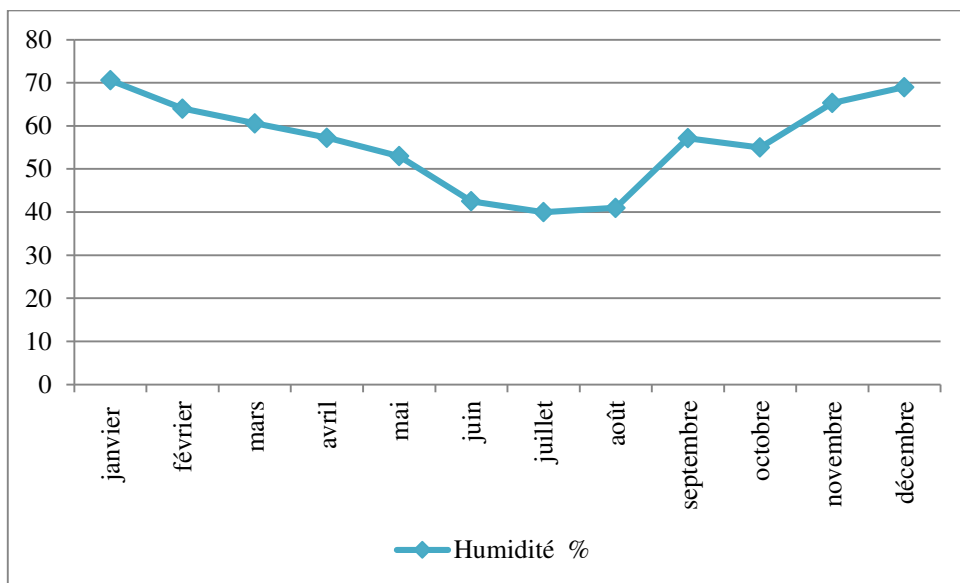


Fig.19 : L'Humidité enregistrée à la station la période (1997-2017)

Les valeurs de l'humidité relative sont relativement homogènes elles varient entre 40% et 70.6%.

Au cours d'une journée de la période estivale (juin, juillet, et août), la température étant élevée, nous aurons une humidité journalière faible à moyenne 40 à 42.5% et inversement, durant la nuit par dissipation de la température ambiante et l'humidité tend à augmenter.

Par contre, durant la période hivernale (janvier, février, décembre), la température étant faible et nous remarquons une humidité élevée et atteindre entre 69 à 70.6%.



### I. Paramètres in situ

La température, le pH, la conductivité, et ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un multi-mesureur électrique.

#### I-1 Conductivité électrique

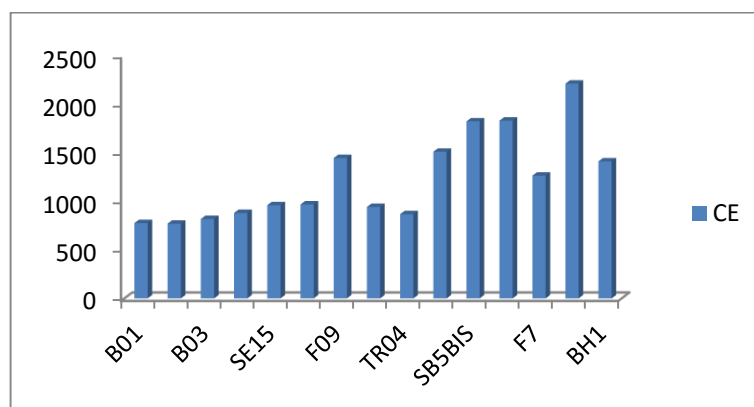
La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, Mesurée au moyen d'un conductimètre électrique, donnant des mesures en  $\mu\text{s. cm}^{-1}$  (Rodier et al, 2009).



**Fig.21:** conductimètre.

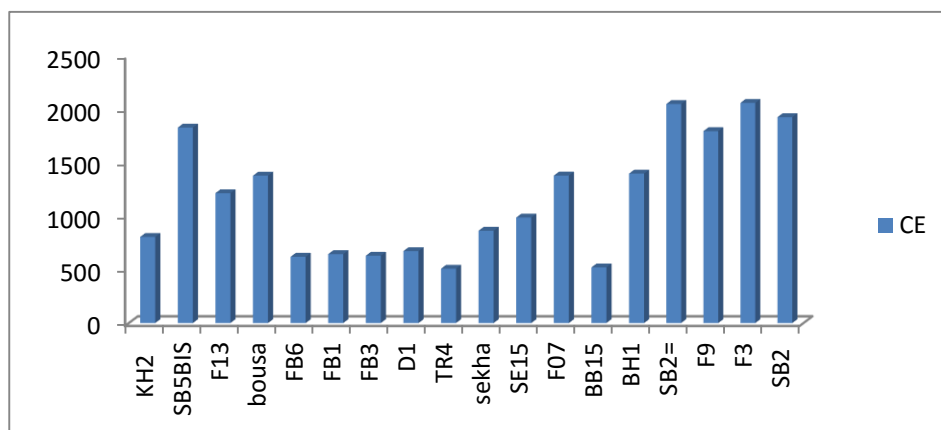
La région d'étude est marquée par des conductivités Maximales durant la période 2015

Fig 22 allant de 2213  $\mu\text{s/cm}$  au niveau du puits (BH4) à 776  $\mu\text{s/cm}$  au niveau du puits (FB1).



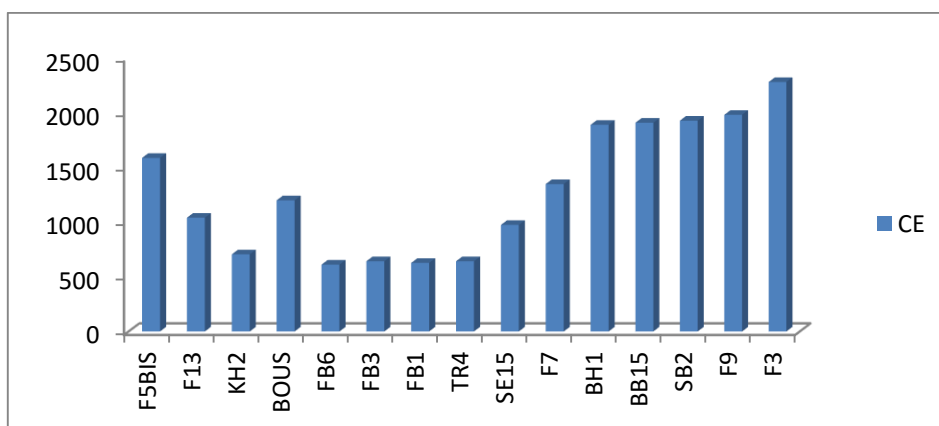
**Fig.22 :** Histogramme de variation de la conductivité électrique(2015).

La conductivité durant la période 2016 une valeur maximale 2060  $\mu\text{s/cm}$  de conductivité électrique est enregistrée au niveau du puits (F3) avec une valeur de tandis que la valeur minimale 510  $\mu\text{s/cm}$  est enregistrée au niveau du puits (TR4) pendant la même période.



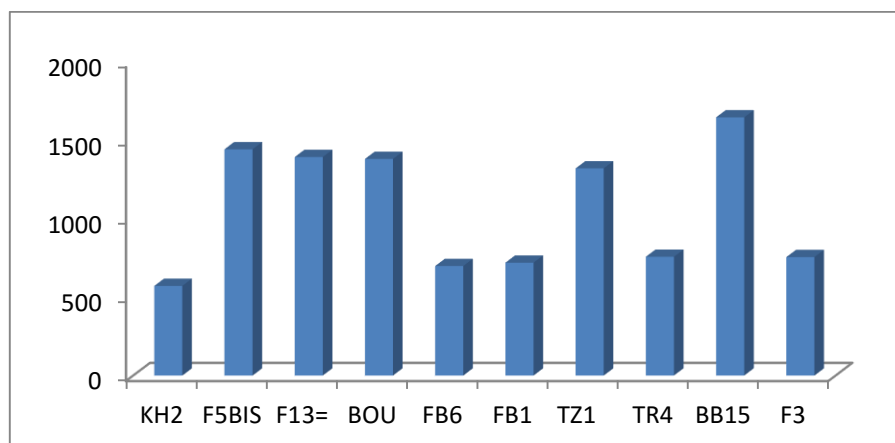
**Fig.23:** Histogramme de variation de la conductivité électrique (2016).

D'après l'histogramme de variation de la conductivité durant la période 2017 (Fig. 24), une Valeur maximale 2280  $\mu\text{S/cm}$  a été enregistrée au niveau du puits (F3) avec une valeur de et une valeur de conductivité minimale 611  $\mu\text{S/cm}$  au niveau du puits (FB6).



**Fig. 24 :** Histogramme de variation de la conductivité électrique (2017)

Durant l'année 2018, la valeur maximale 1645  $\mu\text{S/cm}$  de la conductivité au niveau du puits (BB15), une valeur minimale de 572  $\mu\text{S/cm}$  a été enregistrée durant la même période (Fig. 25).



**Fig.25:** Histogramme de variation de la conductivité électrique (2018)

## I .2. Température

La température de l'eau souterraine est influencée de manière naturelle par différents facteurs ; Le climat et l'altitude du bassin d'alimentation, la durée de transit dans le sous sol en relation avec la profondeur de circulation de l'eau souterraine ...etc (Houha, 2007).

La mesure de la température est effectuée sur terrain, on utilise souvent dans ce but un Thermomètre ou un multi paramètres. La lecture est effectuée après une immersion dans l'eau à étudier pendant 10 Minutes (Rodie, 1996).



**Fig.26:** multi- paramètres

Les températures des eaux souterraines dans la zone d'étude varie de 6,1°C à 25°C, ces valeurs ne dépassent pas les normes fixées par l'OMS (25°C) pour tous les point d'eau. D'après l'histogramme de variation des températures durant la période d'échantillonnage, une valeur maximale 25C° est enregistrée au niveau du puits (Boussaha et SB2) à et, une valeur minimale 6,8C° enregistrée au niveau du puits (TR4) , Fig (27,28,29,30).

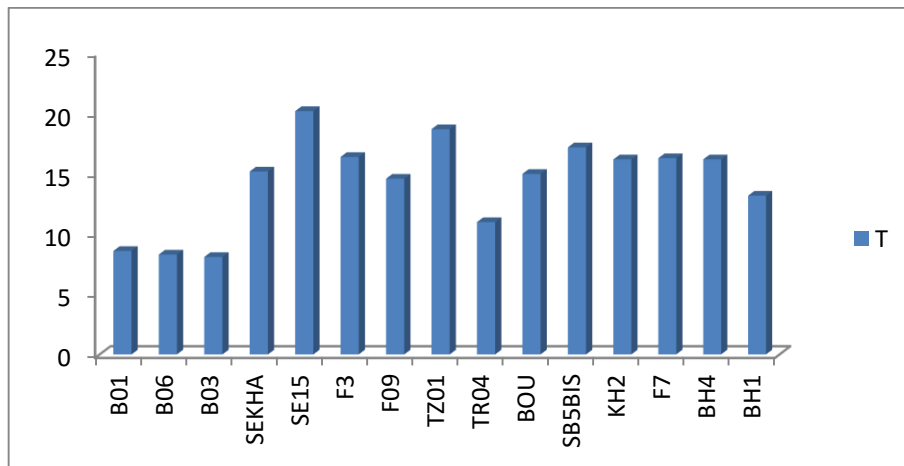


Fig. 27 : Histogrammes de variation des températures(2015)

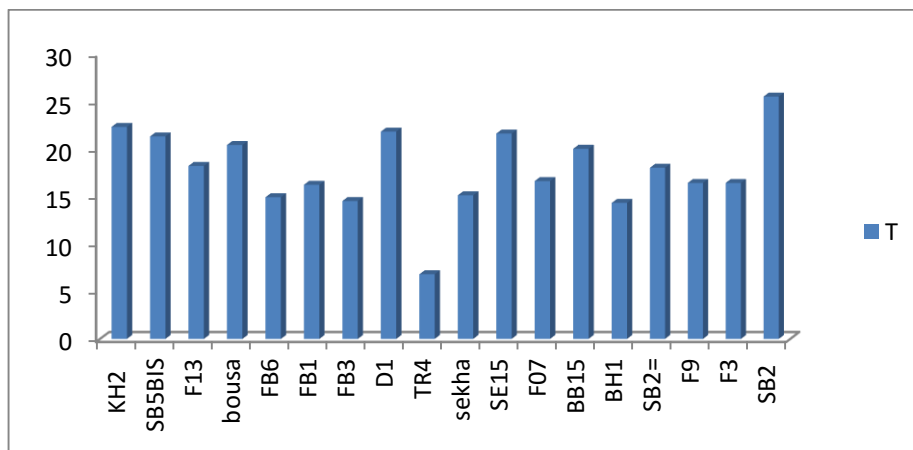


Fig. 28 : Histogrammes de variation des températures (2016)

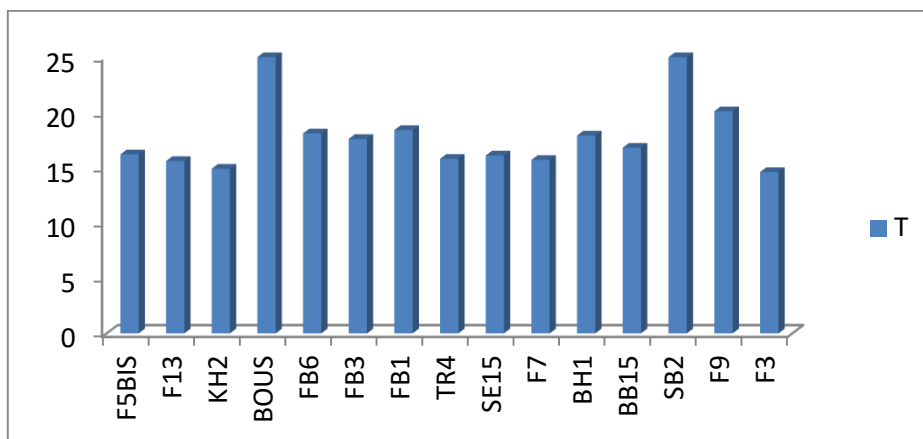
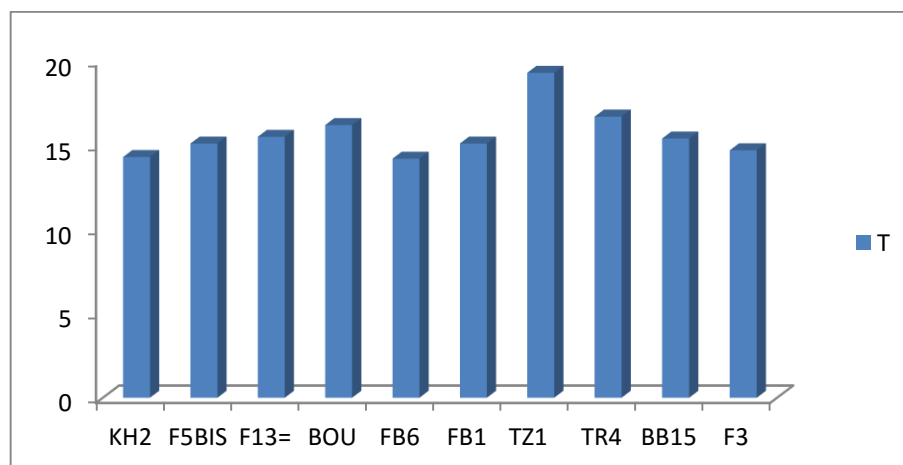


Fig. 29 : Histogrammes de variation des températures (2017)



**Fig. 30** : Histogrammes de variation des températures (2018)

### I .3. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le PH de l'eau renseigne sur son acidité et son alcalinité selon (Nisbet E.G. et Verneau O, 1970). Les valeurs du critère de qualité pour l'eau brute d'approvisionnement se situent à un Ph compris entre 6,5 et 8,5 et entre 6,5 et 9,0 pour la protection de la vie aquatique (PAINCHAUD, 1997). Les variations du pH dans les eaux souterraines suivent celles des eaux de surface, avec des valeurs qui sont toujours moins élevées (RUFFO, 1961 ; ANGELIER, 1962).

Le potentiel hydrogène se mesure à l'aide d'un pH-mètre comme indiqué dans la Fig.27



**Fig.31** : PH-mètres

L'histogramme du PH des eaux de notre zone durant la période d'étude montre que tous les points d'eau se trouvent dans l'intervalle de concentration guide fixé par l'OMS : La concentration minimale acceptable (7 à 8,5) et concentration maximale admissible (6,5 à 9,5).

Le PH des eaux des puits analysées dans la zone d'étude varie entre (6,36) au niveau du puits (SE15) et (8,16) (TZ1) les valeurs ne dépassent pas la norme requise pour les eaux de consommation, avec un PH compris entre 6,5 et 8,5 (OMS, 2003). Durant la période 2015, on trouve que la valeur maximale 7,52 est enregistrée au niveau du puits (Sakala), tandis que la valeur minimale 7,01 est enregistrée au niveau du puits d'eau dans (BH1). Fig.32.

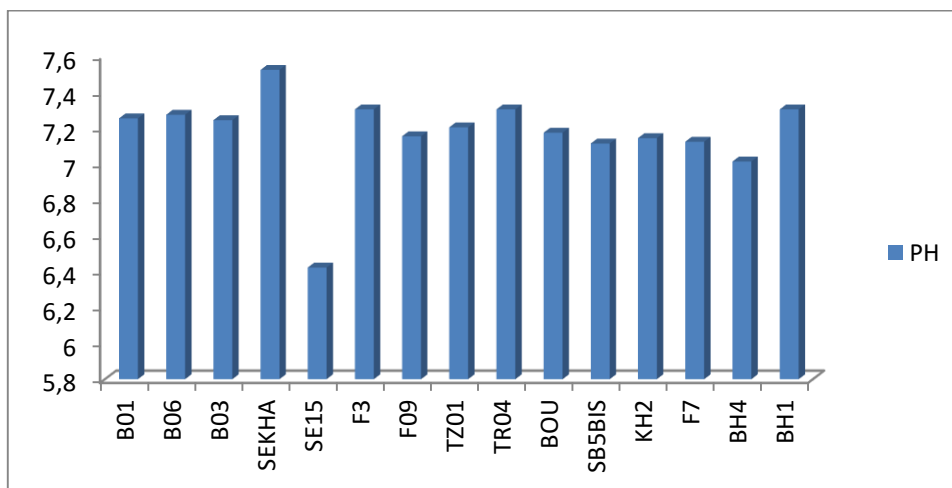


Fig.32 : Histogramme de variation du PH des eaux de la zone d'étude (2015)

Pour l'année 2016 (Fig.33), nous constatons que la valeur maximale 7,62 est enregistrée au niveau du puits (SAKHALA) , et la valeur minimale 6,36 enregistrée au niveau du puits SE15 .

