

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrour
- Khenchela-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie & Environnement

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

FILIERE: Ecologie et l'environnement

OPTION: PDESP

Thème

Contribution à l'étude des causes de la salinité des eaux
souterraines

De la commune d'El Mahmel

- Thabti Rahima
- Reghis Ahlem

Soutenu le : Mai 2016

Jury de soutenance:

Président : M^{me}. CHELLIH .F

Encadreur: M^{me}. Dib .D

Examineur: M^{me}. ADDAD .D

Univ. Khenchela

Univ. Khenchela

Univ. Khenchela

Promotion : Mai 2016

La boratoires a été réalisé : la boratoires d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila) et le Laboratoire de l'université d'Oum el Bouaghi

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات و الذي وفقني لنيل ما يحبه و ما يرضاه و اعترافا مني بفضله
حمدا ينبغي لعظيم وجهه و جليل سلطانه.
أهدي هذه الثمرة إلى من أوصاني إله الكون عليهما إلى من علمتني المثل العظيمة فاقتديت بها إليك
يا منى عمري أُمي.
إلى من أعطاني الكثير دون مقابل إلى من وفر لي كل شروط الحياة إليك أباي العزيز.
إلى من تحلوا الحياة معهم إلى الزهور التي لا تذبل
زوليخة و حسيين و الكتكوت ربيع :

ليلي و عواطف و اميرة و حفيظة

إلى من تعلمت منهم معنى الصداقة: روضة و مليكة و عديلة و سهام و هاجر و فوزية و نادية و
ونبيلة و عبير و راوية و الهام و هالة و خوله
إلى من سبق و التقيت بهم أمين

(2)

إلى رفيقتي و زميلتي و مساعدتي و سندي في هذا العمل تسعدت
رحمها الله فاطمة زهرة عيساوي
كريمة بن سويسي

و أخيرا و ليس آخر أقول العين ترى أشياء كثيرة و في الذاكرة تبقى أحداثا مثيرة أو ليس الحياة

رحيمة





REMERCIEMENTS

Avant tout, un très grand merci à **ALLAH** qui est toujours
Présent avec nous dans le bonheur et dans le pire. Au terme de ce travail, il très
agréable de remercier tous ceux qui 'ont aidé et contribué, de près ou de loin, à la
réalisation de ce mémoire.

Nous n'arrivons pas à trouver de mots suffisamment forts pour exprimer la
reconnaissance que nous avons à l'égard de notre Encadreur **Dib.D** , que ce soit
sur le plan professionnel ou personnel. Elle a su nous donner confiance dans les
moments difficiles. Nous somme en sincèrement son très reconnaissants.
Nous souhaite remercier **Mme ADDAD .D et Mme Chelih** , qui sont participés
étroitement à l'avancée de nos recherches et à la réalisation des études
expérimentales.

Nous remercions aussi les membres du jury.

Nous remercions

Chef de laboratoires, d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les
Matériaux (Ain M'Lila) **bakha**. Nous remercions **le Directeur** de la Laboratoire de
l'université d'Oum el Bouaghi



CHAPITRE I :

Encrage bibliographique

CHAPITRE II :
Etude, géologique et
Hydrogéologique et climatique

CHAPITRE III.

Etude hydro-climatique de la zone

Chapitre IV:

Etude hydro chimique

Introduction générale

Conclusion générale

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Annexes

Resultat et discussions

Materiels

méthodes

listes des figures

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
PARTIE I : Partie bibliographique	
CHAPITRE I : Encrage bibliographique	
I.1 .Définition de la salinité.	4
I.2. Définition de la salinisation.	5
I.3. Caractéristiques des eaux salées	5
I.4. Sources et mécanismes d'acquisition de sels .	6
I.4.1. origine et sources potentielles de salinité	6
I.4.1.1.Processus d'évaporation, de précipitation et de dilutio	6
I.4.1.2.Retour d'eau d'irrigation	6
I.5. Intrusion marine	6
I.5.1. Processus d'adsorption et échange cationique	8
I.5.2.Altération chimique des roches carbonatées .	8
I.6. Généralité sur les sebkhas.	8
I.6.1.Définition de la sebkha .	8
I.6.2. Les systèmes de sebkhas.	9
I.7. présentation secteur de chott Sebkha	10
I.8. Les types de Sebkha	12
a). Le Sebkha fluviolacustre ;	12

b). sebkhas inter-dunaires	13
• c). sebkhas marine	13

CHAPITRE II : Etude, géologique et Hydrogéologique et climatique

II.1.Présentation de la zone d'étude	15
. II.1.2. Cadre général de la région d' AL MHammal	15
II.1.3.Cadre administrative	15
I.2. cadre démographique	17
II.3 le cadre géographique	18
II.4. Le cadre géologique	19
II.4.1 .Les unités morphologiques	19
II.4.2.Les Plaines	19
II.4.3.Les montagnes	22
II.4.4.Les pentes.	24
II.4.5.Les sols salins	24
I.5.Le cadre hydrographique	25
I.5.1.Les principaux cours d'eau drainant la zone	25
I.5.2. Les ressources en eau	25
a).Les eaux superficielles .	26
b).Les eaux souterraines.	26
I.5.3. Bassin versant	26
I.6.le cadre édaphique	27
I.6.1.La texture du sol	27
I.6.2.Structure du sol.	27

I.6.3.Situation agricole.	27
I.6.31.Répartition des terres de la commune.	27
I.6.3.2.Répartition des exploitations agricoles et emploi généré.	28
I.7.La production végétale.	29
I.7.1.Le bilan fourrager.	29
I.7.2.L'élevage.	29
I.7.3.L'apiculture.	31
I.7.4.L'aviculture	31
CHAPITRE III. Etude hydro-climatique de la zone d'étude	
III.1.La caractéristique climatologique	34
III.4.1. Paramètres climatiques.	34
III.1.2. Les précipitation	34
III.1.3. La température.	35
a). Diagramme pluviothermique	38
III.1.4. L'Humidité.	39
III.1.5. évaporation .	40
III.6.pluviométrie d'Emberger	40
III.7. Détermination de l'étage bioclimatique	42
III.7.1..L'indice d'aridité	42
III.8.Notion du bilan d'eau .	42
III.8.1..Le bilan hydrologique.	43
III.8.2.Estimation de l'évapotranspiration.	43
III.8.3.Évapotranspiration réelle (ETR)	43