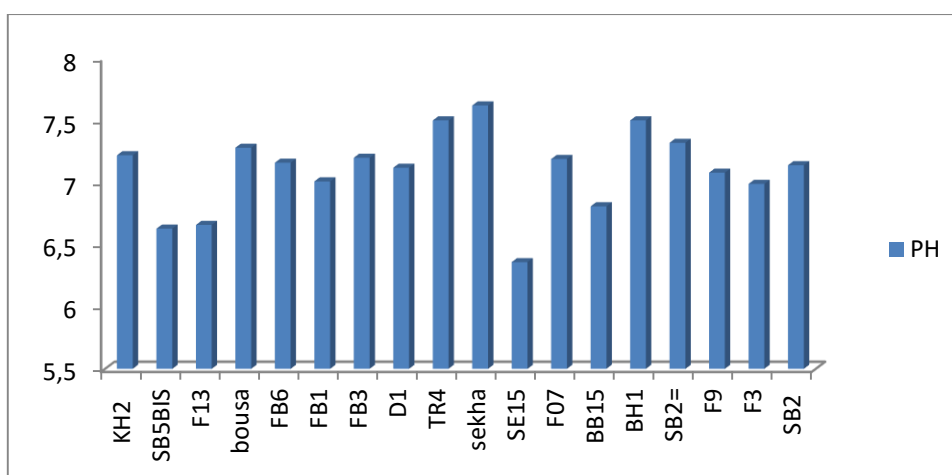
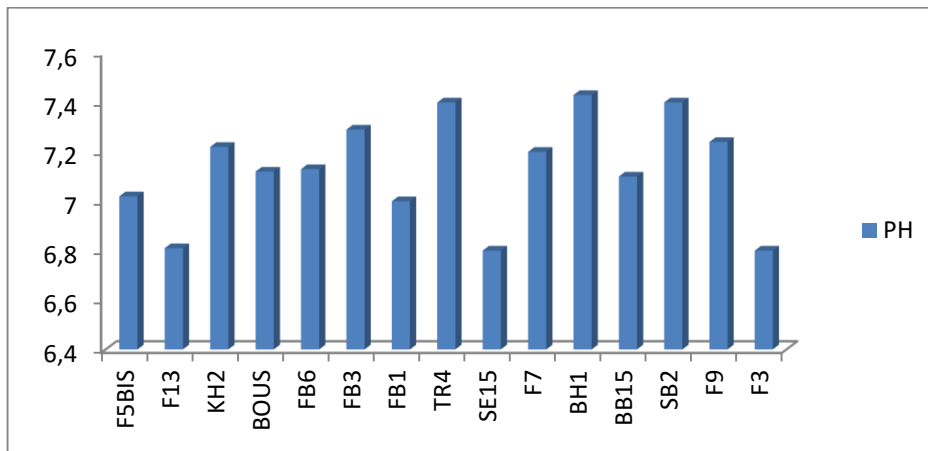


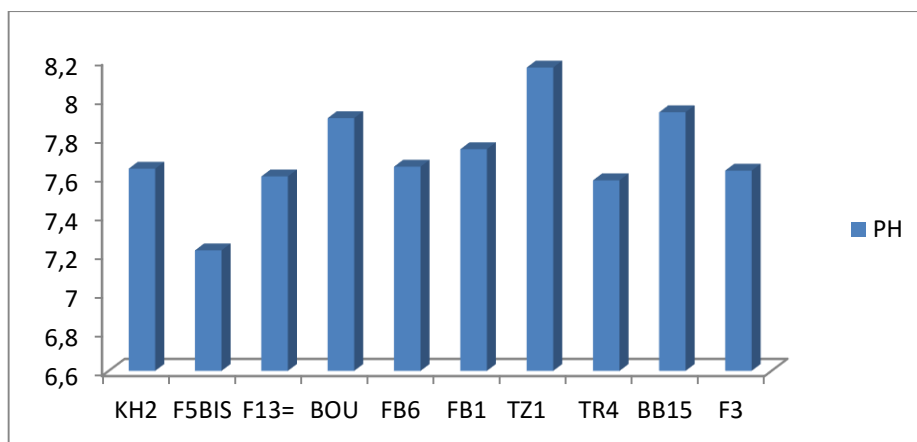
Fig.33: Histogrammes de variation de PH des eaux de la zone d'étude (2016)

Pour l'année 2017 on trouve une valeur maximale 7,43 est enregistrée au niveau de puits (BH1) et une valeur minimale 6,8 est enregistré dans les puits ( SE15 et F3 ) Fig. 34



**Fig34** : Histogrammes de variation de PH des eaux de la zone d'étude (2017)

Pour l'année 2018, la valeur maximale du PH 8.16 est enregistrée au niveau du puits (TZ1) et la valeur minimale 7,22 au niveau du puits (F5BIS).Fig.35



**Fig.35**: Histogrammes de variation du PH des eaux de la zone d'étude(2018)

## II.1. Variations des cations des eaux souterraines

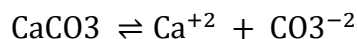
### II.1.1. Le Calcium (Ca<sup>2+</sup>)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, cet élément est dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés par les eaux.

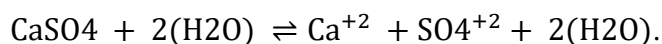
Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et, en quantité moindres, sous forme de sulfates, chlorures, etc.

La présence des ions  $\text{Ca}^{+2}$  dans l'eau est, selon (Rodier, 2005), liée principalement à deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées :



- Soit la dissolution des formations gypseuses :



### II.1.2. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le magnésium est fort répandu dans l'écorce terrestre. On trouve l'état naturel de grandes quantités de carbonate de magnésium qui constitue la minérale magnésite ( $\text{MgCO}_3$ ), ainsi que la minérale dolomite ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) (Glinka, 1977). Il constitue 2.1% de l'écorce terrestre (Rodier, 2009).

Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) :

- Magnésite :  $\text{MgCO}_3 = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$
- Dolomite:  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-}$

### II.1.3. Le Sodium ( $\text{Na}^+$ )

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée en agriculture, la précipitation apporte une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir du lessivage de sels, de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres (Bermond R et Perrdon C, 1979 et al).

### II.1.4. Interprétations des résultats

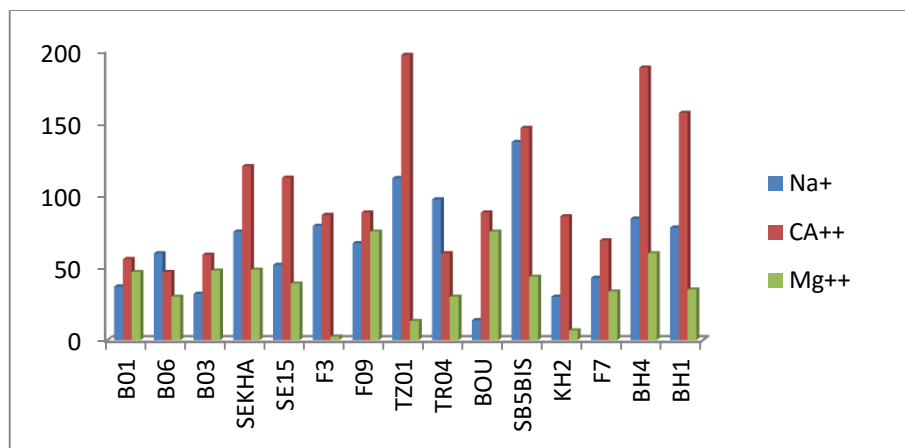
Dans notre étude, qui s'est étalée sur quatre années d'observation (2015, 2016, 2017 et 2018), une série d'échantillonnages pour chaque année a été effectuée, dans laquelle on observe une nette variabilité des éléments chimiques d'un puits à un autre puits.

D'après l'histogramme des variations des concentrations des cations (Ca, Na et Mg) on observe le suivant:

#### Année 2015

- Les concentrations du calcium (Fig.37) varient d'une valeur maximale de 179,19 mg/l pour l'année 2015, elle se trouve au niveau du puits (TZ01) alors que la valeur minimale, 47 mg/l est enregistrée au niveau du puits (B06).

- Les concentrations du sodium varient entre (32 mg/l et 137 mg/l) ; la concentration la plus élevée 137 mg/l est enregistré au niveau du puits (SB05BIS) la faible concentration 32 mg/l à été enregistrée au niveau du puits (Boussaha)
- Les concentrations maximales du magnésium (Mg) est de 75 mg /l aux niveaux des puits (F09, Boussaha), on observe une valeur minimale 2,43 mg/l au niveau du puits (F03).



**Fig. 36** : Histogramme de variation des cations (2015)

### Année 2016

L'histogramme de variation des cations (Fig.37) montre que :

- la concentrations du calcium, varie de ( 16 à 160 mg/l) avec une valeur maximale 160 mg/l est enregistrée aux niveaux des puits (F07 et F13) de et une valeur minimale 16 mg/l dans les puits (FB03,D01).
- Les concentrations du sodium dans les eaux étudiés varient entre (30 mg/l à 382 mg/l) la concentration la plus élevée 382 mg/l se situe au niveau du puits (SB02) et la concentration la plus faible 30 mg/l est enregistrée au niveau du puits (FB01).
- Le Magnésium varie entre (9 mg /l et 173 mg /l) une valeur maximale 173mg/l au niveau du puits (KH02) et une valeur minimale 9 mg/l au niveau du puits (Boussaha).

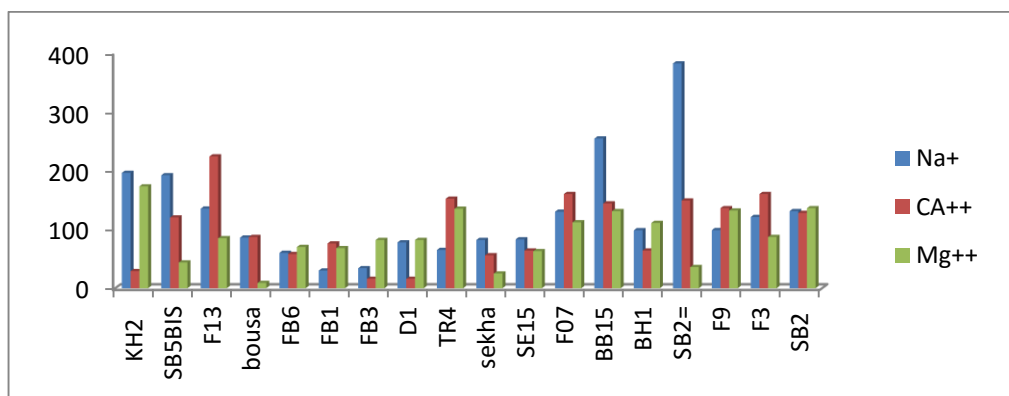


Fig37 : Histogramme de variation des cations(2016)

Année 2017

- La valeur maximale 441 mg/l du calcium est enregistrée au niveau du puits (F09), avec, et une valeur minimale 48 mg/l au niveau du puits (FB01). (Dépasse la valeur guide 250 mg/l)
- Les analyses des échantillons du sodium montrent que les valeurs varient entre (62,7 mg/l à 415,92 mg /l) pour la concentration maximale 415,92 mg/l on remarque au niveau du puits (F03) est pour les valeurs minimale 62,7 mg/l sont enregistrés aux niveaux des puits (FB03 et FB06 ) ne dépassent pas le norme admissible OMS 70 mg/l.
- Le Magnésium des eaux contrôlées varie entre (13 mg/l, 223 mg/l) La concentration maximale 223 mg/l au niveau du puits (KH02) contrairement la concentration minimale 13 mg/l observée au niveau du puits (SB02). (valeur guide 150mg/l.)

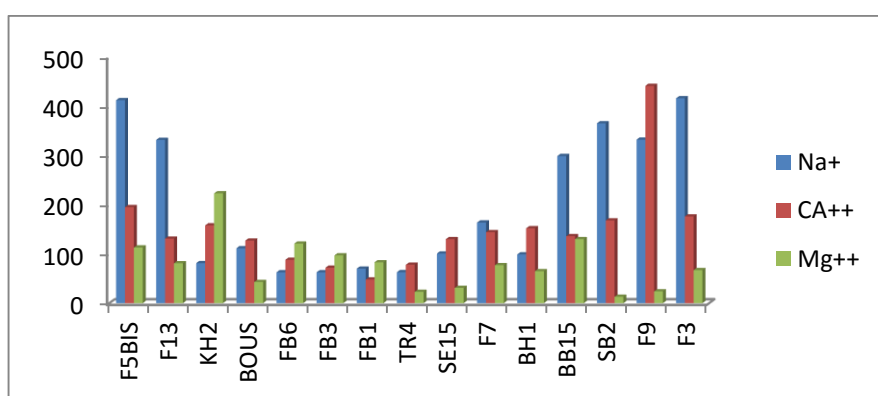


Fig. 38: Histogramme de variation des cations(2017)

## Année 2018

- Dans les points d'eau analysée, les concentrations du calcium varient entre (61 mg/l à 160 mg/l) .une valeur minimale 61 mg/l est enregistrée au niveau du puits (FB06) par rapport a une valeur maximale 160 mg/l au niveau du puits (BB15)
- Dans les points étudiés on observe que les valeurs du sodium sont variées de (51,3 mg/l à 324,4 mg/l), une valeur élevée 324,4 mg/l est enregistré au niveau du puits (BB15) et une valeur faible 51,3 mg/l est enregistrée au niveau du puits (FB06) .
- Les concentrations du Magnésium (Fig.39) varient de (44 mg/l à 170 mg/l) un minimum 44 mg/l est enregistrée au niveau des points d'eau (TR04, TZ01) et une valeur maximale 170 mg/l est enregistré au niveau du puits (F05BIS)

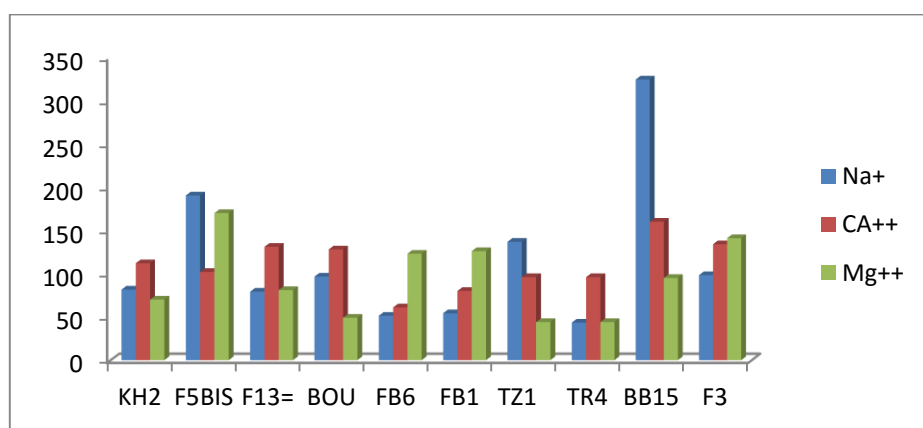
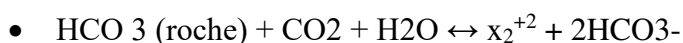


Fig.39: Histogramme de variation des cations (2018) .

## II.2. Variations des anions dans les eaux souterraines

### II.2.1. Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{2-}$ )

La dissolution des roches carbonatées est l'origine principale des bicarbonates, ces derniers résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique d'après l'équation générale suivante :



Donc la dissolution des roches carbonates dépend de plusieurs paramètres tels que :

- ✓ la tension du  $\text{CO}_2$  dissous.
- ✓ pH de l'eau.
- ✓ la température de l'eau.
- ✓ Nature des terrains traversés. (TARDAT-HENRY. M 1984)

### II.2.2. Les sulfates (SO<sub>4</sub>)

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses (gypse, anhydrite) et à la dégradation de la matière organique dans le sol de nombreuses activités humaines peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau souterraine : application d'engrais sulfatés, précipitations chargées en dioxyde de soufre, eaux usées industrielles, eaux de percolation de décharges de déchets, gravats ainsi qu'à l'apport anthropique (origine agricole).

En conditions réductrices, des bactéries spécifiques peuvent transformer les sulfates dissous dans l'eau souterraine, en hydrogène sulfuré gazeux (H<sub>2</sub>S). (Vieville, 1985)

### II.2.3. Les chlorure (CL<sup>-</sup>)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentration variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (K Cl) .ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. ils ont influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh .M. 2011).

### II.2.4. Interprétations des résultats

#### Année 2015

- L'histogramme de variation de bicarbonates (Fig.40) on observe une valeur maximale 384 mg/l au niveau du puits (TR04) de et une valeur minimale 50 mg /l au niveau du puits (BH01).
- une concentration maximale 45,56 mg/l enregistrée au niveau du puits (F09), et enregistré une valeur minimale 9,99 mg/l elle se trouve au niveau du puits (BH04) (valeur inferieures aux normes admissible 500 mg/l).
- Les concentrations des chlorures montre une valeur maximale 1320 mg/l (SB5BIS) de pour le puits (B06) on trouve une valeur minimale 32 mg/l.

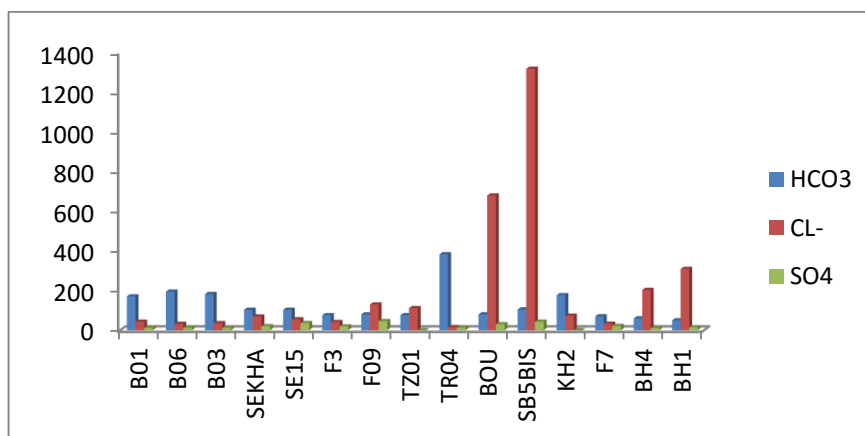


Fig.40: Histogramme de variation des anions (2015).

Année 2016

- La concentration des bicarbonates est élevée au niveau du puits (FB01) arrive jusqu'au 222,04 mg/l par rapport à la concentration la plus faible 9 mg/l enregistrée au niveau du forage (KH02)
- L'histogramme de variation des sulfates (Fig.42) montre que la concentration la plus forte 132,47 mg/l en sulfates est enregistrée au niveau du puits (F07) et la concentration la plus faible 6,33 mg/l se trouve au niveau du puits (SE15).
- Les Chlorure se varient une valeur minimale 54 mg/l au niveau de puits FB1à une valeur maximale 506 mg/l au niveau du puits SB02. (Fig.41)

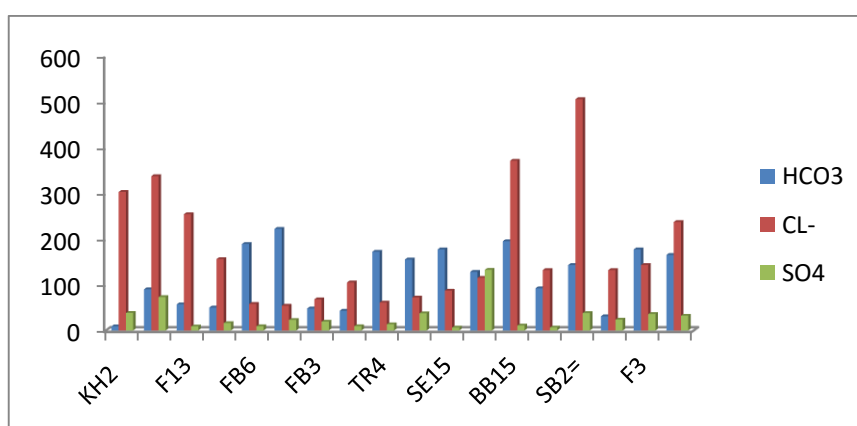


Fig.41 : Histogramme de variation des anions (2016)

## Année 2017

- Dans les points d'eau analysée une valeur maximale 620 mg/l des bicarbonates est enregistrée au niveau du puits (BH01), une valeur minimale 92 mg/l au niveau puits (boussaha).
- une valeur maximale 60,3 mg/l en sulfate de est enregistrée au niveau du puits F07 et une valeur minimale 3,7 mg/l est enregistrée au niveau du puits(FB03) .
- Les chlorure varient d'un point à un autre une valeur maximale 527 mg/l est enregistrée au niveau du puits (F5BIS) et une valeur minimale 72 mg/l au niveau du puits TR4 (Fig.42).

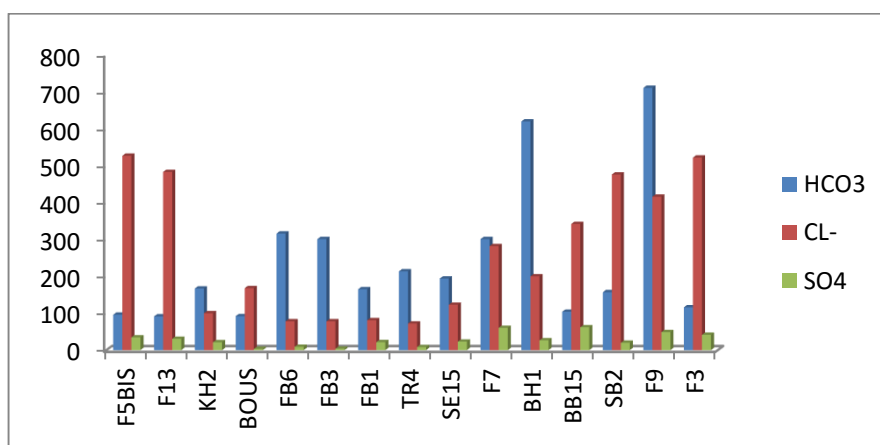
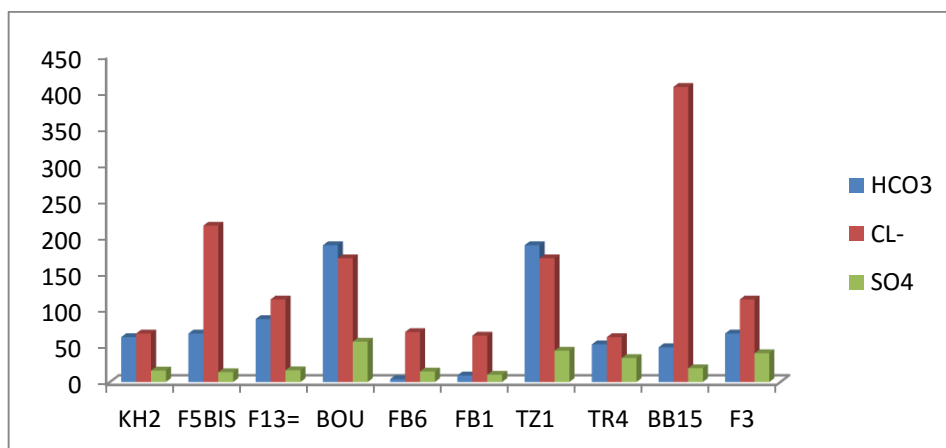


Fig.42 : Histogramme de variation des anions (2017)

## Année 2018

- D'après l'histogramme de variations des bicarbonates les valeurs la plus élevées 189 mg/l sont enregistrées dans les puits (BOUS et TZ01) et la valeur la plus faible 9 mg/l est enregistrée dans le puits (FB01).
- Pour les variations des concentrations des sulfates la valeur maximale 55,7 mg/l est enregistrée au niveau du puits (Boussha) et pour le puits(FB01) une valeur minimale 10 mg/l.
- La variation des concentrations de chlorure (Fig.43) montre une valeur maximale 407 mg/l du puits (BB15) et une valeur minimale 62 mg/l est enregistrée au niveau du puits (TR4).



**Fig.43** : Histogramme de variation des anions (2018)

## II. 3. Les éléments nutritifs

### II.3.1. Les nitrates (NO<sub>3</sub>-)

Le nitrate constitue la source d'azote majoritaire dans les sols (Marschner, 1995). C'est la forme la plus oxygénée de l'azote ; sa présence est liée à l'utilisation des engrais chimiques et des rejets animaux (Rousseau et al ; 2004).

Le nitrate est un ion chargé négativement, et ainsi n'est pas retenu par le complexe argilo-humique du sol, qui porte également une puissante charge négative. Très soluble, le nitrate apporté en excédent dans le sol, est entraîné par lessivage et contribue à la pollution des nappes phréatiques (Mégirout, 2006).

### II.3.2. Les nitrites (NO<sub>2</sub>-)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voies chimique et bactérienne). (Bremond . R et Vuichard. R, 1973).

### II.3.3. Les phosphates (PO<sub>4</sub>)

Les phosphates rejetés dans l'environnement proviennent des sources agricoles (engrais) et industrielles, de déjections humaines et de détergents ou lessives phosphatées. Les phosphates sont les principaux responsables du phénomène d'eutrophisation. En effet, Non toxiques en eux-mêmes pour la vie animale et végétale, ils portent atteinte à l'environnement dès qu'ils sont en fortes concentrations : ils deviennent alors de véritables engrais pour les milieux aquatiques qu'ils enrichissent en matière organique (BAPTISTE et RABEL, 1995).

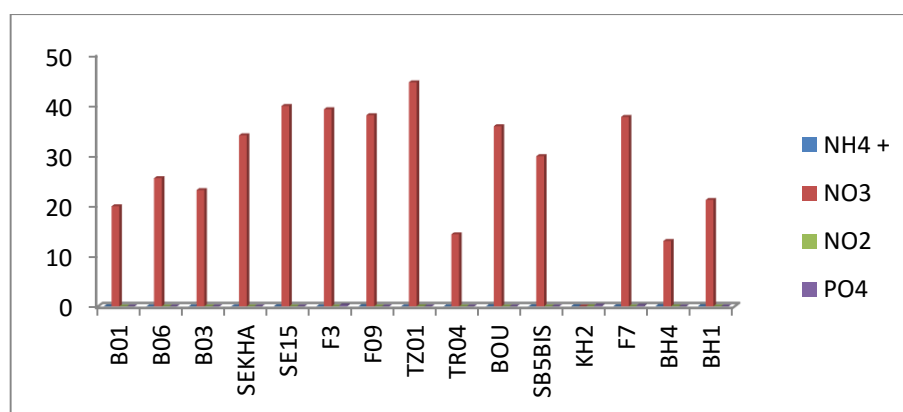
### II.3.4. L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Pour designer l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond au formes ionisées (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et non ionisées (NH<sub>3</sub>) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Sedrati, 2013).

### II.3.5. Interprétations des résultats

#### Année 2015

- Selon l'histogramme de variation des concentrations des nitrates on remarque une valeur maximale 44,46 mg/l au niveau du puits (TZ01) et par apport la valeur minimale 12,97 mg/l enregistrée au niveau du puits (BH04) et le puits (KH02) enregistrée la concentration de nitrates est nulle (0 mg/l).
- Les Nitrites varient entre (0 mg/l à 0,026 mg/l) pour la totalité de la zone d'étude (inferieure au norme de OMS 0,2mg/l)
- Les concentrations des phosphates montre que tous les valeurs proche à (0 mg/l) mais on remarque que le puits (F03) enregistrée une valeur maximale 0,20 mg/l (valeur guide 0,18 mg/l OMS).
- Les Variations de l'ammoniac varient entre (0 mg/ l à 0,062 mg/ l) pour le puits (BH04) enregistrée une valeur maximale 0,062 mg/ l (Fig. 45) le reste des points d'eau enregistrent une valeur nulle (0,5 mg/l OMS).



**Fig.44** : Histogramme de variations des éléments nutritifs (2015)

## Année 2016

- L'histogramme de variation du nitrate montre que la valeur maximale 40,45 mg/l au niveau du puits (TR04) et la valeur minimale 7,752 mg/l au niveau du puits (BH01).
- Pour Les variations des nitrites on remarque la valeur maximale 0,043 mg/l est enregistrée au niveau du puits (SB5BIS) et tous reste des puits ont la même valeur minimale varie entre (0 mg/l à 0,043 mg/l).
- D'après l'histogramme des variations d'ammoniac on remarque que presque tous les valeurs proche à de 0 mg/l sauf le puits (KH02) qui est enregistrée 1,171 mg/l .
- les variations de l'ammoniac varient entre (0 à 0,084 mg/ l) on remarque que le puits (KH02) est enregistrée une valeur maximale 0,084 mg / l et tous reste des puits ont la même valeur minimale 0 mg/l .Fig.45

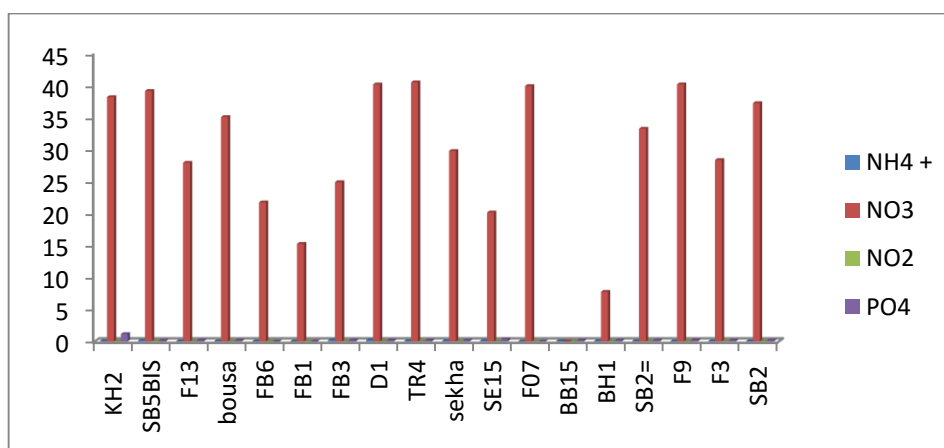


Fig.45 : Histogramme de variations des éléments nutritifs (2016)

## Année 2017

- L'histogramme des variations des éléments nutritifs, on trouve que les concentrations en nitrites varient entre (0 à 0,007 mg/l) par contre que le puits (F5BIS) enregistrée une valeur maximale de 0,119 mg/l.
- Les nitrates on a remarqué que la concentration maximale 42,453 mg/l est au niveau du puits (F07) par rapport la concentration minimale 0,52 mg/l au niveau du puits de (F03) .
- Les variations des phosphates on remarque que tous les points d'eau se trouvent dans les normes varient entre (0 mg /l à 1,17 mg /l)
- Les variations de l'ammoniac pour cette période sont proche à la valeur pour tous les points d'eau sauf le (KH02) 0,65 mg /l ces valeurs reste inferieur aux normes OMS 0,18 mg/l. Fig.46.

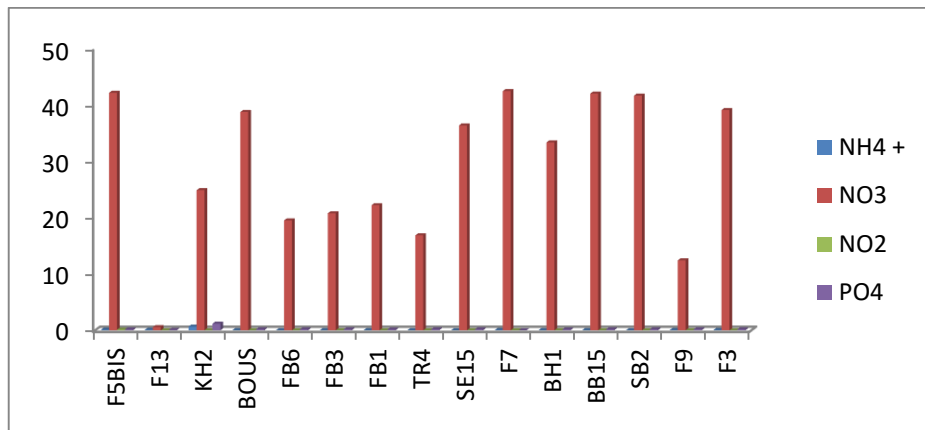


Fig.46 : Histogramme de variations des nitrates (2017)

Année 2018

- L’histogramme des variations de nitrites montre que la concentration maximale 0,023 mg/l est enregistrée au niveau du puits (F5BIS) et la concentration minimale 0 mg/l sont enregistré aux niveaux des puits ( B06,B01etTZ01).
- Les variations de nitrate (Fig.47) on trouve que la concentration maximal 52,54 mg/l est enregistrée au niveau du puits (F03) et la concentration minimale 0 mg/ l aux niveaux des puits (FB06 et FB01).
- Les variations des phosphates montre que les concentrations varient entre (0,15 mg/l à 0,19 mg/l) la valeur maximale 0, 19 mg/l est enregistrée au niveau du puits (BB15) et la valeur minimale 0,15 mg/l est enregistrée au niveau du puits (FB06).
- Concernant les concentrations de l’ammoniac montre que les concentrations de tous les points d’eau sont varient entre (0 mg/l à 0,134 mg/l), on remarque une valeur maximale 0, 13 mg/l est enregistrée au niveau du puits (F03) .Fig.47

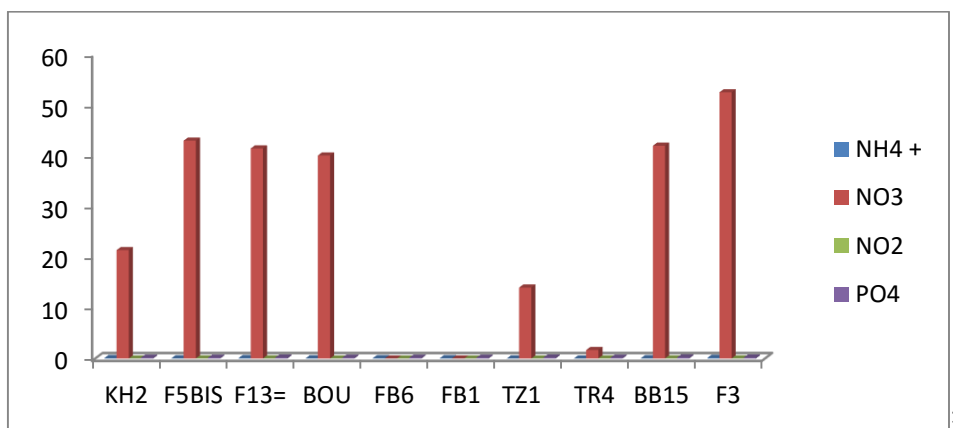


Fig.47 : Histogramme de variations des nitrates(2018)

### III. Faciès chimiques des eaux

L'interprétation des résultats des analyses a pour but de déterminer les Faciès chimiques des eaux et d'effectuer une comparaison spatio-temporelle. Parmi les méthodes graphiques les plus utilisées, celle de celle de PIPER (1944) et SCHOELLER BERKALOFF (1935-1938).

#### III.1. Diagramme de piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions Majeurs par rapport au total de ces ions :

- ✓ Les cations pour le triangle de gauche.
- ✓ Les anions pour le triangle de droite.

Les représentations des concentrations en quatre années sont exprimées en pourcentage. La représentation des données de l'analyse des eaux sur le diagramme de piper a permis de distinguer les faciès chimiques suivants :

- **Diagramme de piper en 2015**

Nous remarquons que les eaux sont réparties en 02 faciès chimiques (Fig. 48):

- ✓ Le Faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne pour presque la totalité des points.
- ✓ Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien (TR04)

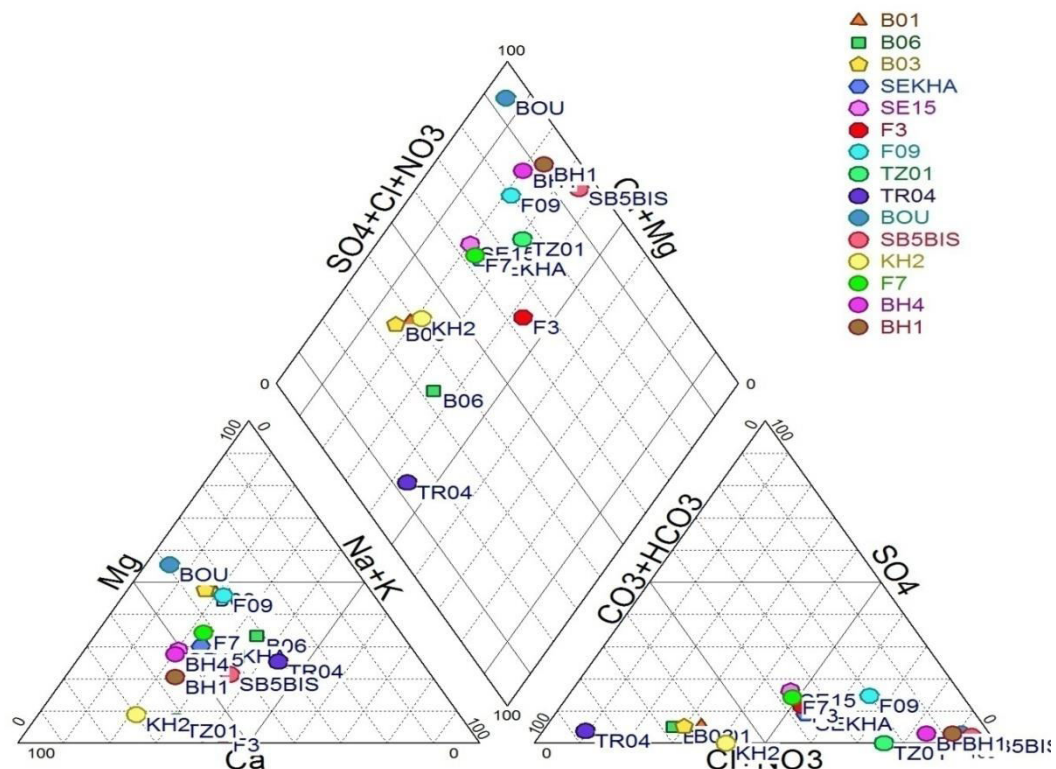


Fig.48: Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2015

- **Pour le digramme de piper (2016)**

A partir du diagramme nous avons connaître la facies chimique des eaux analysées alors que pour le facies (chloruré et sulfaté calcique et magnésienne) pour la majorité des points d'eau sauf les trois forages (FB6, TR4, FB1) de facies (bicarbonate calcique et magnésienne) et pour SB2 reste uniquement de facies (chloruré sodique et potassique ou sulfatée sodique)