PARTIE II: Partie Pratique

Chapitre IV: Etude hydro chimique

IV.1. Matériels et méthodologie

Localisation géographique des points de prélèvement 47

IV.2. Matériels sur le terrain 47

IV.3. Matériels de laboratoire . 48

IV.4. Mesures_électrochimiques in situ 48

IV.4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) . 49

IV.4.2. La conductivité électrique (CE) 49

IV.4.3. Le Total des Solides Dissous (TDS) 49

IV.4.4. L'oxygène dissous 49

IV.5. Méthodes de dosage des anions et cations majeurs 49

A- Cations majeurs. 50

A.1. Détermination des concentrations en Potassium et en Sodium par la photométrie à Flamme 50

A.2. Détermination de la dureté d'une eau par un titrimétrie 50

A.3. Détermination de la concentration en calcium 51

A.4. Détermination de la concentration du magnésium . 51

B- Anions majeurs 51

B.1. Dosage des bicarbonates HCO_3^- 51

B.2. Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) . 52

B.3. Dosage des chlorures (Cl^-) 52

B.4. Dosage des nitrates (NO_3^-) . 52

IV.6. Les éléments indicateurs de la pollution organique 52

I.6.1.Dosage des nitrites(NO_2^-)	52
IV.6.2.Dosage de l'ammonium (NH_4^+) .	53
IV.6.3.Dosage du phosphore total (PO_4^{3-})	53
Conclusion	53
IV.2. Résultat et discussions	
IV.2.Les résultats de l'analyse de l'eau.	54
IV.2.1.Evolution spatiale des différents paramètres	55
IV.2.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).	55
IV.2.1.2.Conductivité électrique (CE)	55
IV.2.1.3.Total des solides dissous (TDS)	
IV.2.2.Les cations et anions majeurs	58
A. Les cations	58
A.1.Le Calcium (Ca^{2+})	58
A.2.Le Magnésium Mg^{2+} .	59
A.3.Le Sodium (Na^+)	60
A.4.Le Potassium (K^+)	61
B. Les Anions .	62
B.1.Les Chlorures (Cl^-)	62
B.2.Les Sulfates (SO_4^{2-})	63
B.3.Les Bicarbonates (HCO_3^-)	64
B.4.Le brome (Br_2).	64
IV.2.3.Les indicateurs de la pollution organique .	65
IV.2.3.1.Les Nitrates (NO_3^-)	65

IV.2.3.2.Les Nitrite (NO_2^-)	66
IV.2.3.3.L'ammonium (NH_4^+)	66
IV.2.3.4.Phosphore (PO_4^{3-})	66
IV.2.4.Détermination du faciès chimique.	67
IV.2.4.1.Diagramme de Piper	67
IV.2.4.2.Diagramme de BERKALOFF-SHOELLER	69
IV.2.5.Etude des rapports caractéristiques et origine de la salinité.	70
IV.2.5.1. La relation $\text{HCO}_3^-/(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ - conductivité électrique	70
IV.2.5.2.La relation $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ - conductivité électrique	70
Conclusion	72
Conclusion générale	74

Liste des Tableaux

Tableau01.....	page.06
Tableau02.....	page .17.
Tableau03.....	page..21.
Tableau04.....	page.28.
Tableau05.....	page.29.
Tableau06.....	page.30..
Tableau07.....	page.33.
Tableau08.....	page.34.
Tableau09.....	page.35.
Tableau10.....	page.36.
Tableau11.....	page.37.
Tableau12.....	page.38.
Tableau13.....	page.39.
Tableau14.....	page.40.
Tableau15.....	page.44.
Tableau16.....	page.54.
Tableau17.....	page.57.

Liste des figures

Figure 1	.....	page 08.
Figure 2	.....	page 11.
Figure 3	.....	page 12.
Figure 4	.....	page 13.
Figure 5	.....	page 13.
Figure 6	.....	page 15.
Figure 7	.....	page 16.
Figure 8	.....	page 18.
Figure 9	.....	page 19.
Figure 10	.....	page 20.
Figure 11	.....	page 22.
Figure 12	.....	page 23.
Figure 13	.....	page 24.
Figure 14	.....	page 25.
Figure 15	.....	page 27.
Figure 16	.....	page 30.
Figure 17	.....	page. 34.
Figure 18	.....	page. 35.
Figure 19	.....	page. 36.
Figure 20	.....	page. 37.
Figure 21	.....	page. 38.
Figure 22	.....	page. 39.
Figure 23	.....	page.40.
Figure 24	.....	page. 41.
Figure 25	.....	page .44.
Figure 26	.....	page. 45.
Figure 27	.....	page .47.
Figure 28	.....	page .48.
Figure 29	.....	page .48.
Figure 30	.....	page. 49.

Figure 31	.....	page 51.
Figure 32	.....	page 52.
Figure 33	.....	page 53.
Figure 34	.....	page 53.
Figure 35	.....	page 55.
Figure 36	.....	page 56.
Figure 37	.....	page 57.
Figure 38	.....	page 58.
Figure 39	.....	page 59.
Figure 40	.....	page 60.
Figure 41	.....	page 61.
Figure 42	.....	page 62.
Figure 43	.....	page 63.
Figure 44	.....	page 64.
Figure 45	.....	page 65.
Figure 46	.....	page 65.
Figure 47	.....	page 67.
Figure 48	.....	page 69.
Figure 49	.....	page 70.
Figure 50	.....	page 71.