Fig.49

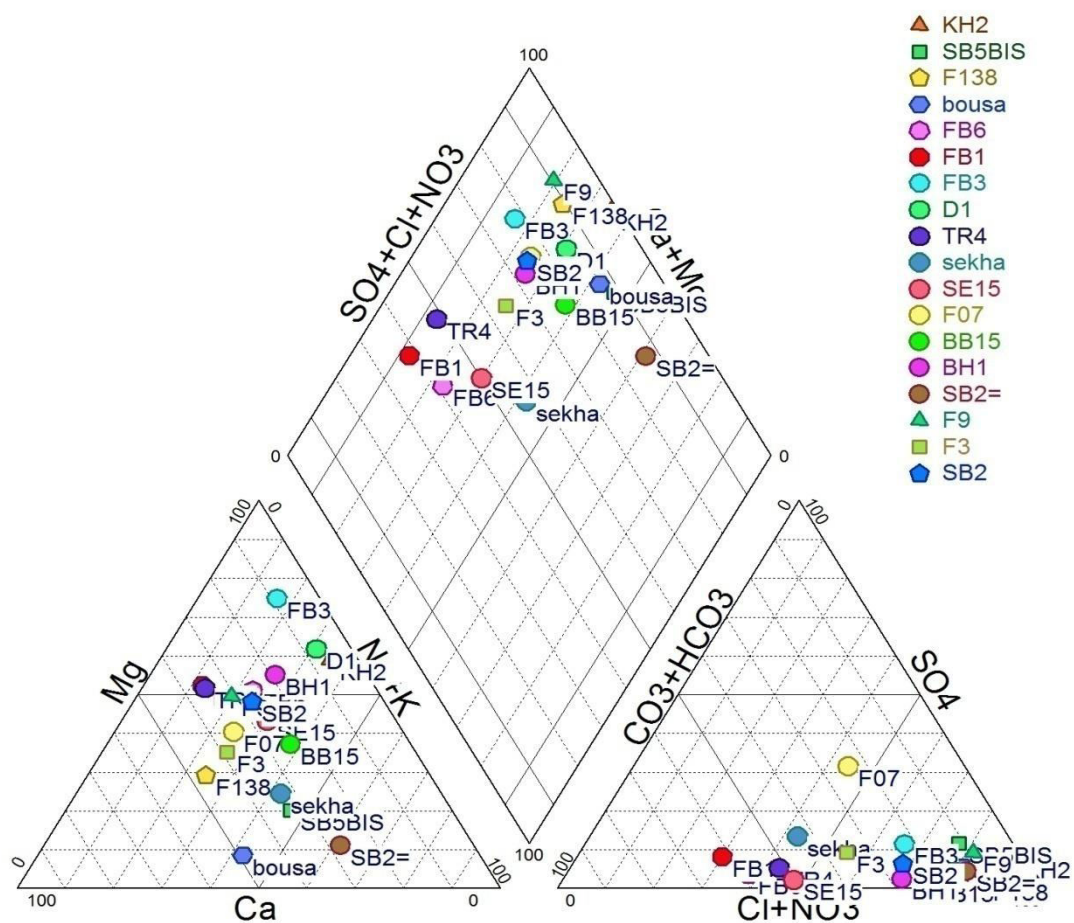
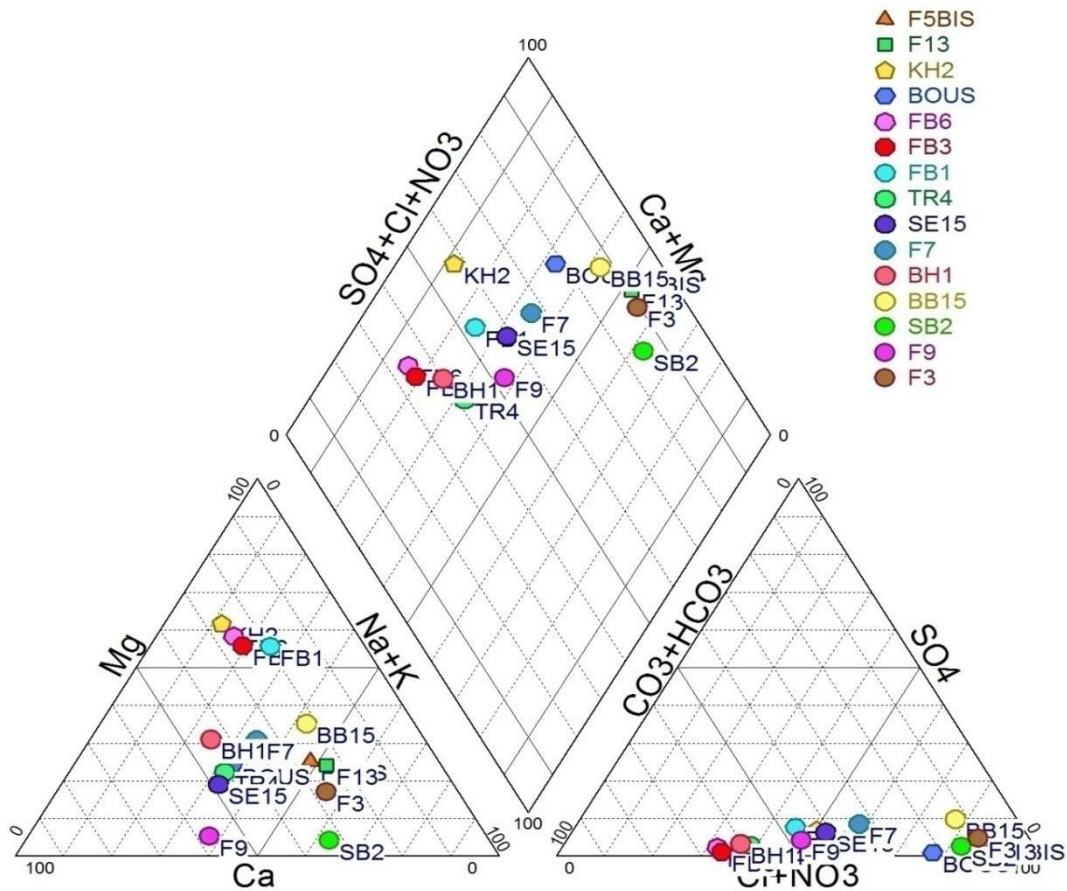


Fig.49 : Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper 2016

- **Pour le digramme de piper (2017)**

Nous remarquons que la plus part des échantillons de l'eau analysée de faciès chimique (chloruré et sulfatée calcique et magnésienne) mais pour les autres forages TR4, FB3, FB6 et BH1 de faciès (bicarbonatée calcique et magnésienne) et les trois forages SB2, F3, F13 de faciès (chloruré sodique et potassique ou sulfatée sodique. Fig.50

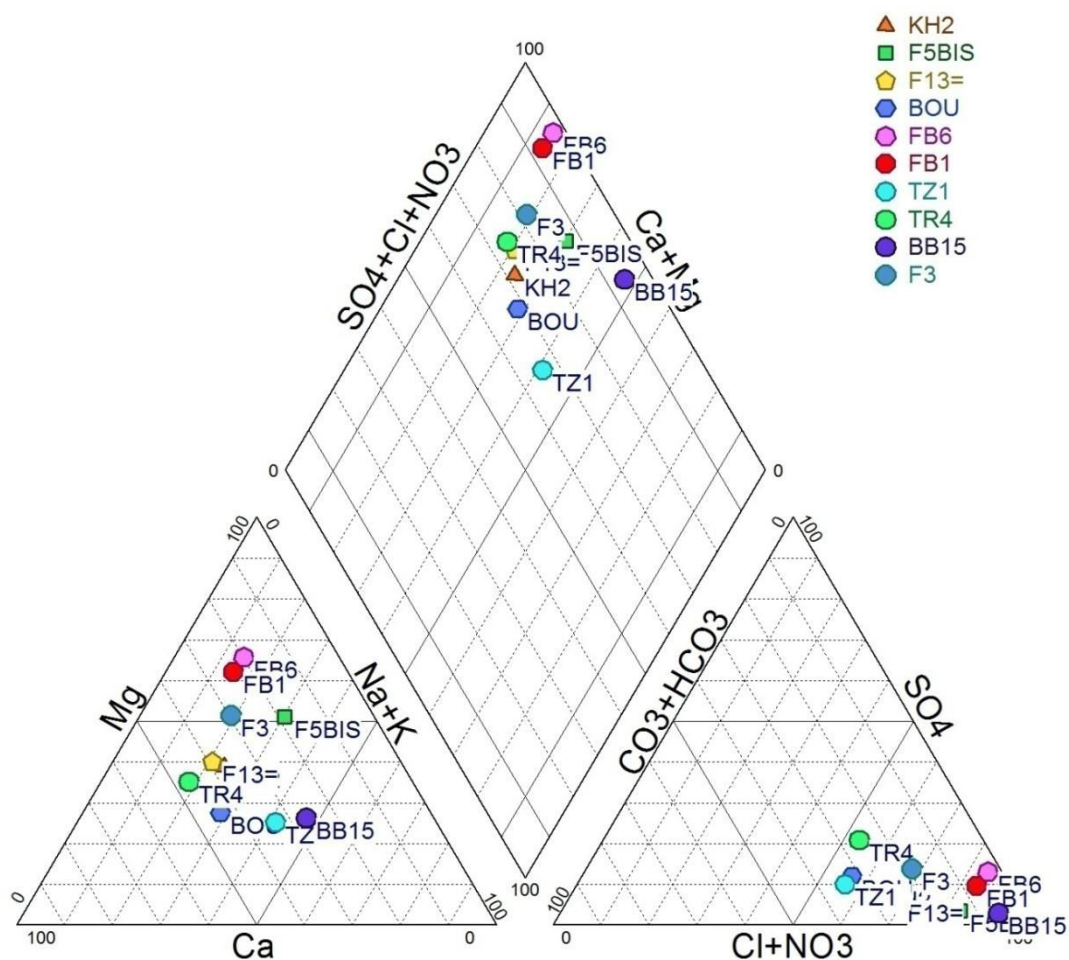


**Fig.50:** Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper( 2017)

- **Pour le digramme de piper (2018)**

Il montre que tous les points d'analyses des eaux sont de facies (chloruré et sulfatée calcique et magnésienne a part les deux forages FB1, FB6 de facies (chloruré et sulfaté calcique et magnésienne Fig.51

Dans tous les changements de ces répartitions des points sont dus à la nature du sol et les activités anthropiques.



**Fig.51** : Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme de piper(2018)

#### IV.21 Diagramme de Scholler Berkaloff

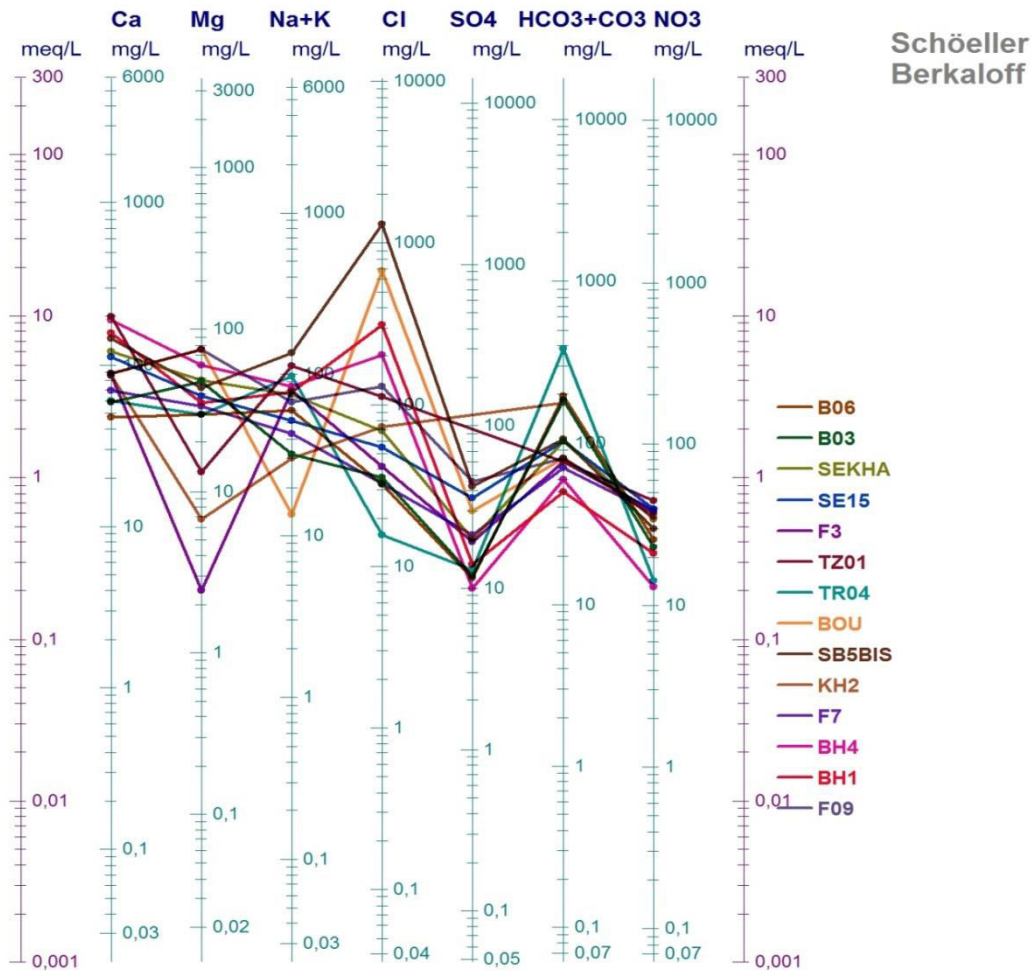
Le diagramme a été établi par H. SCHOELLER en 1932, et révisé par BERKALOFF en 1952, il est composé de sept échelles logarithmiques verticales correspondant aux principaux ions analysés dans l'eau.

Le diagramme de Schoeller Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques au décalage relatif des droites les unes au dessus des autres dans le cas contraire.

- **Pour l'année 2015 (Fig.52)**

La figure des différents points met en évidence les faciès chimiques suivants :

- ✓ Faciès bicarbonatées calcique au : BH1, F9
- ✓ Faciès chloruré calcique pour la majorité des points d'eau.



**Fig. 52** : Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkaloff (2015)

- **Le diagramme de berkallof pour l'année 2016**

Le digramme a permis connue le facies chimique des points d'eau alors que :

- ✓ La majorité des points de facies (chloruré calcique) appart les deux forages TZ1, BOUSA de facies (bicarbonaté calcique) Fig.53

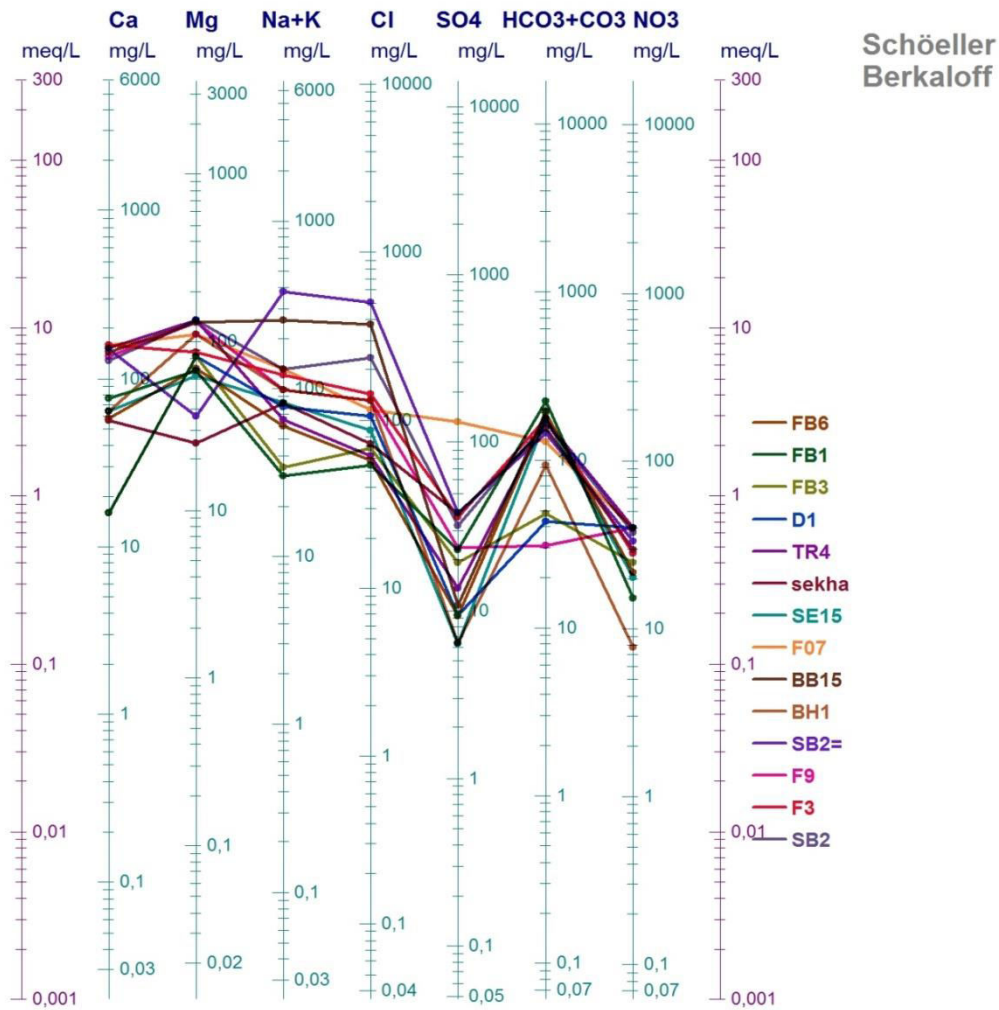
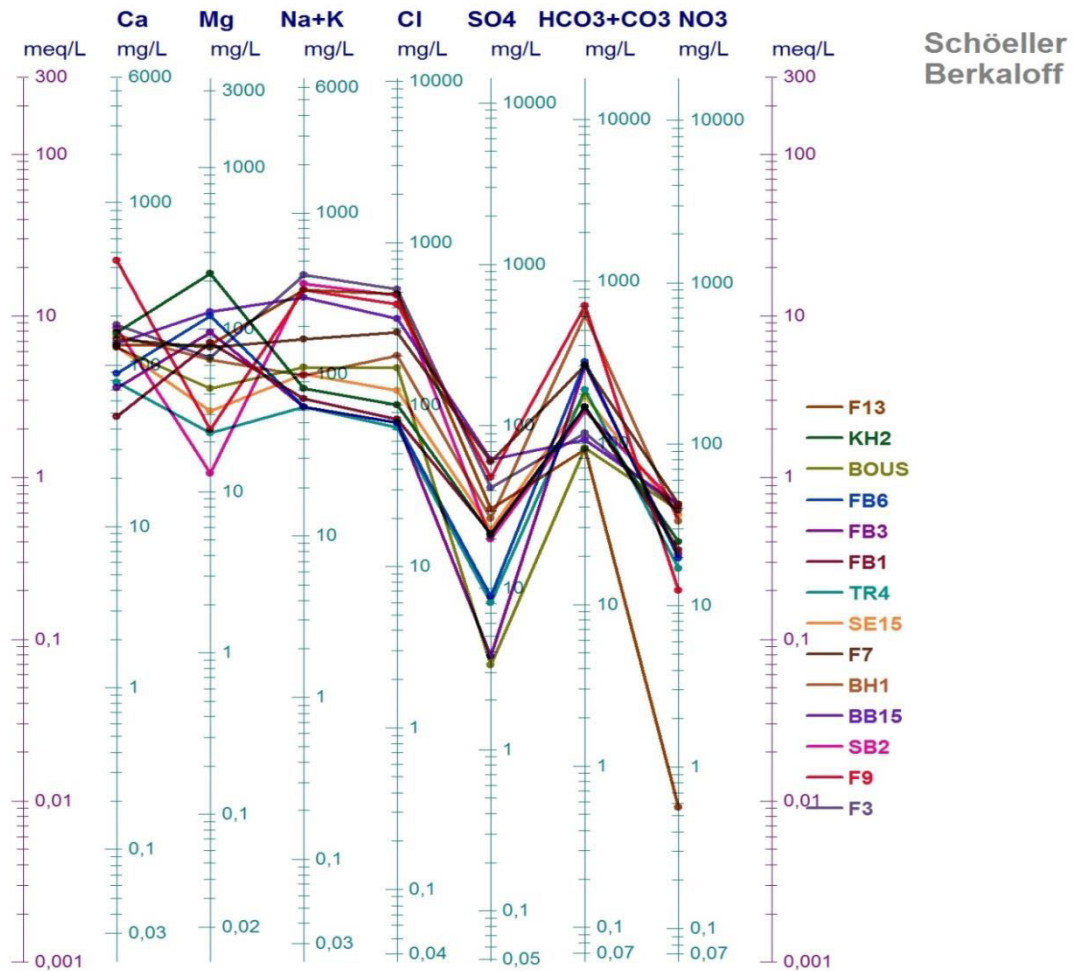