Liste des abbreviations

O.M.S.	Organisation mondiale de la santé
A.P.C.	Assemblée populaire communal
P.A.W.	Plan d'aménagement de la wilaya
S.A.U.	Surface agricole utile
R.G.A.	recensement général de l'agriculture
E.T.P.	Evapotranspiration potential
E.T.R.	Evapotranspiration real
R.F.U.	Réserve facilement utilisable
T.D.S.	Total des sels
D.C.A.	Délégation Communale de l'Agriculture :
E.T.P.	Evapotranspiration potentiel (mm);
E.T.R.	Evapotranspiration réelle (mm):
Exc.	Excédante (mm);
O.M.S.	Organisation Mondiale de la Santé;
Ph	. Potentiel d'Hydrogène;
Pr	Précipitation annuelle (mm);
T	Température annuelle en (C°):
N	Nord;
E	Est;

EDTA	Solution d'éthylène Diamine Tétra Acétique
CE	Conductivité électrique
%	pourcentages;
C°	Degré Celsius;
us/cm	micro semence /centimètre;
g	Gramme par litre ;
g/l	Gramme par liter ;
Kg	kilo gramme :
Km²	kilomètre carré ;
m	Mètre;
m³	mètre cube;
meq .l / l	Milliéquivalent par liter ;
mg	milligramme;
mg/l	milligramme par litre ;
ml	millilitre

Introduction Générale

Introduction Générale

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

La salinité et la salinisation des eaux souterraines sont des phénomènes complexes qui font intervenir plusieurs facteurs dont, le contexte géologique sédimentaire, comme une source de minéralisation, le contexte climatique par l'effet de l'aridité qui force l'évaporation, la topographie ou la profondeur du plan d'eau et la production agricole irriguée et intensive

L'irrigation par des eaux très chargées en sels soluble et l'intensification de la production agricole avec les recours à l'usage massif des pesticides et de fertilisants, peut engendrer la dégradation de la qualité des eaux souterraines, surtout avec l'insuffisance du lessivage naturel en période estivale dans les zones semi-arides.

Les recherches scientifiques menées sur l'hydrochimie des eaux souterraines sont d'un grand intérêt. La région d'étude (la plaine d'El Mahmel) se situe à l'Est de la Wilaya de Khenchela (Est d'Algérie). Cette plaine s'étale sur une superficie de 371 km².

L'objectif du présent travail est de faire une caractérisation physico-chimique des eaux superficielles et souterraines et d'étudier l'influence de la salinité des eaux de sebkha sur les eaux souterraines. Enfin de déterminer l'origine de la minéralisation des eaux de la plaine d'El Mahmel en utilisant quelques rapports caractéristiques.

Pour cela nous allons essayer de répondre à certaines questions

- Quel est l'état actuel de la qualité des eaux souterraines de la nappe?
- Quelle est l'origine de la minéralisation des eaux superficielles et souterraines?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évolution des éléments chimiques dans l'espace?
- Déterminer à quel niveau les eaux salines de sebkha influent sur les eaux souterraines?

Pour répondre à ces questions, une série d'analyses physico-chimiques a été réalisée sur plusieurs points d'eaux souterraines sur la zone d'étude.

L'étude comprend deux parties essentielles:

Introduction Générale

1^{ère} partie: Encrage bibliographique représente des concepts généraux de la salinisation, les types de sebkha et mécanisme de salinisation, et une étude générale des caractéristiques géologiques, hydrologiques et caractéristique climatologiques.

2^{ème} partie: L'hydrochimie qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux souterraines, et caractérisation physico-chimique de ces eaux de la plaine d'El Mahmel et détermination l'origine de la minéralisation des eaux de la plaine en utilisant les rapports caractéristique

Cette étude a été réalisée au niveau des deux laboratoires, d'Analyse Environnementales et d'Essais (Ressources Naturelle et ménagement) Chimiques sur les Matériaux (AinM'Lila) et le Laboratoire de l'université 'Oum el Bouagh

La Salinisation des masses d'eau souterraine est l'une des principales causes de dégradation de qualité d'eau dans le monde. Ce phénomène très répandu s'avère particulièrement problématique dans les régions arides et semi-arides où la ressource en eau douce se trouve en quantité très limitée. Les mécanismes à l'origine de la salinité d'un système hydrologique sont divers et complexes.

Ainsi, le monde de salinisation dépend du contexte géographique (côtier, continental.....), géologique (nature de la salinisation des masses d'eau souterraine de formations évaporitiques, mais aussi diverses sources anthropiques. il faut noter que les phénomènes d'origine naturelle peuvent être influencés et accentués par l'intervention humaine.

I.1.Définition de la salinité

Un grand nombre de termes descriptifs, plus ou moins précis est utilisé dans la littérature pour décrire la minéralisation des eaux souterraine sans qu'il n'existe de système de classification globale, (Kloppmann et al , 2011).

Le terme salinité est synonyme de TDS, l'abréviation anglaise de Total Dissolved solid , et s'exprime généralement en g/lou en gramme de sels par kilogramme de solution et donc en pour mille pondéral la salinité peut être déterminée directement par la somme des concentration mesurées en éléments dissous ou par le poids du résidu solide après évaporation et indirectement et approximativement, à partir de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Usuellement, on considère en fonction de leur salinité : les eaux douces, saumâtres, salines et les saumures :

- Eau douce : une eau dont la salinité est inférieure à 1g/l.
- Eau saumâtre : une eau dont la salinité est comprise entre 1 et 10g/l.
- Eau saline : une eau dont la salinité est comprise entre 10 et 35 g/l.

- Saumure : une eau dont la valeur de salinité est supérieure à la valeur moyenne de celle de l'eau de mer , c'est – dire plus de 35g/l.

- On distingue deux types de saumures, les saumures primaires qui sont en fait une eau de mer évaporée à différents degrés et les saumures secondaires issues de la dissolution de minéraux (évaporites).

I.2. Définition de salinisation

Les processus qui augmentent la minéralisation d'une eau ou d'un sol au-delà d'un seuil défini par ses usages sont regroupés sous le terme de salinisation, Il désigne l'ensemble des mécanismes physiques ou chimiques comme l'évaporation, la dissolution de minéraux l'interaction avec l'eau de mer actuelle ou ancienne et le mélange avec une saumure (primaire ou secondaire). Cette dégradation de la qualité de l'eau peut rendre cette ressource impropre à la consommation humaine, à l'usage industriel et affecter l'agriculture si les niveaux de minéralisation des solutions de sol ou ceux d'irrigation excèdent la tolérance aux sels des plantes cultivées (Kloppmann et al, 2011).

I.3 .Caractéristiques des eaux salées

Toutes les eaux naturelles contiennent des minéraux dissous et des matières gazeuses.(Moughli ,2004 in Ghodbéne, 2006 in Bouchçukh I, 2010)

L'accumulation des sels dans une eau dépend de son origine :

Eau de pluie :Gaz atmosphérique dissous et sel entraîné par les pluies.

Eau de surface :sa composition et sa concentration varient dans l'espace et dans le temps cette variation dépend de :

a) **La géologie de bassin versant.**

b) **Le climat :**laineige contient moins de sel que la pluie.

c) **L'évaporation :**la concentration de la solution augmente avec l'augmentation de l'évaporation, ceci entraine une variation de la salinité d'un cours d'eau avec la saison.

- **Eaux souterraines :**en général, leur composition est assez variable d'une année (ou saison) à l'autre s'il n y a pas d'interventions notables de l'homme, La composition et la concentration notables de l'eau en sels dépendent de la formation géologique qu' elle traverse, de sa température et de la composition de l'eau de recharge s'il y en a.

est dite une saumure (**Appello et al, 1996**). Les sels qui précipitent sont dits des évaporites (**Meroud, 2006**).

La classification des eau par rapport à leur salinité est établie par **Rhoades** et al 1992, le détail est dans le tableau suivant :

Tableau N° 01 : classification des eaux salées (Rhoades et al , 1992) ; in Bouchoukh I , 2010).

Classe d'eau	CE(dS /m)	Concentration en sel (mg/l)	Type d'eau
Non salée	< 0, 7	< 500	L'eau potable et d'irrigation.
Légèrement salée	0,7 -2	500-1500	eau d'irrigation
Modérément salée	2 -10	1500-7000	L'eau de drainage primaire et de la nappe phréatique
Fortement salée	10-25	7000- 15.000	eau de drainage secondaire et de la nappe phréatique
Très salée	25 – 45	15.000-35.00	Nappe phréatique très salée
Extrêmement salée	>45	>45.000	eau de mer

I.4.Sources et mécanismes d'acquisition de sels

I.4.1.Origine et sources potentielles de la salinité :

I.4.1.1.Processus d'évaporation, de précipitation et de dilution

L'évaporation est considérée comme un processus inverse de la dilution. Elle enlève les molécules d'eau et augmente la concentration des solutés (Appello et al,1996). L'augmentation des concentrations peut provoquer la précipitation des sels quand le produit de solubilité de ceux-ci est dépassé. Si cette eau devient plus concentrée que l'eau de mer, elle Le processus de précipitation des sels s'effectue suivant un ordre séquentiel qui débute par ceux qui sont les moins solubles (Ca carbonates) vers les plus solubles (Mg sels) (**Appello et al, 1996**). Le lessivage du sol par les infiltrations issues : des eaux de pluies, des eaux d'irrigation ou par la remontée des eaux souterraines, peut enrichir la nappe en solutés.

I.4.1.2. Retour d'eau d'irrigation : milieu irrigué

La salinisation est due à la présence des sels solubles dans les sols ou dans les eaux. Les incrustations blanches à la surface du sol sont une indication directe de la salinisation de la nappe phréatique. Ce dépôt blanc est généralement un mélange de sels de calcium, de sodium

et de magnésium (**Hachicha et al,1994**). Tous ces sels ont une propriété commune. Ils se dissolvent facilement dans l'eau. D'autres sels, comme le calcaire (CaCO_3) et le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se rencontrent sous la forme de concrétions ou de cristaux en profondeur dans le sol. Ils sont très peu solubles et peuvent augmenter la salinité. La solubilité des sels est donc un facteur important et complexe de l'évolution de la salinité. Par exemple les chlorures sont plus solubles que les sulfates. Ils migrent plus facilement de la zone non saturée vers la nappe. La solubilité du gypse est de l'ordre de 2g/l à 20°C et elle augmente en fonction de la température et aussi en présence de Na Cl (**Hachicha et al, 1994**).

En milieu irrigué, le bilan de sel est contrôlé par des paramètres du bilan de l'eau. Les processus de transfert des sels dans le profil se font soit :

- Par ascension à partir de la nappe salée.
- Par un mouvement descendant des eaux d'irrigation et des pluies

Les sels proviennent généralement :

- Des dépôts primaires des sels dans les sols (processus d'évaporation et de précipitation)
- D'une eau d'irrigation chargée en sels solubles.
- D'une nappe salée.

Dans des conditions arides et en milieu irrigué, la pratique de l'irrigation avec des eaux de qualité médiocres, très souvent chargées en sels solubles, peut contribuer d'une façon indirecte à la salinisation dite secondaire. Une partie de cette eau peut rejoindre la nappe par percolation alors que l'autre partie peut être évaporée. Ceci a pour effet d'augmenter les teneurs en éléments dissous dans l'eau restante. Il peut également se produire une précipitation de sels au niveau du sol. L'évaporation peut entraîner aussi une surconcentration en éléments comme les nitrates en raison de l'utilisation des engrais azotés. La remontée de la nappe phréatique par ascension capillaire provoque le lessivage du sol et la diffusion des solutés les plus solubles vers la nappe phréatique. En périodes d'irrigation et/ou de pluies, il se produit le lessivage des horizons de sol et la dissolution des solutés suivant leurs degrés de solubilités. L'eau lessivée diffuse en profondeur pour atteindre la nappe. Ce phénomène de lessivage s'appelle l'infiltration. Le recyclage de ces solutés par les puits de surface au profit de l'irrigation contribue à l'augmentation de la salinité ou la salinisation est dite secondaire. Cette activité anthropique s'appelle le retour des eaux d'irrigation (**Milnes, 2005**).