Fig. 53: Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkaloff ( 2016)

- **Le diagramme de berkallof pour l'année 2017**

Dans ce cas on a la plus part des forages ont des facies (chloruré sodique et magnésienne)

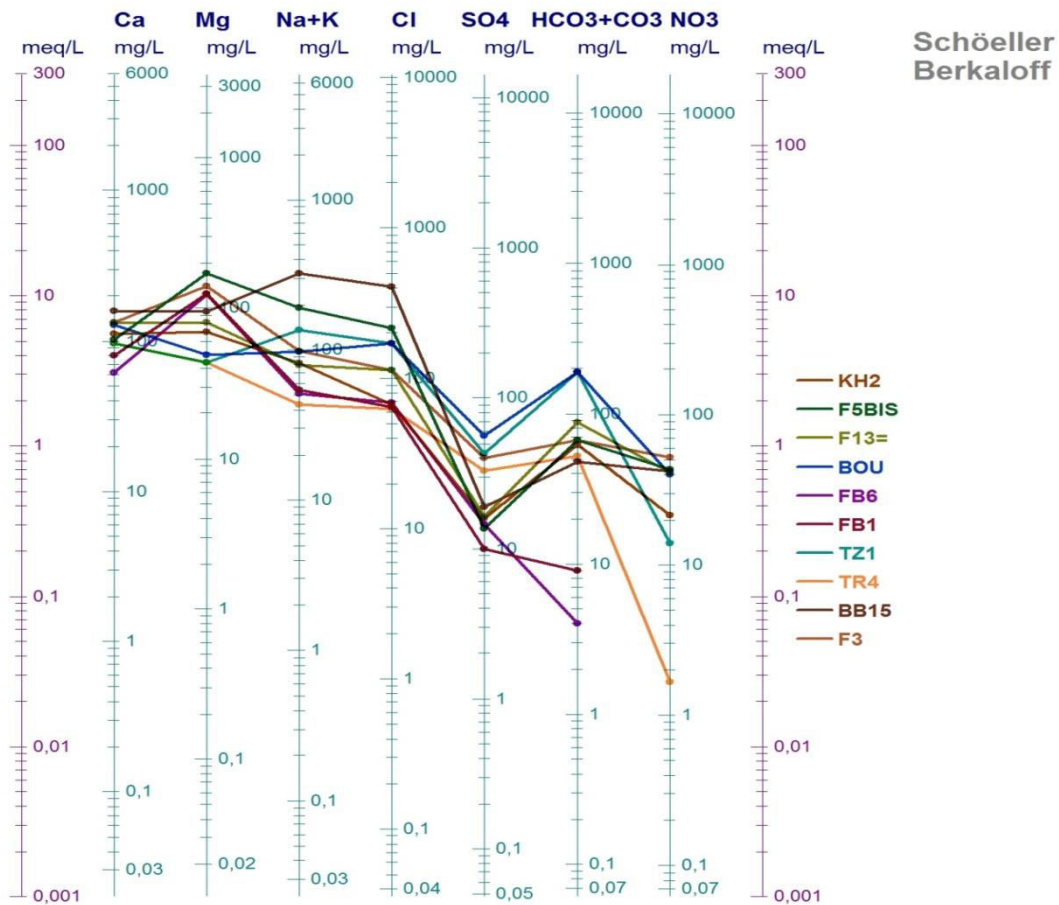
Fig.54



**Fig. 54 :** Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkaloff ( 2017)

- **Le diagramme de berkallof (2018)**

D’après la figure(55) on remarque que tous les points d’eau à facies de (chloruré sodique et magnésienne) sauf le forage SB2 a un facies (chloruré calcique) Fig.55



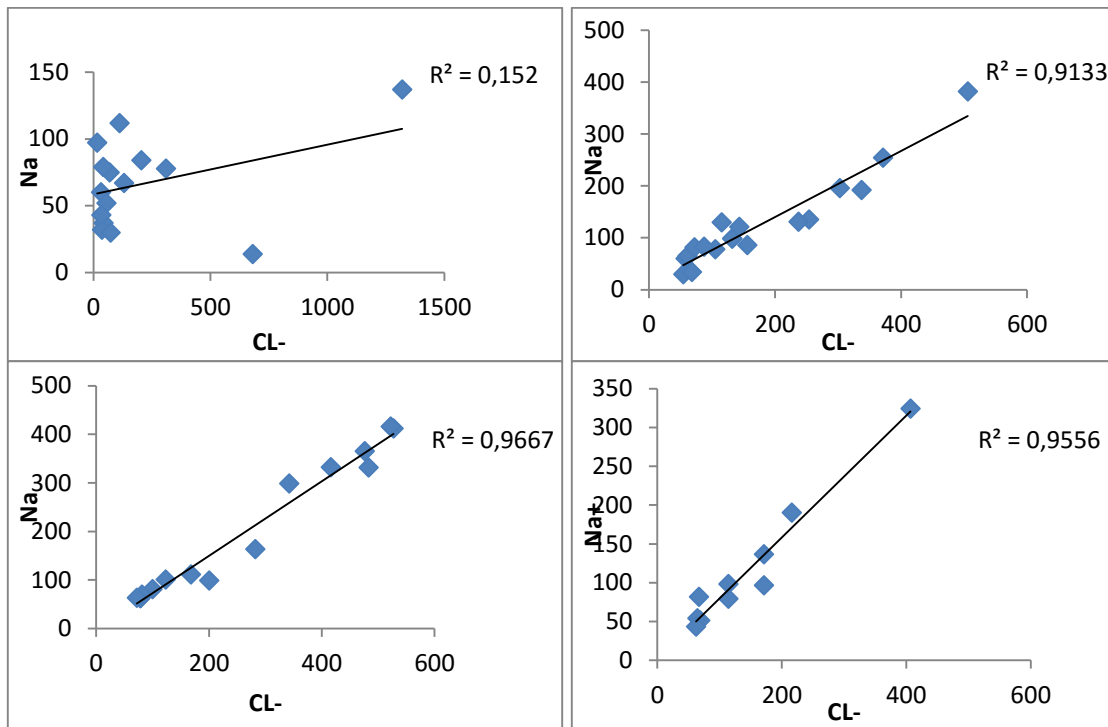
**Fig .55 :** Représentation graphique des eaux souterraines sur le Diagramme Scholler Berkaloff ( 2018 )

#### IV. Relations caractéristiques des éléments

Les relations caractéristiques des éléments est le rapport de certains éléments chimiques exprimés en (mg/l), ces paramètres donnent une indication, les relations qui existent entre les différents éléments chimiques.

##### IV.1. Relation Na+/Cl-

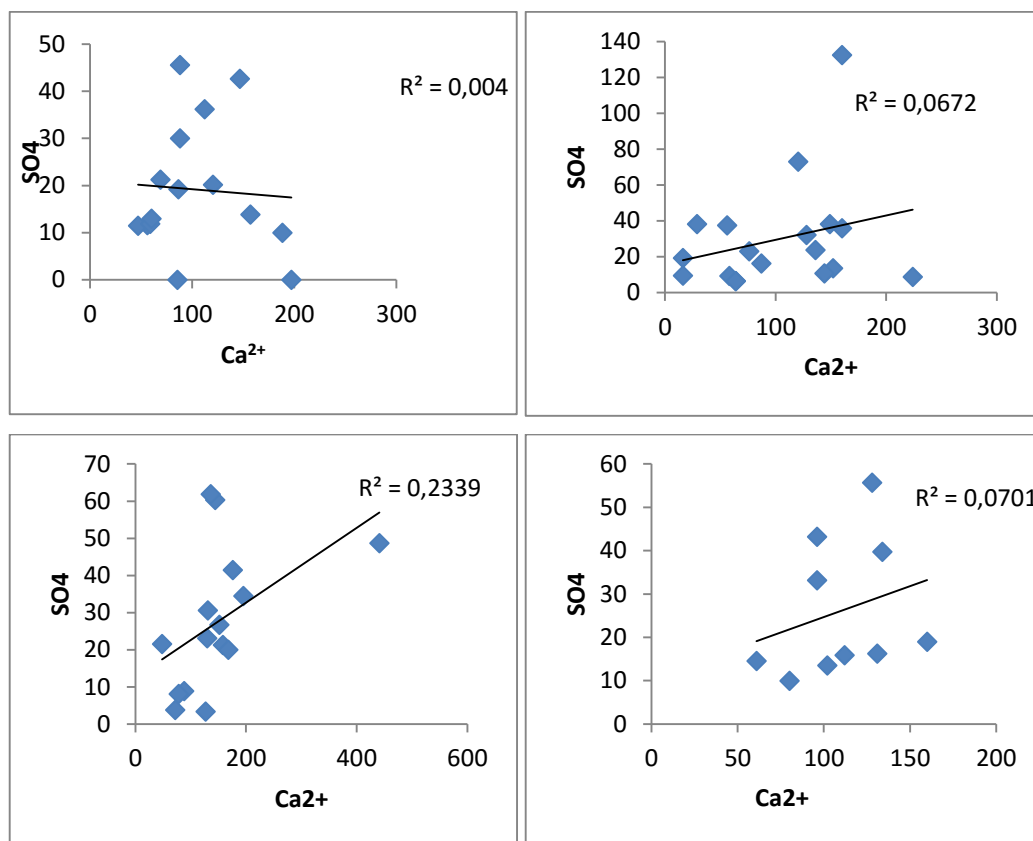
Le rapport montre que les teneurs en chlorures et sodium évoluent ensemble et dénotent de la dissolution de l'halite (NaCl) contenue dans les roches évaporitiques. À partir de ces résultats de quatre ans, on voit que le coefficient de corrélation  $R^2$  indique une bonne corrélation ( $R^2 \geq 0,90$ ) durant les années (2016, 2017, 2018). fig.56 donc les deux éléments ont la même origine, c'est la dissolution des roches évaporitiques.



**Fig .56 :** Courbe inter élément chimiques Na/CL<sup>-</sup> (2015, 2016, 2017, 2018)

#### IV.2. Relation SO<sub>4</sub>/Ca<sup>2+</sup>

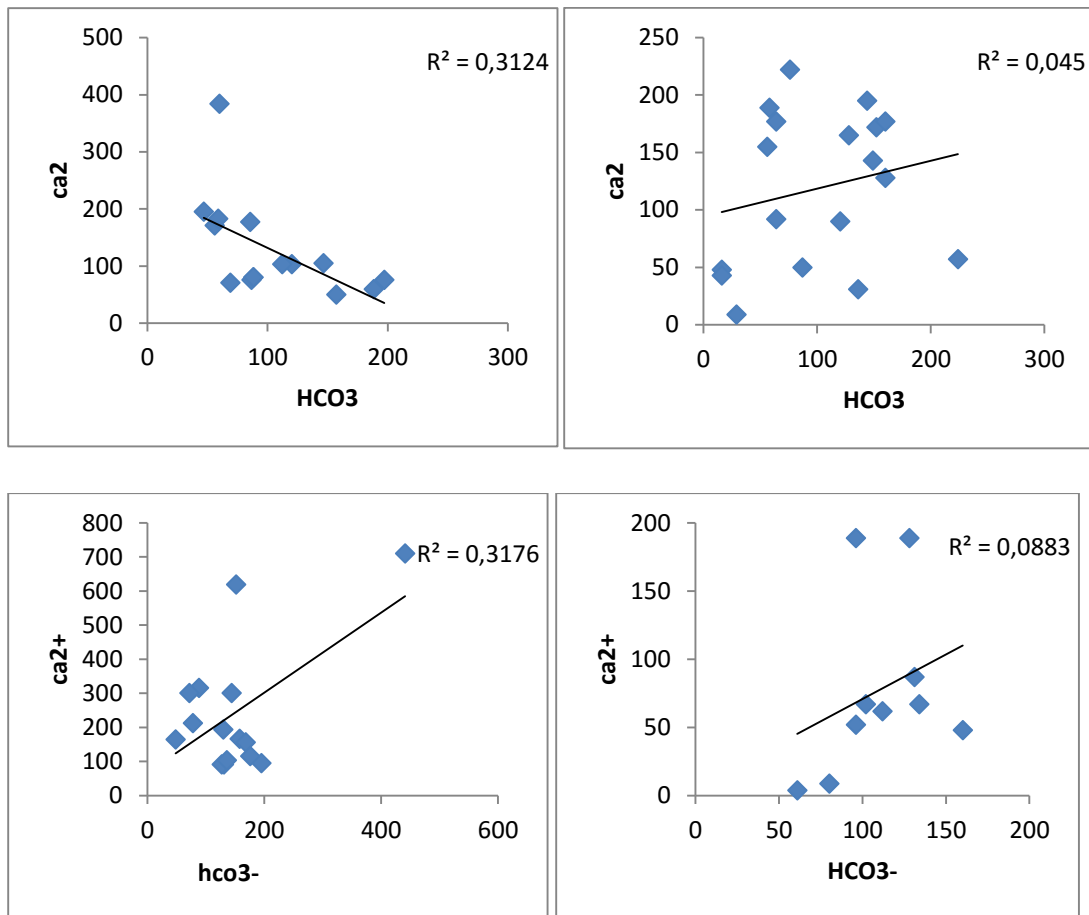
A partir de ces résultats de quatre ans on voit que le coefficients de corrélation est faible varie de 0,004 à 0,23 nous avons donc confirmés une mauvaise corrélation pour tout les périodes d'échantillonnage, cela indique des origines diverses des deux éléments chimiques (SO<sub>4</sub>/Ca<sup>2+</sup>).



**Fig. 57:** Courbe inter élément chimiques  $SO_4/Ca^{2+}$  (2015, 2016 ,2017, 2018)

### IV.3. Relation $HSO_3/Ca^{2+}$

Une mauvaise corrélation est enregistrée pour le couple  $HSO_3/Ca^{2+}$  indique des origines différentes de ces deux éléments chimiques.



**Fig. 58:** Courbe inter élément chimiques HCO3/Ca<sup>2+</sup> (2015, 2016, 2017 ,2018)

#### IV.4. Relation Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>/SO4

La même chose pour le couple Na /ca+ et SO4 une mauvaise corrélation est claire entre les éléments chimiques (origines multiples).

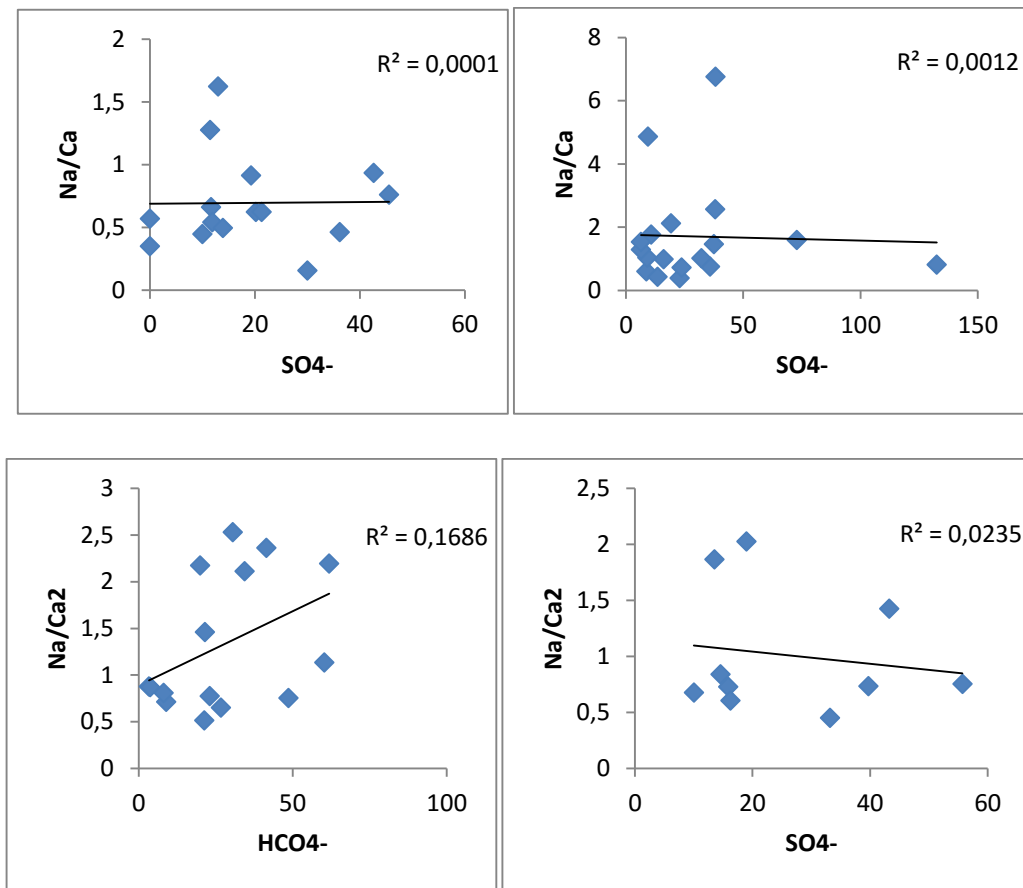


Fig.59 : Courbe inter élément chimiques Na+/Ca<sup>2+</sup>/SO4 (2015 2016 2017 2018)

#### IV.5. Relation Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>/HCO<sub>3</sub>

Origine de diverses des éléments chimique à cause de faible coefficient de corrélation sauf l'année 2018 où il ya une corrélation entre les éléments (R<sup>2</sup>=0,56)

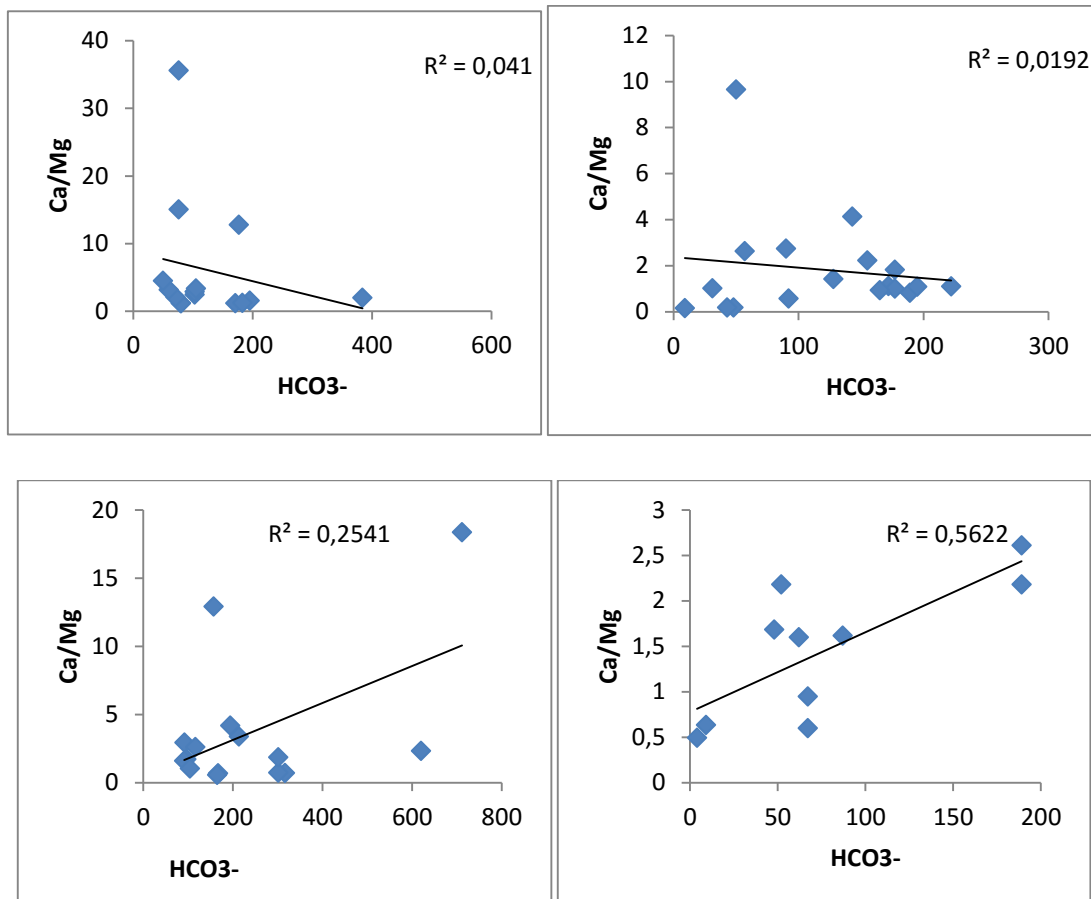


Fig. 60: Courbe inter élément chimiques (2015 ,2016 ,2017 ,2018)

## V. Aptitude des eaux de la zone étude à l'irrigation

### Introduction

Les sels peuvent perturber le développement physique des plantes du fait de l'absorption de l'eau, on peut observer des effets sur les processus osmotiques, ou du point de vue chimique par des réactions métaboliques, telles que celles causées par les constituants toxiques.