I.5. Intrusion marine

Le biseau salé est une zone de mélange entre les eaux douces des nappes et les eaux salées aussi bien des mers, des dépressions salées ou de sebkhas. Une exploitation intense des nappes provoquerait le déplacement du biseau vers l'intérieur de la nappe et la diffusion des sels dans celle-ci (Kumar, 2005). (Fig.N°01)



Fig.01 : Intrusion marine suite à un pompage intensif

I.5.1. Processus d'adsorption et échange cationique

Aux interfaces des colloïdes minéraux et organiques du sol, l'ion Ca^{++} est un élément d'échange permettant au sol de créer des réserves en éléments nutritifs, notamment en potassium.

I.5.2 .Altération chimique des roches carbonatées :

Dissolution Lorsque les sels sont issus de l'hydrolyse des minéraux constitutifs des roches, on parle de la salinisation primaire (Appello et al, 1996). En présence d'une eau acide ($\text{pH} = 4 \text{ à } 5$), la dissolution des roches carbonatées, par exemple la calcite CaCO_3 , enrichie le milieu par des ions mobiles sous l'action de l'acide carbonique (H_2CO_3) qui provient de la dissolution du gaz carbonique CO_2 dans l'eau selon la réaction suivante : $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ (éq/1).

I.6. Généralité sur les sebkhas

I.6.1. Définition de la sebkha

Sebkha en arabe, mot qui désigne les plaines soumises à des inondations périodiques. Dans les milieux désertique, les dépressions ne sont occupées que temporairement par de l'eau. Une forte évaporation conduit à la formation caractéristique d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions. (Yves, 2003)

Une sebkha désigne un bassin occupant le fond d'une dépression à forte salinité plus ou moins séparé d'un milieu marin, dans des régions arides (milieu supratidal). Néanmoins, il peut être toujours en contact par un très faible filet d'eau (bassin d'eau profond), ou au contraire par des infiltrations (bassin d'eau peu profond) dans ce cas il peut se reproduire des débordements, d'eau vers le bassin. Dans les deux cas il va y avoir une augmentation de la salinité, une évaporation importante, l'apparition d'une saumure et la précipitation d'évaporites au fond du bassin si la profondeur est faible, ou à une extrémité si la profondeur est importante sont surtout situés au Nord de l'Afrique et dans le Moyen Orient. (Yves, 2003)

I.6.2. Les systèmes de sebkhas

La région de Sbikha est le seul endroit humide dans la wilaya de kenchela, située dans la partie steppique sud de la wilaya. La zone humide de Sbikha constitue un écosystème essentiel pour la biodiversité. En effet, c'est un lieu d'hivernage de l'avifaune et une aire de stationnement pour de nombreux oiseaux migrateurs. Malgré ses qualités, cette zone demeure fragile car elle est menacée par de nombreux facteurs délétères, (pollution urbaine, changement du cycle hydrologique, ...), qui pourraient mener à sa destruction. En tenant compte de ces facteurs nous avons essayé dans notre travail de suivre l'évolution, surtout, du patrimoine ornithologique sur une période de 11 ans. Les résultats obtenus nous permettent d'observer une dégradation de ce patrimoine au cours des dernières années, ce qui nous oblige de tirer l'attention sur la dégradation de la biodiversité dans la zone.

La zone humide de Sbikha est l'un des sites qui sont mal connus malgré l'importance qu'elle représente en effet c'est le seul endroit humide dans toute la région aride.

Ce caractère lui permet d'être un écosystème essentiel pour la biodiversité. En effet, c'est un lieu d'hivernage de l'avifaune et une aire de stationnement pour de nombreux oiseaux migrateurs.

Malgré ses qualités, cette zone demeure fragile car elle est menacée par de nombreux facteurs délétères qui pourraient mener à sa destruction. Parmi ces menaces on a cité :

- Les changements dans le cycle hydrologique

- Les sols du secteur à cause de l'accumulation des quantités élevées des sels exportés par le processus d'érosion éolienne à partir des sebkhas deviennent de plus en plus halomorphes.

Notre étude vise à suivre les changements de la richesse, surtout, avifaune de la zone pour une période allant de 1998 à 2008.

Les résultats nous révèlent un recule important de cette richesse au cours des dernières années

I.7.présentation secteur de chott Sebkha

Le secteur de chott Sebkha est localisé dans les Hautes Plaines constantinoises, ces dernières se situées entre 750 et 1.100 m d'altitude, elles constituent un long boulevard bordé au Nord par l'atlas tellien et par l'atlas saharien au Sud. **(GOUAIDIA, 2008)**(Carte 02)

- Nom de la zone humide : Chott Sbkha
- Longitude: **(5°,25') (5°,49'), Est**
- Latitude: **(39°, 25'), (39°, 33') Nord**
- Altitude: **1070m**
- Superficie: **200 ha**
- Situation: commune de Mehmal, daïra d'OuledRecheche wilaya de Khenchela (Est Algérien)
- Nature de plan d'eau : chott important à eau salée périodiquement humide

Notre site représente une richesse floristique importante ; surtout en plantes halophytes, ces espèces sont réparties sur 14 familles qui sont : Les Chénopodiacées, les Cupressacées, les polygonacées, les Plantaginacées, les Caryophyllacées, les Crucifères, les Papilionacées, les Poacées, les Ombellifères, les Zygophyllacées, les Composées, les Euphorbiacées, les Géraniacées et les Malvacées.



Figure. N°02 : La situation géographique de chott Sbkha .