En plus les sels causent des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante (Khadri S ,2009).

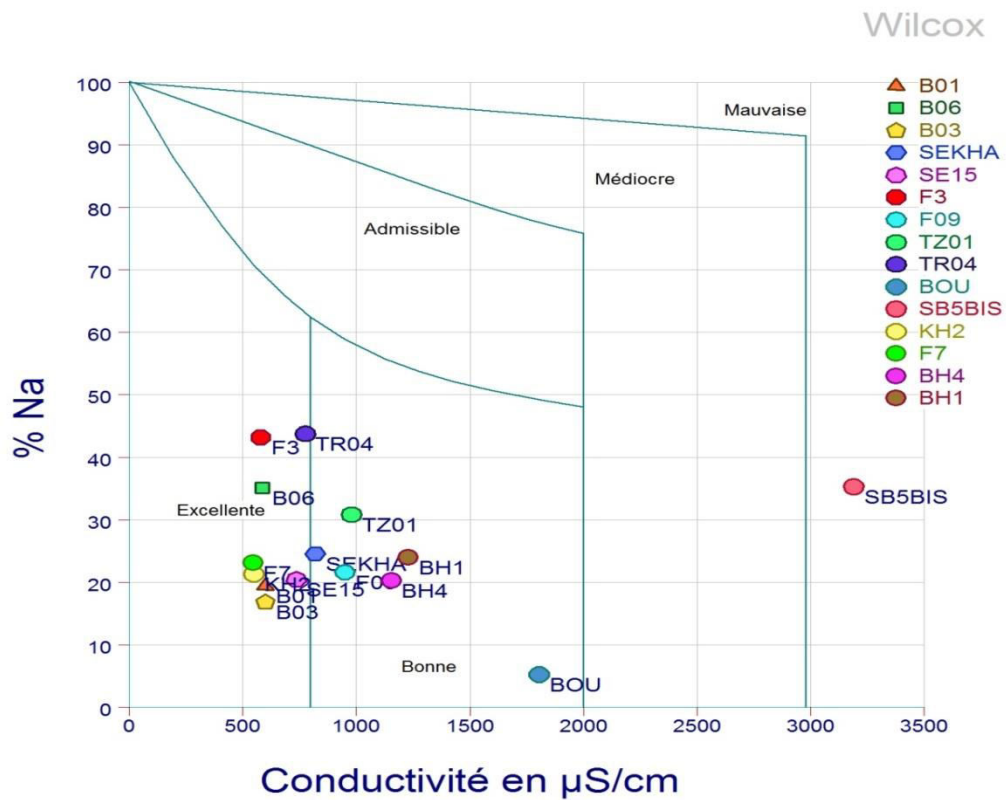
Dans cette partie nous allons mettre en évidence l'utilisation à des fins agricoles des eaux de la région, et pris en compte dans les calculs les périodes étudiées. Les méthodes de Richards et Wilcox, les plus fréquemment utilisées seront développées.

### V.1. Risque de sodalité et de salinité

La salinité peut entraîner des effets nocifs conséquents en raison de la fixation du sodium des sels de chlorures de sodium par les colloïdes du sol. le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation, de façon indirecte, en dégradent les propriétés physiques du sol . De part cette action, les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes (Tood D.K, 1980). Lorsque la concentration des ions  $\text{Na}^+$  à l'état soluble dans le sol est importante, ces ions remplacent fréquemment les cations  $\text{Ca}^{+2}$  dans le complexe absorbant une eau chargée en sels peut provoquée cet effet.

La région à vocation agricole, les cultures pratiquées sont la pastèque, le melon, la tomate industrielle ...etc. De ce fait, l'irrigation devient obligatoire et le risque de pollution est quasi présent.

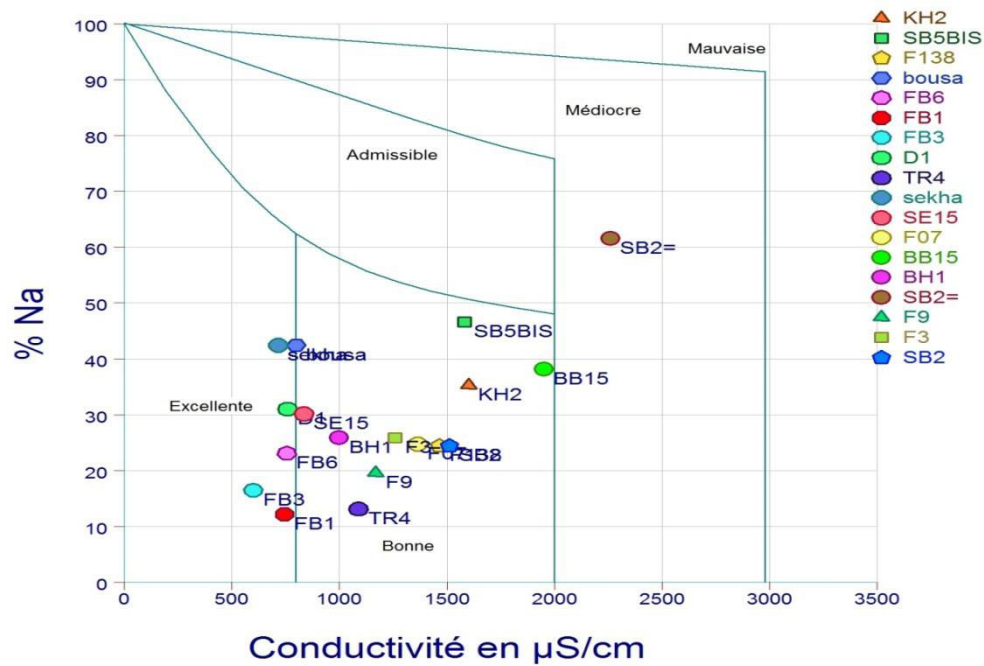
De nombreux chercheurs ont traité du problème de la qualité des eaux d'irrigation, ces études ont montré que l'excès de sodium dans l'eau entraîne une imperméabilisation du sol, se traduisant par une asphyxie de la plante. Par ailleurs les travaux de Richards, de Wilcox et la méthode dite Na%, basées toutes sur la quantité de sodium dans l'eau, montrent une répartition en classe en fonction de des valeurs du SAR (sodium absorbé), du pourcentage du  $\text{Na}^+$ . Les diagrammes réalisés indiquent une hétérogénéité de la qualité des eaux après retour des eaux d'irrigation. Ce constat est mis en évidence au niveau des cartes d'aptitude des eaux à l'irrigation élaborées, montrant que les eaux de la région, dans leur majorité, restent bonnes pour l'irrigation ; cependant un contrôle de la qualité des eaux est nécessaire particulièrement en période estivale.



**Fig.61** : Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étudiée (2015)

Concernant le pourcentage en sodium Na% et la CE pour l'année 2015

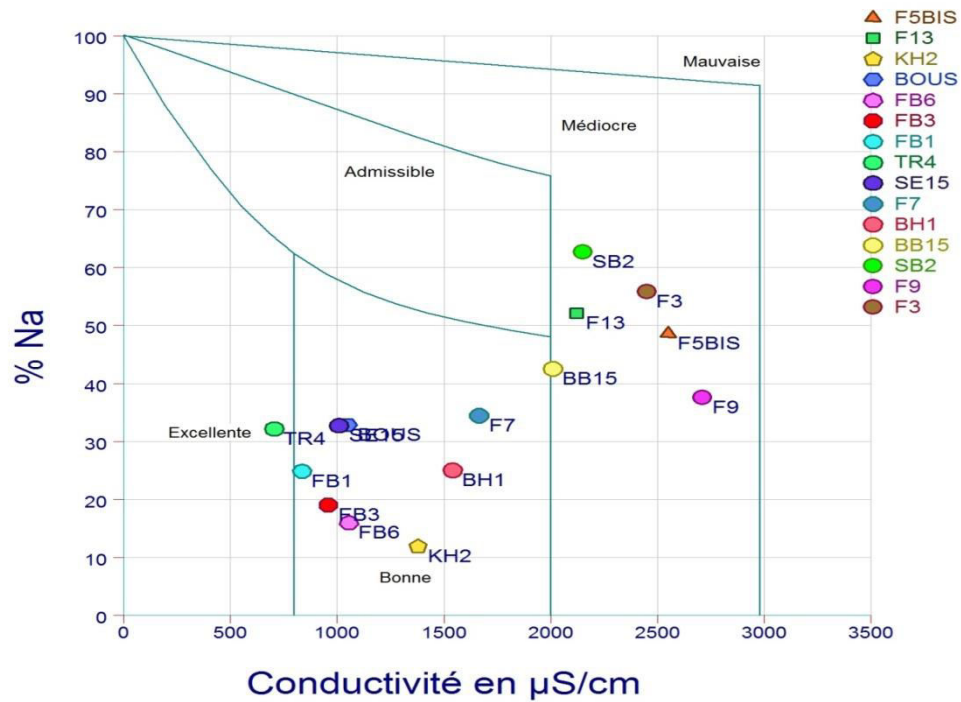
- ✓ **53,33%** des puits d'eau tombent dans la catégorie excellente à l'irrigation
- ✓ **40%** des puits d'eau tombent dans la classe bonne à l'irrigation
- ✓ **6,66%** des puits d'eau tombent dans la classe de qualité mauvaise à l'irrigation c à d on ne peut pas irriguer avec ces eaux



**Fig.62:** Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude(2016)

Concernant le pourcentage en sodium Na% et la CE pour l'année (2016)

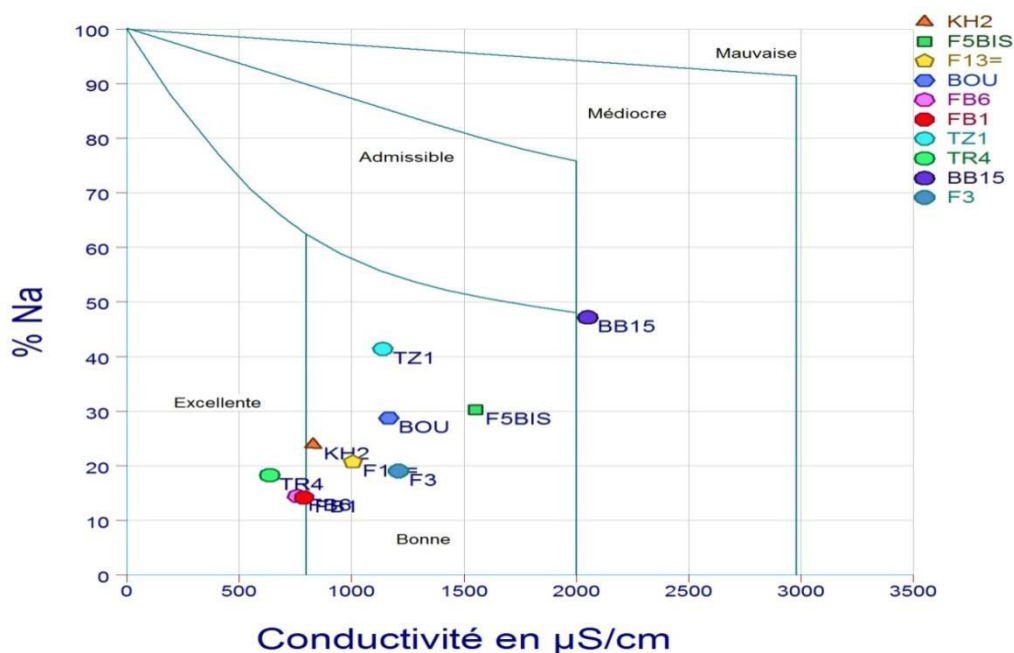
- ✓ **33,33%** des points d'eau se trouve dans la classe excellente à l'irrigation.
- ✓ **61,11 %** des points d'eau se trouve dans la classe bonne à l'irrigation.
- ✓ **5,55 %** des points d'eau se trouve dans la classe médiocre.



**Fig.63:** Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étudiée (2017)

Concernant le pourcentage en sodium Na% et la CE pour l'année (2017)

- ✓ 6,66 % des puits d'eau tombent dans la classe excellente
- ✓ 53,33 % des puits d'eau tombent dans la catégorie bonne à l'irrigation
- ✓ 40 % des puits d'eau tombent dans la classe catégorie médiocre



**Fig.64** : Diagramme US salinité de classification des eaux pour l'irrigation de la zone étude (2018)

Concernant le pourcentage en sodium Na% et la CE pour l'année (2018)

- ✓ 30 % des puits d'eau tombent dans la classe catégorie excellente
- ✓ 60 % des puits d'eau tombent dans la catégorie bonne
- ✓ 10 % tombent dans la catégorie médiocre

### Résultats et discussions

Le diagramme de Richards est une représentation graphique du SAR en fonction de la conductivité électrique, permettant de déterminer le risque de salinité des eaux la classification définie cinq classes d'eau (tableau 11) pour notre étude les résultats sont résumés dans le tableau ci après.

#### VI. Classification de Richard

La qualité de l'eau pour l'irrigation a été étudiée par l'USSS (1954) puis complétée par DURANT (1958). Cette étude s'est basée sur la concentration du sodium par rapport à Celle du calcium et du magnésium.

Le diagramme de Richards propose quatre classes du SAR en fonction quatre classes De salinité exprimée par la conductivité électrique.

Le diagramme de Richards propose seize classes les plus caractéristiques sont quatre comme indiqué sur le tableau suivant :

**Tableau 10** : classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR)

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1	Excellente	C1-S1, C1-S2	Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols
2	Bonne	C2-S1, C2-S2	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
3	Admissible	C3-S1, C2-S3, C3-S2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	C4-S1, C2-S1, C3-S3	Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
5	Mauvaise		Inutilisable

L'abondance du sodium dans l'eau d'irrigation peut provoquer également la dispersion et la destruction de la structure du sol, si la teneur en sodium est au moins trois fois supérieure à celle du calcium. Dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture. Le risque de salinité est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable : « Sodium Absorption Ratio » (S.A.R). Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le S.A.R est plus élevé. Ce dernier est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau :

$$SAR = Na^+ / [(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{1/2}$$

**Avec :**

Na : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l

Ca : concentration de l'eau en ions calcium en méq/l

Mg : concentration de l'eau en ions magnésium en méq/l

Trois classes de risque alcalin ont été définies en relation avec le risque salin.

$SAR \leq 10$  Risque faible

$10 \leq SAR \leq 18$  Risque moyen

$SAR \geq 18$  Risque élevé

Tableau 11 : classification des eaux selon Richards (2015)

Points d'eaux	Classe d'eau	%	Etat d'utilisation
F3,B6,TZ1,B3, KH2,SE15	C2-S1	40	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
B04,BH1,BH4 ,F09,SEKHA, TR4,TZ1	C3-S1	46,66	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
SB5BIS	C4-S1	6,66	Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)

Tableau 12: classification des eaux selon Richards (2016)

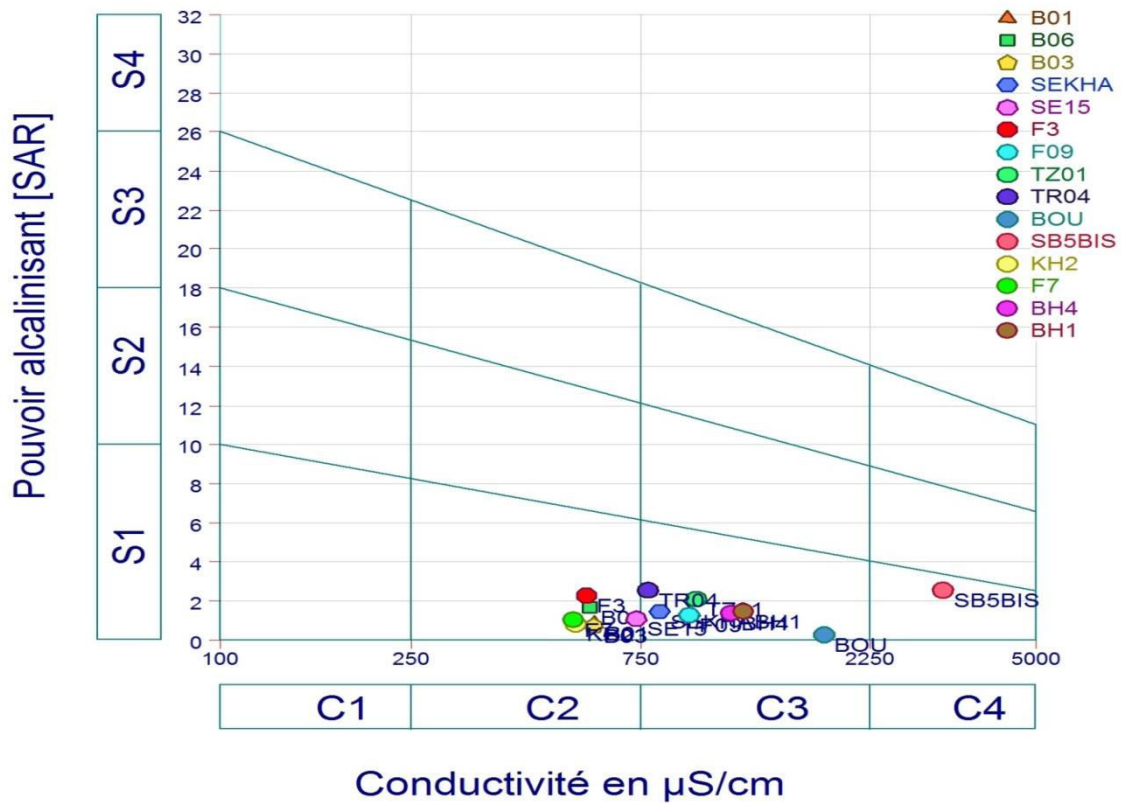
Points d'eaux	Classe d'eau	%	Etat d'utilisation
TR4	C2-S1	5,55	Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
TZ1,KH2,BOUSA,F13,F3,F B1,FB6,F5BIS	C3-S1	44,44	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
BB15	C3-S2	5,55	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés

Tableau 13 : classification des eaux selon Richards (2017)

Points d'eaux	Classe d'eau	%	Etat d'utilisation
FB3,SEKHA,FB1	C2-S1	20	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
KH2SB5BIS,F13 ,BOUSA,FB0 6, D1,TR4,SE15,F7,BB15,BH1,F 9,F3,SB2	C3-S1	93,33	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
SB2	C3-S2	6,66	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés

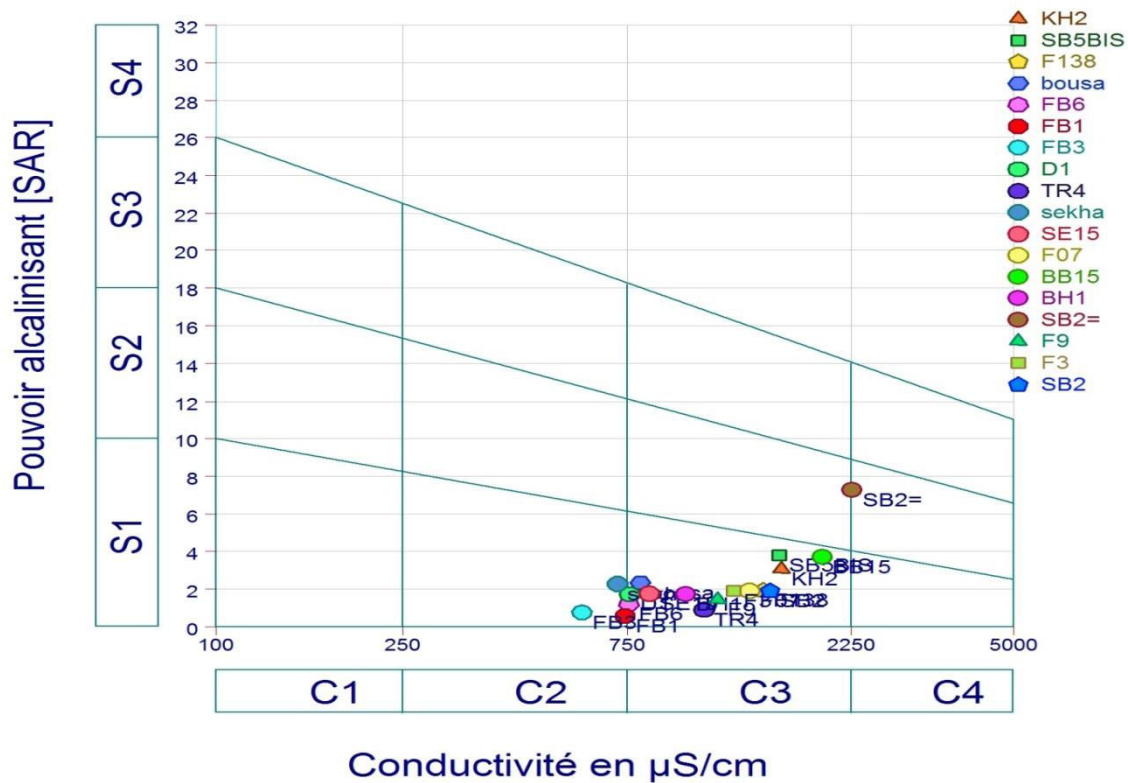
Tableau 14 : classification des eaux selon Richards (2018)

Points d'eaux	Classe d'eau	%	Etat d'utilisation
TR4	C2-S1	10	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
KH2,BOUSA,FB6,F B3,B1,SE15,F7,BH1	C3-S1	80	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
SB2,F13,BB15	C3-S2	30	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
F3,F9,FBIS	C4-S1	30	Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)



**Fig.64:**classification des eaux selon Richards (2015)

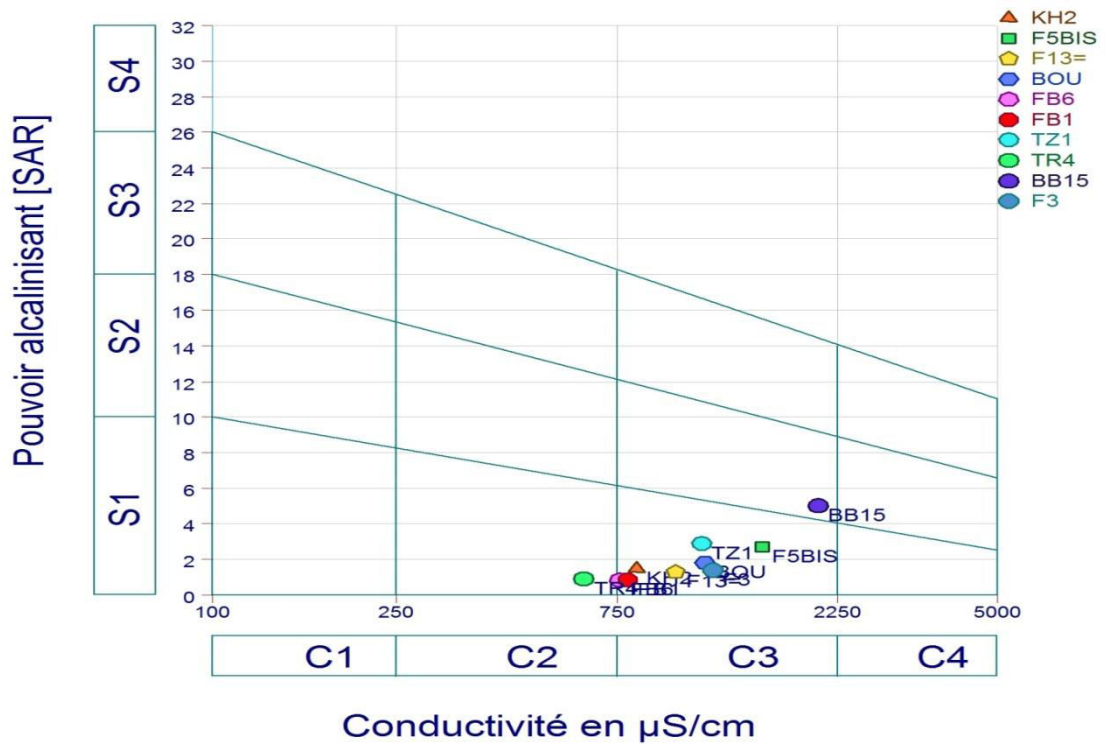
La classification des eaux selon Richards durant l'année 2015 tous les points ou disant la plus part sont dans les calasses C3S1 (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés) et C2S1 (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles), sauf le point SB5Bis il tombe dans la classe C4S1(Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)).



**Fig.65:**classification des eaux selon Richards (2016)

La classification des eaux selon Richards durant l’année 2016 tous les points ou disent la plus part sont dans les calasses C2S1 (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles) et C3S1 (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés), sauf le point SB2 il tombe dans la classe C4S1(Eau fortement minéralisée utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité).





**Fig.67:**classification des eaux selon Richards (2018)

La classification des eaux selon Richards durant l'année 2018 montre que tous les points ou la plus part tombent dans la classe C3S1, sauf les points BB15 et TR4 tombent dans les classes C3S2 (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés) et C2S1 (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles) successivement).

## I. Cadre géologique générale

Lorsqu'on aborde le Sahara par le Nord, on est surpris par la rapidité avec laquelle on passe des montagnes et plateaux de l'Atlas à la plate-forme désertique saharienne. Ce passage souligné par des affleurements de calcaires blancs subverti Caux, correspond à l'accident sud atlasique, qui est selon les endroits un pli, un pli-faille, ou une flexure. Au sud de cet accident qui va d'Agadir au Golfe de Gabès, s'étend le bouclier africain formé de roches éruptives et métamorphiques où se sont déposés plusieurs milliers de mètres de terrains sédimentaires allant du Cambrien au Quaternaire (Cornet, 1964, Saderati 2018)

## II. Etude litho-stratigraphique

La zone d'étude fait apparaître des terrains du Quaternaire et du Crétacé (Enageo, 1988).

### II.1. Les socles Mésozoïques

#### A. Trias

Formé essentiellement de marnes bariolées de couleurs rouges et violacées, ainsi que de sables, d'argiles et de dolomites. Les formations triasiques acquièrent une plasticité grâce aux sels et au gypse qu'elles contiennent et constituent ainsi les noyaux des structures dioptriques. (Bouafia. 2015).

#### B. Crétacé

Les formations crétacées présentent une masse énorme de calcaire marneux, de marno-calcaire et de marne qui s'allonge depuis les plis de Khenchela, les monts de Delaa et ceux de F'kirina jusqu'aux montagnes bordant Garaet Tarf suivant des directions NE-SW. (Aouidane. 2017).

#### B.1. Crétacé inférieure

Dans le vaste massif de l'Aurès, le Crétacé inférieur constitue l'essentiel des reliefs les plus élevés : Azreg-Ichmoul, Chélia, Aidel. Lafitte (1939).

On notera dans l'Aurès le développement important des dépôts gréseux aux dépens des dépôts carbonatés (Berkani.2016).

#### B.1.2. Barrémien- Aptien

IL se présente au Nord –Ouest du bassin (Dj. Aidel) sous forme d'une petite tache. Sa lithologique est constituée essentiellement de matériaux détritiques :( calcaires, grés, calcaires gerseaux, grés quartzeux conglomérat et marnes vertes ou rouges). (Aouachria.2008).

#### B.1.3. Albien

La limite supérieure de l'étage est généralement visible de loin dans les paysages eurasiens, car sur le flanc des anticlinaux elle correspond à une rupture de pente du relief due à ce que les marnes cénomaniennes on est facilement déblayées par l'érosion, tandis que les assises gréseuses de crétacé inférieure, donnent des reliefs assez accentués (Laffitte ,1939)

cette étage existe dans tous les anticlinaux de Aurès où couronne régulièrement les assises inférieure. Par ailleurs, Laffitte (1939) précise que dans le massif de chélia le faciès Flysch envahit ici à peu près tout l'étages ; il ce caractérise par une rapide variation de faciès .les calcaire ne subsistent que dans le partie nord-ouest de la montagne. Partout ailleurs les calcaires sont réduits à de minces intercalations parmi des grés et des marnes.il présente un faciès gréseux grossiers. (Beghami 2012).

#### **B.1.4.Aptien**

L'Aptien est bien représenté dans L'Aurès ou il afflue dans les grandes Anticlinaux Djebel El Ezreg Il comporte des calcaires marneux et aussi affluer au Djebel Fedjoudj: au nord de Kef Gouriet avec: 120m d'alternance des marnes grises au niveau de Djebel Chentgouma les 100m premières de la série aptienne calcaire. (Blkoum.2017)

### **B.2 Crétacé supérieure**

Le Crétacé supérieur forme l'essentiel des affleurements mésozoïques dans les confins de l'Aurès.

#### **B.2.1 Cénomanién**

En effet, dès le début du Sénonien, se dépose en alternance de l'anhydrite, des argiles, des dolomies ainsi que quelques bancs calcaires. Le dépôt parfois d'un banc de sel massif à la base dans le Bas Sahara témoigne particulièrement du régime lagunaire qui s'était installé sur le Sahara oriental durant tout le Sénonien inférieur. (Saderati 2018)

#### **B.2.2 Turonien**

Il faut souligner que les terrains crétacés les plus dominants dans les paysages de cette région restent ceux du Turonien, ils affleurent sous forme de faciès variés : le Turonien moyen et supérieur affleure avec des marnes beiges et des calcaires noduleux. Quant au Turonien basal, il affleure avec des marno-calcaires en plaquettes et une alternance de marnes avec de petits bancs de marno-calcaires. Ce sont des terrains qu'on rencontre au Nord de notre secteur entre Khenchela et Tazzouguert.(Belaa F.2015)

#### **B.2.3 Sénonien**

Du fait de l'importance de l'érosion antérieure au dépôt du Miocènes Marin, le Sénonien affleure de façon très irrégulière, il est très épais et atteint les 1200 m à 2000 m.

Le Sénonien est présent dans tous les synclinaux de l'Aurès. Très épais, il occupe en Affleurement de très grandes surfaces. La partie supérieure de l'étage formée de calcaires massifs, est représentée par des crêtes immenses, telles que Djebel Mahmel qui culmine à 2321m.

Parmi ses principaux affleurements on cite ceux du Djebel Chechar. Dans le Sénonien nous admettons donc les sous étages classique :

- Coniacien
- Santonine
- Campanien
- Maastrichtien

La meilleure coupe de la partie supérieure du sénonien c'est-à-dire: campanien et Maastrichtien est visible à Djellal située à 20 km au sud de Tamdakite. Elle se présente ainsi:

1- Calcaires crayeux blanchâtres à bryozoaires avec des intercalations de marnes noires  
L'épaisseur atteint 180m.

2- Marne noires à ostéal. Sur 50m.

3- Calcaires massifs sur 2m. (Bouaicha, 2009)

## **II .2 Les socles Cénozoïques**

### **II .2 .1. Néogène**

Représenté par des dépôts continentaux : conglomérates, poudingues, grès, argiles ; reposant en discordance oblique sur le Crétacé; leur puissance varie de 250 à 300m, ce faciès est reporté au Miocène supérieur et au Pliocène. Cependant le Miocène inférieur est formé de conglomérates et de poudingues, c'est des massifs de l'Aquitainien. (Lakhdari S .2012)

### **II .2.2. Quaternaire**

Les formations récentes sont aussi largement répandues à la périphérie de l'Aurès qu'ils sont rares dans le centre du massif ; ils sont représentés uniquement par des Eboulis et des terrasses, tandis qu'ils forment en périphérie, de larges et d'épaisses nappes alluviales. Les dépôts quaternaires recouvrent la majeure partie des plaines, ce sont des Eboulis à blocs, alluvions récentes ou actuelles, terres arables, alluvions anciennes, Glacis polygénique nappant les reliefs et des croutes calcaires.(Rouibi.I 2015)

## **III. Miocène**

Est formé essentiellement par des grès blancs grossiers, marnes biomicrites et biomicroparites. Le mur de cette formation est constitué par des argiles siliceuses beiges et rouges, que le toit est formé par des argiles et argiles siliceuses rouges.

La variation de l'épaisseur de cette formation est comprise entre 100 et 200 m (Mehainaoui M 2017)

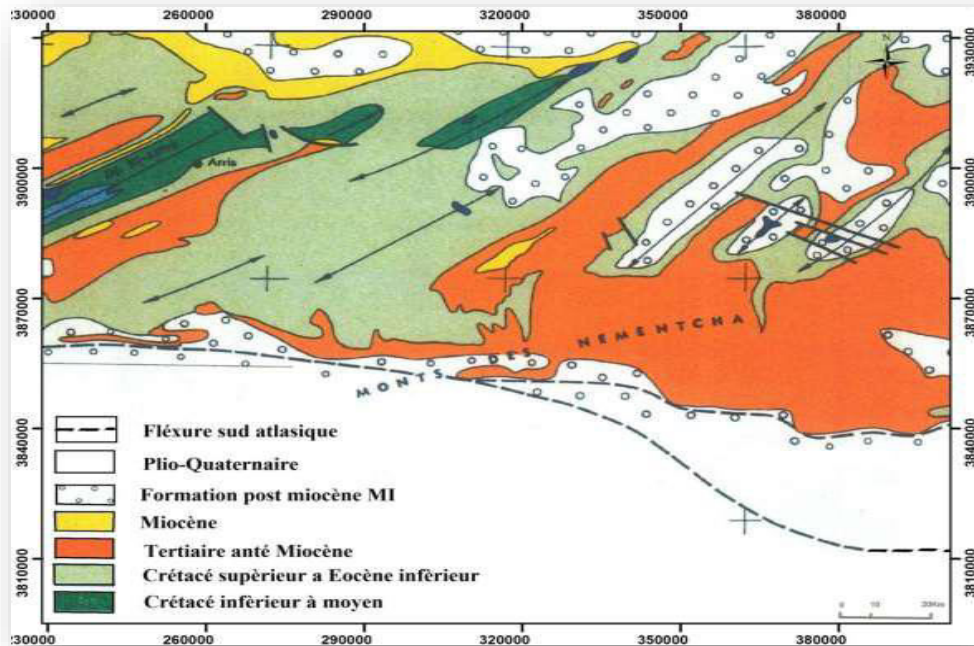


Fig.10: La carte géologie de la région d'étude (DHW)

#### IV. Situation pédologique

##### IV .1 Pédologie régionale

Les sols de la wilaya de khenchela sont en grande partie, pauvres et peu profonds à l'exception des plaines du Nord où le sol est relativement plus profond. Ainsi, et mis à part quelques rares endroits isolés où la roche mère affleure, on rencontre au niveau des hautes plaines du Nord, là où le réseau hydrographique est très dense, des sols alluviaux profonds, de texture limoneuse ou argileuse. Ces sols peuvent porter des cultures très riches (DHW khenchela, 2016, Babana.CH. 2018).

Les sols de la Wilaya sont en grande partie, pauvres et peu profonds à l'exception des plaines du Nord où le sol est relativement plus profond. Ainsi, et mis à part quelques rares endroits isolés où la roche mère affleure, on rencontre au niveau des hautes plaines du Nord, là où le r réseau hydrographique est très dense, des sols alluviaux profonds, de texture limoneuse ou argileuse.ces sols peuvent porter des cultures très riches. La zone des piémonts est formée quant à elle, de sols calciques également très riches. Au niveau de la zone centrale montagneuse, on rencontre sur les monts des Aurès des sols insaturés humifères (sols formés sur des roches non calcaires et perméables), des sols calcaires humifères (formés sur les roches mères calcifiées).

La roche mère affleure en quelques rares endroits isolés. Le plateau du Mahmel et la vallée de l'Oued El Arabe sont formés de sols calciques; la roche mère affleure uniquement

sur les hauteurs. Sur les monts des Nememchas et à l'exception d'une bande centrale de direction N.E-S.W formée de sols calciques, la roche mère affleure sur presque toute la sous zone. Ceci explique le degré d'érosion atteint au niveau de cette région. Quand à la zone Sud de la Wilaya, l'influence désertique sur les sols est apparente ainsi, et mis à part quelques hauteurs où la roche mère affleure, on rencontre des sols éoliens d'ablation (zone des parcours steppiques), des sols basiques (au pays de la céréaliculture par épandage de crues), et surtout des solonchaks (sols dont le teneur en CL est supérieure à 1.8%) sur la majeure partie de la zone. L'extrême Sud de la Wilaya se caractérise par des sols éoliens d'accumulation (dunes de sable).

#### **IV.2. La Perméabilité**

##### **A. Classe des formations à perméabilité élevée**

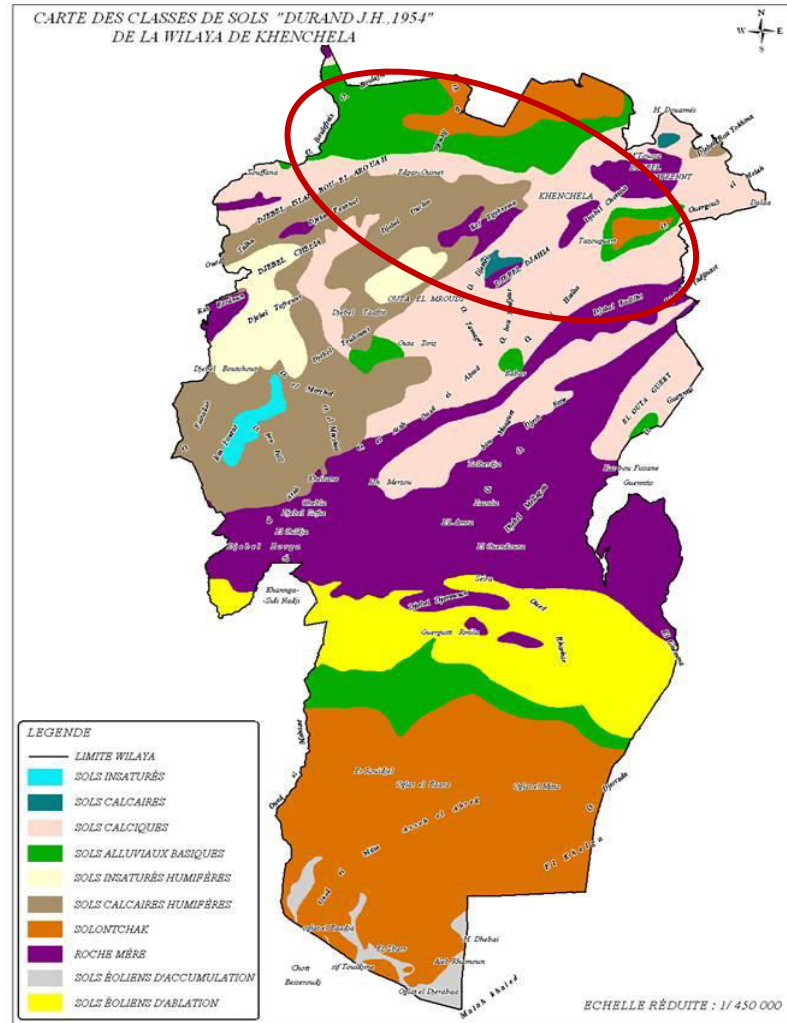
L'accroissement des formations quaternaires, surtout dans les montagnes de Kouanana et l'Aurès.