I.8. Les types de Sebkhah

Les différents types de sebkha dépendent de leur milieu de formation, mais toutes les sebkhas ont un point commun ; il s'agit de zones proches de la nappe phréatique. La déflation joue jusqu'à ce que soit atteint le niveau hydrostatique. Par capillarité, l'eau de la nappe subit une aspiration due à sa propre évaporation en surface, se faisant, elle dépose

Successivement des sels dissous de carbonate de calcium (CaCO_3), de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), d'anhydrite (CaSO_4) et de chlorure de sodium (NaCl), qui précipitent pour donner une croûte imperméable et parfois très épaisse d'évaporites.

On distingue trois grands types de sebkha, associés à des conditions de formation spécifiques :

a) Le Sebkhah fluviolacustre ;

Les eaux souterraines d'infiltration dans des bassins hydrographiques peu profonds et l'évaporation par capillarité qui en découle, expliquent la formation de telles structures.



Fig. N° 03. Sebkhah fluviolacustre

Région de Ghinayyin (sultanat d'Oman)

b) sebkhas inter-dunaires

Comme leur nom l'indique elles correspondent aux lacunes laissées dans les champs de dunes par déflation. Dans les plaines Salines ou elles se forment, la nappe phréatique est superficielle et permet la formation des séries évaporitiques et notamment le gypse



Figure N°04 : Sebkhia inter dunaire..

Dans les champs de dune de liwa (UAE).

c) sebkha marine : situé dans la zone supatidale , c' est-à-di au-delà de la limite de hauteme. Elle est caractérisée par des inondations liées aux tempêtes ou aux grandes marées d'équinoxe. Cette influence marine est également identifiable par la présence de tapis d'algues et les stromatolithes.

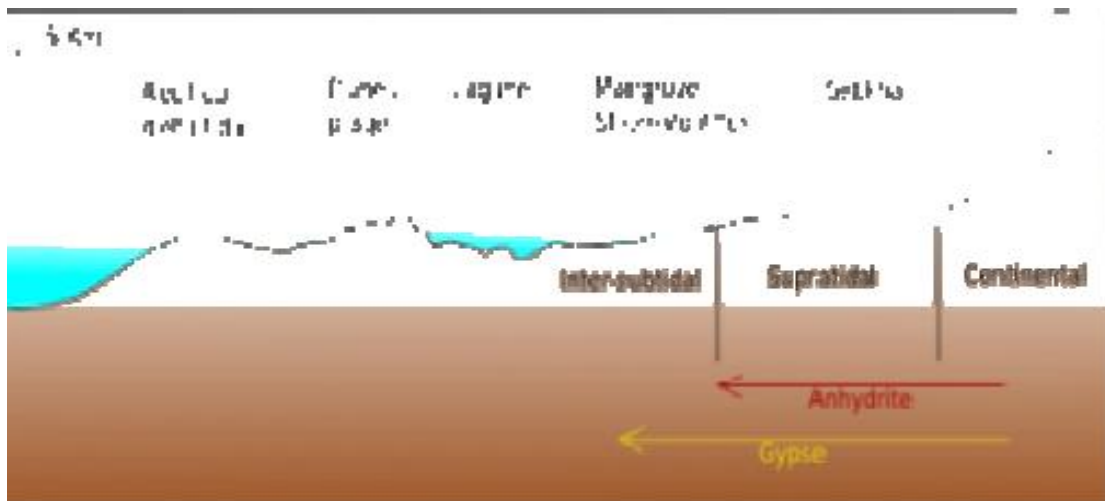


Fig.N°5 :profil transversal dans une Sebkhia marine

II.1. Présentation de la zone d'étude

. II.1.2. Cadre général de la région d'AL Mahmal

La commune d'El-Mahmale fait partie de la Wilaya de Khenchela, située à l'ouest elle s'étend sur une superficie de 371Km². La commune d'El Mahmale compte deux agglomérations secondaires (Ouled Azzedine et Icherthithéne)

La commune d'El Mahmel fait partie de la Daïra , située à 9km du chef lieu de la Wilaya. Sur l'axe de la RN 32 qui traverse l'agglomération d'Est en Ouest la reliant au chef lieu de la Daira (Zoui). Elle occupe un site relativement plat en légère déclivité d'Ouest en Est



Figure. N° 06 : Vue aérienne de la commune d'EL-Mahmel

II.1.3. Cadre administrative :

Avant le découpage administratif de Février 1985, la commune d'El Mahmel faisait partie du territoire de la wilaya de Tébessa, elle a été, donc rattachée à la wilaya de Khenchela en 1985.:

- **Au Nord:** les communes de Ain Touila et N'sigha ;
- **A l'Ouest:** la commune de Babar ;
- **A l'est:** les communes de Bedjéna et Stah Guentis.

II.2: Le cadre démographique.

La population de la commune d'El Mahmel est passée de **41 683** habitants au recensement Général de la Population et de l'Habitat (**RGPH**) **2010** à **42725** habitants en **2012**, avec un taux d'accroissement de **2.50%**.

Celle du chef-lieu est passée de **32641** habitants au **RGPH 2011** à **33457** habitants en **2012** avec un taux d'accroissement de **2.5%**.

Les Habitants représentant **78,30 %** de la population totale de la commune. La population hors chef-lieu est de l'ordre de **9268**habitants soit de **21,70 %**, cette frange est répartie en agglomérations secondaires et zone éparse. (**RGPH, 2012**)

Les données concernant la population du secteur d'Sebkha relevé presque de l'impossible, cela nous a obligées à utiliser les données propres à toute la commune

En effet, cette dernière à notre sens reflète les mêmes caractéristiques. La structure de la population selon l'âge et le sexe ne représente aucune différence par rapport à celle de l'ensemble du pays à savoir:

- Une extrême jeunesse.