##### **B. Classe des formations à perméabilité moyenne**

Les formations Gréseuses et les formations marneuses Calcaires, occupent la plus grande superficie de la zone d'étude.

##### **C. Classe des formations à perméabilité faible à moyenne**

Les formations Argileuse ou marneuse, et du Crétacé qui sont les plus représentées de la surface totale. (Djemai.i.2012)



**Fig.11:** la carte de perméabilité de la wilaya de khenchela (ADE).

**V. L'hydrogéologie de la zone etude:**

**Introduction:**

L'hydrogéologie est la science de l'eau souterraine. C'est une discipline des sciences de la terre qui a pour objectifs l'étude du rôle des matériaux constituant le sous-sol les structures hydrogéologiques (aquifères) et, par acquisition de données numériques par la prospection ou l'expérimentation sur le terrain, de permettre la planification dans la recherche et l'exploitation des eaux souterraines à usage domestique ou industriel et étudier comment les matériaux géologiques. L'hydrogéologie doit être capable d'estimer la quantité et la qualité de l'eau et prédire son comportement dans les aquifères. (François Renard 2002, Boughanem. R 2016).

**V.1. Les formations aquifères au niveau de la région de kenchela:**

La région de kenchela a quatre nappes aquifères qui sont identifiées comme la suite:

**V.1.1. Nappe superficielle**

La nappe phréatique (en moyenne inférieure à 100 mètres de profondeur). Elle est captée par plusieurs forages répartis à travers la wilaya (Nord, Est et Sud) et alimentes plusieurs sources d'intérêt local (Ain El Fedj, Ain El Krim, Ain Frenal), le point de résurgence extant généralement une faille ou un facteur.

**V.1.2. Nappe Des Plaines d'effondrement**

On appelle nappe profondes tous les aquifères contenus dans les formations grossières quaternaires du plio-villafranchien. De profondeur varient entre 300 à 600 mètres elle est captée exclusivement dans au sud de la wilaya dans la daïra de Chacher. (Belmekki.M.2013)

**V.1.3. Nappe des calcaires fissurés**

L'épaisseur de certaines formations carbonatées dépassent les 250m et constituent la nappe des calcaires maestrichtiens

**V.1.4. Nappe des formations continentales**

Localisées essentiellement dans la région Sud de la wilaya, leurs profondeurs varient de 200 à 600m. (CHaffai H 2013)

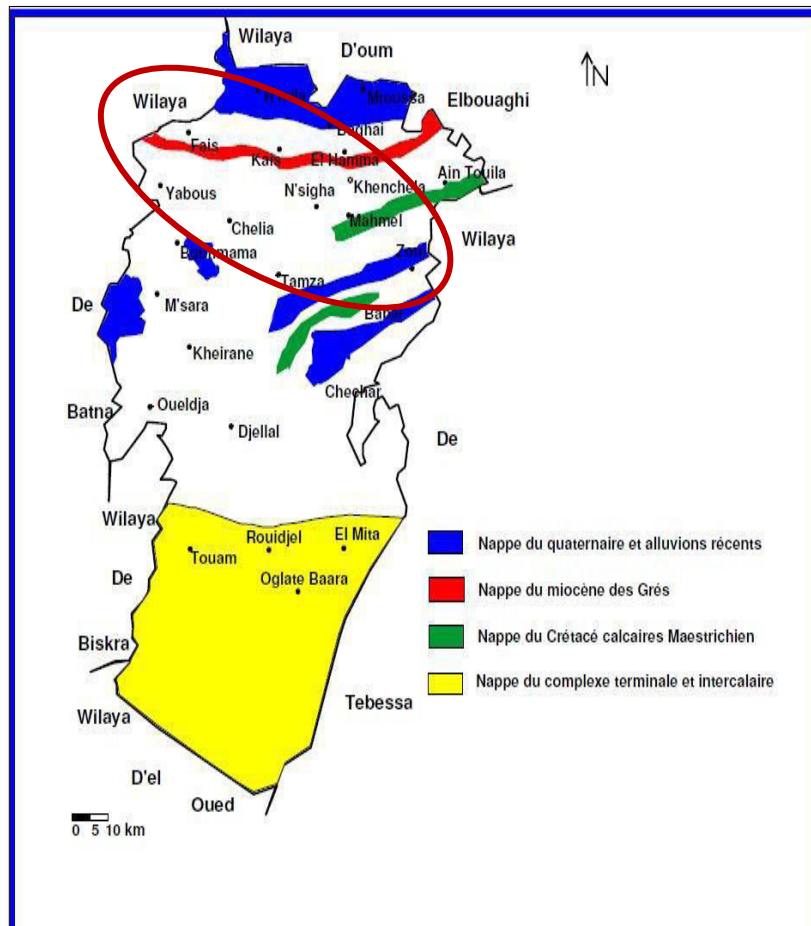


Fig.12: la Carte des principales zones aquifères (DHWK)

## CONCLUSION GENERALE

Les données de diverse paramètres (morphométriques, hydroclimatologiques, géologiques, hydrogéologiques, hydro chimiques), nous ont permis de valoriser les ressources en eaux du la zones d'étude et d'apprécier leurs qualités physico-chimiques.

Les différents chapitres de notre étude ont fait l'objet de conclusions partielles, aussi résumons nous brièvement les résultats obtenus :

- Dans un premier temps le point de vue géomorphologique, la région d'étude s'avère montagneuse entourée par des massifs dont l'axe de direction N- NO -E. Elle est caractérisée par un réseau hydrographique dense et une végétation de type l'arboriculture fruitière, des cultures céréalières.
- La géologie de la zone se présente comme une synthèse des travaux réalisés par plusieurs auteurs à côté des observations de surface et de corrélation de nombreux forages.
- Le climat de la région étudiée est semi aride influencé par les facteurs géographiques (altitude, éloignement de la mer et orientation des versants des montagnes) et par les facteurs atmosphériques essentiellement imposés par le régime sub-saharien. Les précipitations, dont moyenne annuelle est de l'ordre de 623 mm/an et une température moyenne de l'ordre de 14,83°C.

Les résultats d'analyse montrent que les eaux souterraines de la zone d'étude présentent une qualité plus ou moins bonne. L'interprétation des diagrammes de PIPER a montré que les eaux la plus part des échantillons sont caractérisées par une dominance de faciès chlorures et des sulfates sodique et magnésique

- Concernant la qualité des eaux à boire, les concentrations de éléments chimiques sont inférieurs aux normes les eaux souterraines de la wilaya sont d'excellente à bonne qualité pour l'irrigation (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels, générer des problèmes pour les argiles), elles se situent dans la classe C1S2, C1S2 la qualité des eaux passe du bonne à admissible (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés) ces eaux sont situées dans la classe C3S1, C2S1, C2-S2, C2S3, C3S2.
- L'analyse de tous les paramètres caractérisant la qualité des eaux a révélé que l'utilisation des engrais chimiques, l'irrigation excessive et la nature

sableuse du sol ont facilité l'infiltration des polluants vers les eaux souterraines.

- Le calcul du SAR a classé ces eaux en trois groupes :
  - ✓ Eaux de qualité excellent
  - ✓ Eaux de bonne qualité
  - ✓ Eaux de qualité médiocre

## Références Bibliographie :

**ABDAOUI., (2017) :** étude l'alimentation en eau potable et diagnostic des pertes dans le réseau de distribution (cas ville de khenchela) mémoire de master .université d'Oum El Bouaghi.28p

**ADE.** Algérienne des eaux de Khenchela .

**ANDI:** Agence Nationale de Développement de l'Investissement 2015

**AOUIDANE.L., (2017) :** origines de la salinisation des eaux et des sols d'une zone à climat semi-aride : cas de Remila (W. khenchela) thèse de doctorat. Université de Biskra .27p

**BELHAMDOU.N ,(2013) :** Etude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe du continentale intercalaire de la région de In Salah. Thèse de Master. Université d'Ouargla .63p.

**BELKOUM.N., (2017) :** l'apport de l'hydrochimie et des isotopes de la molécule d'eau dans l'étude de l'impact des eaux de barrage sur la qualité des eaux souterraines dans les bassins endoréiques. cas du bassin de Chemora Algérie-Orientale.thèse de doctorat. Université de Biskra.31p

**BELMMAKI .M . K,(2013) :**Evaluation Et Caractérisation De Quelque Gisement

**BENOUNIS.M., (2011) :** Impact des rejets de la station d'épuration d'ElManchar sur la qualité des eaux souterraines (Wilaya de khenchela, Nord Est algérien).thèse de magister université de khenchela .41p

**BERKANI.CH., (2017) :** traçage chimique et isotopique des eaux de source pour la connaissance des aquifères des massif de l'Aurès –khenchela-Algérie. Thèse de doctorat.3p

**BERMOND . R et PERRDON . C., (1979) :** paramètre de la qualité des eaux Ministère de l'environnement Paris, (1979).259p.

**BGHAMI.Y., (2012) :** écologie et dynamique de la végétation de l'Aurès : analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde .thèse de doctorat université de Biskra.29p.

**BOUBELIS., (2009) :** identification et mise en évidence des formations hydrogéologique de la wilaya de khenchela (Nord-Est Algérie) .thèse de doctorat. université de Annaba. 6p.

**BOUMAIZA.I., (2015) :** l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau de robinet e la ville de khenchela (wilaya de khenchela).8p

**BOUMAIZA.I., (2012) :** Origine De La Salinité Et Modélisation Thermodynamique Des Eaux Souterraines De L'aquifère De Khenchela. De Mémoire Magister. 13p

**CHAFFAI.H., (2013)** : hydrogéologie d'un système Aquifère en zone semi-aride : cas de la région de kenchela (Algérie) faculté des sciences de terre article courrierdu savoir-N°15, Mars2013,pp,41-45Université de Biskra.2p .

**DARBOUCHE.A., (2013)** :évaluation et caractérisation de quelques gisements hydrothermaux du Nord des Aures.these de magister .université de kenchela 29p.

**DEROUICHE.A., (2010)** : étude géophysique des Aquifères profonds dans le Sud –Est constantinois (cas de la région kenchela-Aures).

**DJEMALI., (2013)** : comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface du barrage de foug el gueiss (Est- algérie) .thèse de magister.ingénieur d'Etat en hydraulique.université de batna 44p.

**DHWK** : direction hydraulique wilaya de kenchela.

**D.R.E.,( 2019)**:d'érection de ressource d'eau de la wilaya de kenchela .

**D.S.P.I,(2019)**:*Direction De Planification Statistique De Kenchela* .

**JEAN BAPTISTE G. et RABEL L., 1995.** Premier cours national post-gradue sur l'irrigation, le Drainage et la gestion des ressources hydriques.

**HALIMLS., (2018)** : évaluation de la qualité des eaux (salinité ; éléments nutritifs métaux lourds).cas de la plaine de mallagou.( bouhmama-kenchela-NE Algérien).18p.

**HOUHA, B.,( 2007)** : Etude des fonctionnements hydrogéochimiques et salins de bassin semi-aride de Remila Kenchela. Thèse de doctorat ; Institut hydrogéologique, Université de Annaba, 165p

**GLINKA, N.,( 1977)** :.chimie générale. Sous la réduction de V.RABINOVITCH. Tome II. éd. Mir Moscou. 576p.

**KHABTANE.A.,(2015)** : Contribution A L'étude Des Caractères Morphologiques, Physiologiques Et Des Marqueurs Moléculaires Pour L'évaluation Du Polymorphisme Phénotypique Et Génétique Des Espèces Du Genre Tamarix Dans Différents Ecotopes De La Zone Steppique De KHENCHELA (EST ALGERIEN).Mémoire De Doctorat. 6p

**KHABTHANE.A., (2010)** : contribution à l'étude du comportement Eco physiologique du tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de kenchela .thèse de magister. Université de Constantine.48p

**LAKHDARIS., (2012)** : étude de la qualité des eaux de l'aquifère du bassin versant de Foug El gueis (wilaya de kenchela).thèse de doctorat .ingéieure d'état en biologie.19p

**LARBAA.A., (2015) :** hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds (couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque de pollution) dans la région de khenchela.université de Annaba.27p

**MADANI .O,(2010) :** Ressources Et Essai De Gestion Intégrée Des Eaux Du Nord Des Aurès Dans La Wilaya De Khenchela\*\*Nord Est Algérien\*\*.p3

**MAKHOUKH.M.M.SBAA ,A.BERRAHOU,M,VAN.CLOOSTER2.,(2011) :**contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc 2011.

**Mérigout., P, 2006.** Étude du métabolisme de la plante en réponse à l'apport de différents fertilisants et adjuvants cultureux. Influence des phytohormones sur le métabolisme azoté. Docteur en institut national agronomie Paris-Grignon.110p

**MOHAMMED.K., (2010) :** Forêts, Ecosystèmes Et Dynamique Du Milieu : Le Cas De L'aures.Mimoiere De Doctorat Université Des Frères Mentouri-Constantine.p18

**MOUDJARI.Z., (2015) :** étude de la qualité des eaux du bassin versant tagharist (Yabous, w de khenchela). Thèse de magister. université de khenchela .44p

**NISBET E.G. ET VERNEAU O,(1970) :**composants chimique des eaux courants ,discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyse chimiques. Ann . Limn ,6(2)(1970) 161-190.

**OUANNES.M.,(2015) :** Synthèse hydro chimique des eaux souterraines de la commune d'el mahmel (w de khenchela) mémoire de master. Université de khenchela .15p

**PAINCHAUD, J. (1997).** La qualité de l'eau des rivières du Québec : État et tendances. Direction des écosystèmes aquatiques. Rapport du Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 55p.

**RODIER, J., (1996) :** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition Dunod, Paris.

**RODIER, J., ET COLL. (2009) :** L'analyse de l'eau (eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer) 9e édition. Dunod. 1526p.

**RODIER.,( 2005) :** L'analyse de l'eau (eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer)

**ROUSSEAU., N, ROY., N, CANTIN., P, CARDINAL., P, 2004.** Etude sur la qualité des eaux potable dans les bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé. Méthodologie. MENV, MSSS, MAPAQ, INSPQ, ISBN.2-550- 43507.Enviro doq ENV/2004/0311. 35p.

**SEDRATI, A., (2013) :** Etude de la salinité et Détermination de la contamination de la nappe de la Sebkha d' El Mahmel. Mémoires de master, l'université de Khenchela .p67.

**SEDRATLA., (2018)** : contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal-zone sud khenchela-Algérie. Thèse de doctorat.34p

**SHOUT.H., (2009)** : l'étude géophysique et hydrogéologique dans la région de khenchela, cas de Kheirane et touzient, impact socio-économique. université entouri constantine.27p

**TARDAT-HENRY. M (1984)** : Chimie des eaux. *Ed. Griffons d'argile. Montréal, Canada..*

**TRICART J. ; CAILLEUX A., (1968)** : Introduction à la géomorphologie Climatique, annales de géographie, Volume 77, Numéro 419, pp 86-91

**VALLES, V., (1985)** : Etude et modélisation des transferts d'eau et des sels dans un sol argileux. Application au calcul des doses d'irrigation, Thèse Doc. De l'institut national polytechnique de Toulouse. 180 p.

**YAHIAOUI.A.,(2008)** : analyses morpho dynamique et hydro pluviométrique de la vallée de oued el arab et leurs impacts sur la pérennité du barrage. thèse de magister .université de Batna. 20p



## ملخص

تعتبر مدينة خنشلة بموقعها الجغرافي ومميزاتها المناخية المثال علي المدن الجزائرية في ظل النقص في تلوث مياهها الباطنية امام هذه الوضعية يتوجب علينا ان نستمر في ، من اجل تلبية حاجيات السكان المتزايدة باستمرار وجعلها من اولويات التنمية المحلية. المراقبة و المحافظة علي نوعية هذه الثروة

وتندرج دراستنا هذه ضمن مهمة مراقبة نوعية هذه المياه في بعض الابار المتواجدة علي مستوى الجهة الشمالية لولاية خنشلة حيث قمنا بدراسة نتائج التحاليل الكيميائية (2018-2015)ولفيزيائية لهذه لأبار علي مدة اربع سنوات

اسفرت نتائج الدراسة علي مايلي

تواجد عينات ذات نوعية **bicarbonaté calcique et magnésien Fasciées chimique**

تواجد عينات ذات نوع **chimique chloruré sodique et potassique ou sulfatée sodique Fasciée**

توجد علاقة معاملات بين العناصر التالية:

علاقة قوية بين العناصر  $CL^- / Na^+$

-علاقة ضعيفة بين العناصر المتبقية

حسب منظمة الصحة العالمية والدراسة الكيميائية لنوعية المياه مكثنا من الحصول علي عدة انواع

مياه صالحة لشرب ( FB6,B03,B06,SE15,F7 ) .

مياه صالحة لسقي ( (FB6,B03,B06,SE15,F7 ,BH4,SKHALA,BH1,TZ1,TR4 )

مياه غير صالحة لشرب والسقي( SB5BIS )

الكلمات المفتاحية مياه صالحة لسقي , مياه صالحة لشرب, خنشلة، التحاليل الكيمياء، منظمة الصحة العالمية

## Résumé :

La ville de kenchela se distingue par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques par rapport aux autres villes algériennes dans la carence des pollution des eaux profonde devant ce cas, on doit continuer dans la surveillance et la préservation de la qualité de cette richesse, pour répondre aux besoins de la population grandissante croissement et la rendre des priorités du développement social.

Et notre étude s'intéresse à la surveillance des qualités des eaux dans les puis qui se pose au niveau du nord de la wilaya de Kenchela ou on a fait une étude des analyses chimiques et physiques des puits dans une durée de 4 ans (2015-2018)

Les résultats d'étude nous mènent :

- La présence des échantillons de la qualité de : bicarbonaté calcique et magnésien Fasciées chimique
- La présence des échantillons de la qualité de : chlorurée et sulfatée calcique Fasciées chimique
- La présence des échantillons de la qualité de : chimique chloruré sodique et potassique ou sulfatée sodique Fasciées

On a trouvé une relation corrélations entre les composants suivantes :

- Coefficient de corrélation forte  $CL^- / Na^+$
- Coefficient de corrélation faible

A partir du Organisation mondiale de la santé on a pu de l'obtention de plusieurs genres :

- Des eaux buvables (FB6,B03,B06,SE15,F7 )
- Des eaux d'irrigation ((FB6,B03,B06,SE15,F7 ,BH4,SKHALA,BH1,TZ1,TR4 )
- Des eaux imbuables et invalides pour l'irrigation ( SB5BIS ,)

**Les mots cles :** kenchela, les analyses chimiques, organisation mondiale de la santé, eaux buvable, eaux d'irrigations