Tableau N° 02 : La repartition de la population d'El Mahmel

POPULATION	EXISTANT 2011	EXISTANT 2012
Population totale	41 683	42 725
Population urbaine	32 641	33 457
population rurale	9 042	9 268
Enfants de moins de 06 ans	5 055	5 181
Enfants de 6-15 ans	8 686	8 903
Population de 15-29ans	13 568	13 907
Population de 16-59 ans	26 772	27 441
Population 60 ans et plus	2 976	3 050

Source : APC d'El Mahmel

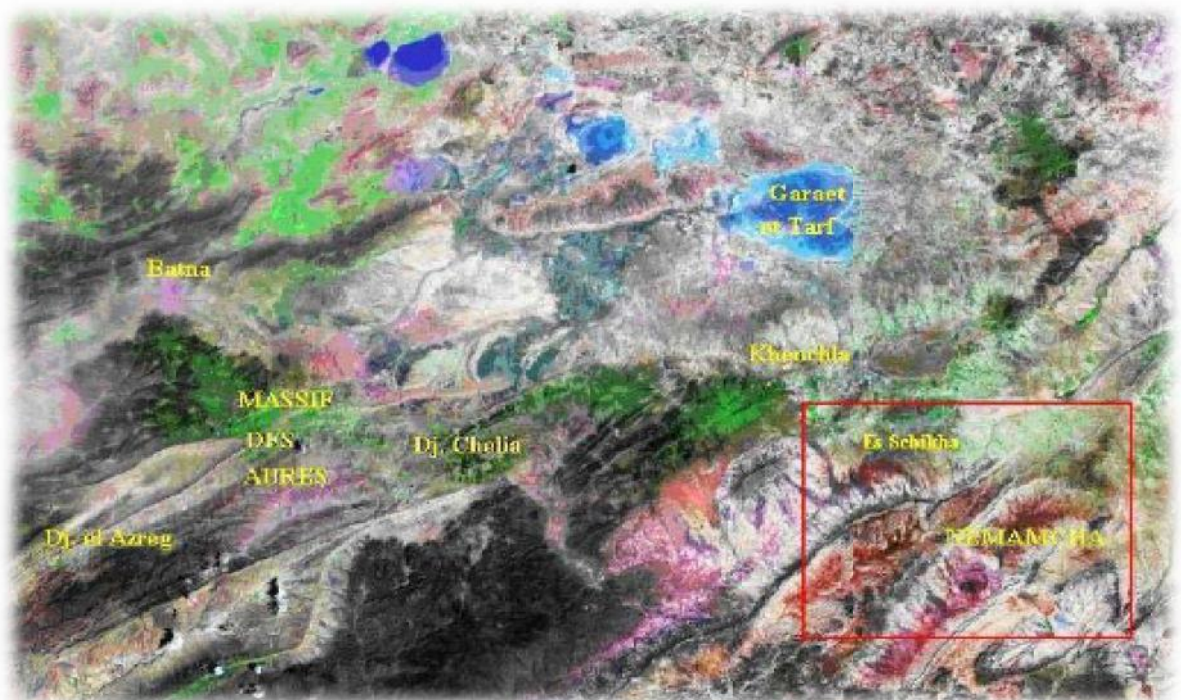
La dispersion de l'habitat rural est des plus remarquables. Elle est organisée essentiellement selon un dispositif physique que nous avons pu observer lors de nos investigations sur le terrain.

- habitations en guirlandes continues au contact des massifs « djebels »; (APC, 2010)
- habitations auréolaires en semis réguliers au contact des glacis et des zones inondables, et entourant les sebkhas
- dispersion entre haut et bas glacis

II .3. Le cadre géographique

L'étude est réalisé au niveau de chott s'bikha dans la commune d'EL MAHMEL à quelque kilomètre (9km) au nord de khenchela ,et limitée à l'est par la route goudronnée reliant khenchela à Ain _touila et la plain de chott s' bikha ,à l'Ouest par la tribu Ouled zitoune , au nord par les monts chttaya ,au nord_est par les monts de belkitane,et au sud par la rout national N°:38 (khenchela_tebessa).

Au plan régional, le secteur d'Esbikha se situe dans la commune d'El Mahmel qui se localise dans le prolongement Est et Nord-est des monts des Aurès-Nemamcha, à la limite Est de la Wilaya de Khenchela « FigN°4».



Source : Direction de l'hydraulique

Fig N°08 : Le secteur d'Esbikha dans le cadre regional

▪ Les coordonnées géographiques:

- **Longitude:** 914km (5°,49'), 924km (5°,25') ;
- **Latitude:** 236km (39°, 25'), 244km (39°, 33');
- **altitude:** 1070m.

C'est la forme de cuvette formé par les monts au nord _est et qui favorise

La stagnation des eaux dans les dépressions fermées .tous cela est à l'origine De la formations de trois plans d'eau

▪ la superficie:

Notre zone d'étude(chott s'bikha) est constitué par trois plan d'eau dont laSuperficie globale et de 200ha.

II.4. Le cadre géologique

II.4.1 .Les unites morphologiques:

La caractérisation physique de la commune ne peut se faire qu'à travers l'analyse détaillée des reliefs, la géomorphologie, l'organisation des structures et la connaissance des éléments bio- climatologiques .Ce diagnostic doit aboutir, aussi, à la compréhension des processus et des mécanismes d'évolution de la zone, à partir des liens et des interactions entre le milieu physique et l'homme

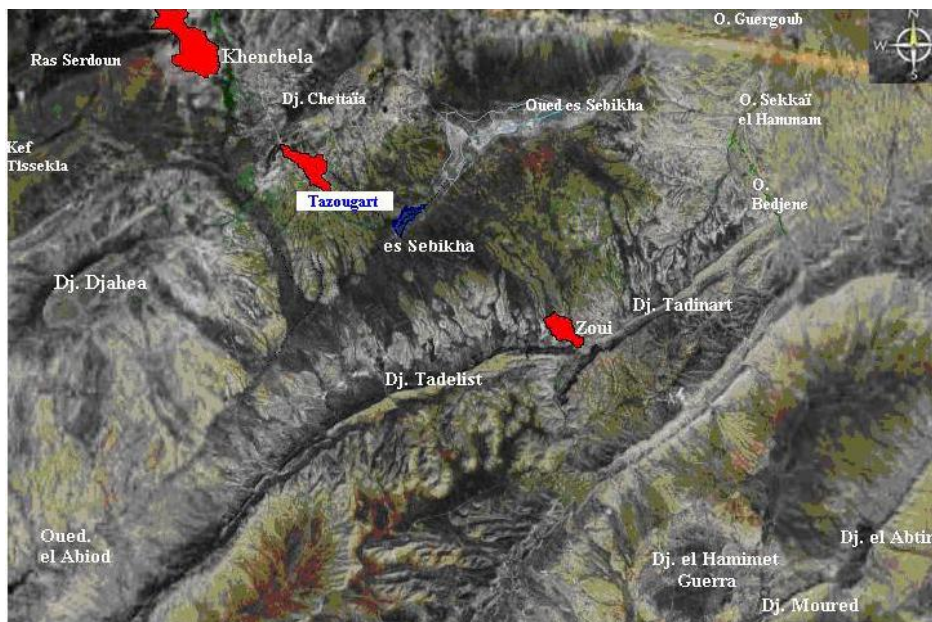


Fig. N°09. : Principaux unités morphologiques de la région d'El Mahmel à partir de l'image satellitaire (Source : Direction de l'hydraulique)

II.4.2.Les Plaines:

Le territoire de la commune est dominé, dans sa majeure partie, par la plaine atlasique intramontagnarde. Cette dernière est représentée par le bassin de Bahiret S'bikha (1060m) qui

Chapitre II situations géologiques et Hydrogéologique et climatiques

L'analyse de l'image satellitaire permet d'ordonner les différentes classes topographiques, elles sont consignées dans le tableau N° 3

Tableau N°03 : Les classes topographiques de la commune

Classe	L'altitude	Localization
la première (vert)	inférieure à 800m	La vallée de l'Oued El Abiod, à l'extrême Sud-Ouest et en dehors de cette commune.
la seconde (jaune)	Dont l'altitude varie de 800 à 1000 m	ce sont des reliefs développés en dehors de la commune d'El Mahmal, tout à fait au NE et au SW.
la troisième classe (orange)	Les reliefs allant de 1000 et 1200 m	les reliefs déprimés du bassin de Bahiret Esbikha .Elle concerne le bassin d'Outa Guert (ouest) et Outa Guessas (Est) qui représente l'extrémité sud de cette commune.
la quatrième classe (rouge)	dont l'altitude varie de 1200 à 1500 m.	Principaux alignements des reliefs
la cinquième classe (noir)	supérieures à 1500 m.	Les points les plus hauts des reliefs de la commune, ex de Dj. Tadelist (1599m) et Dj. Aouinet En N'sour (1588m).

II.4.3.Les montagnes:

La région montagneuse situe au nord, et au sud de la zone est constituée par quelques djebels qui atteignent parfois 1650m, elles sont constituées par: : (MEBARKI, 2005)

- djebel Chattaia au nord de 1455m d'altitude ;
- djebel Tafrennet au nord-est de 1406m ;
- djebel Tokhma et djebel FedjIdjet de 1291m sont sites au l'est de la zone ;

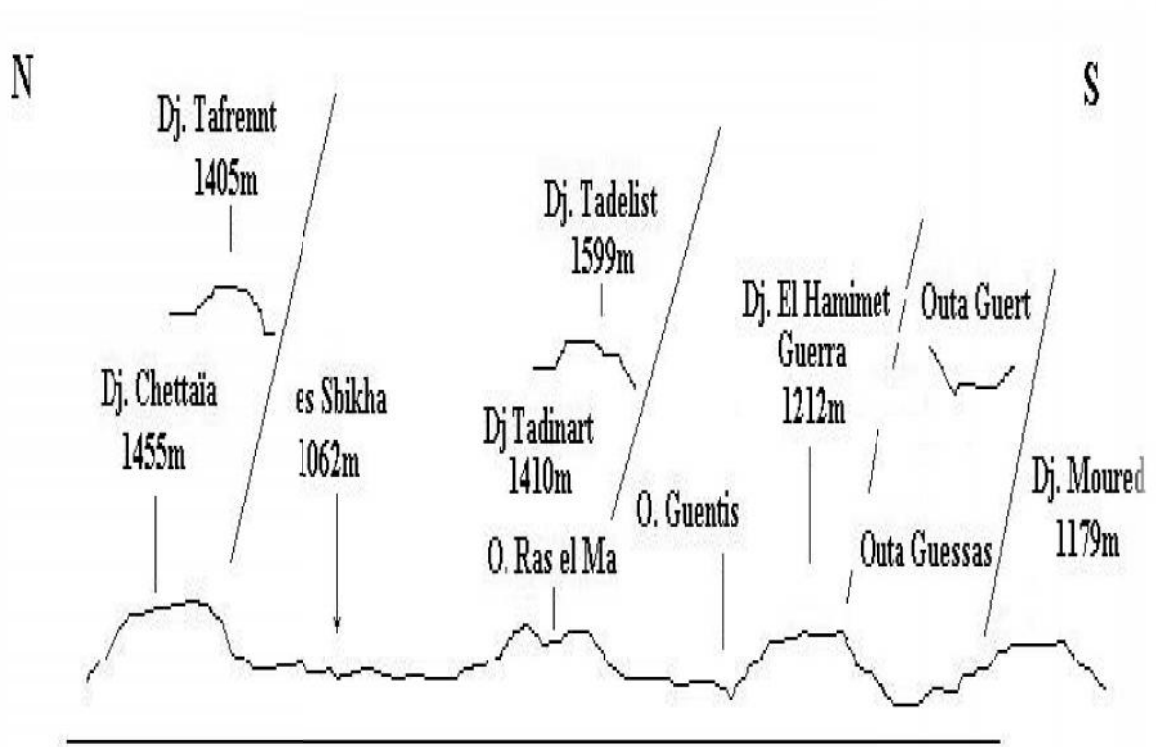


Fig. N°11 :topographique (N-S) à travers la commune d'El Mahmel

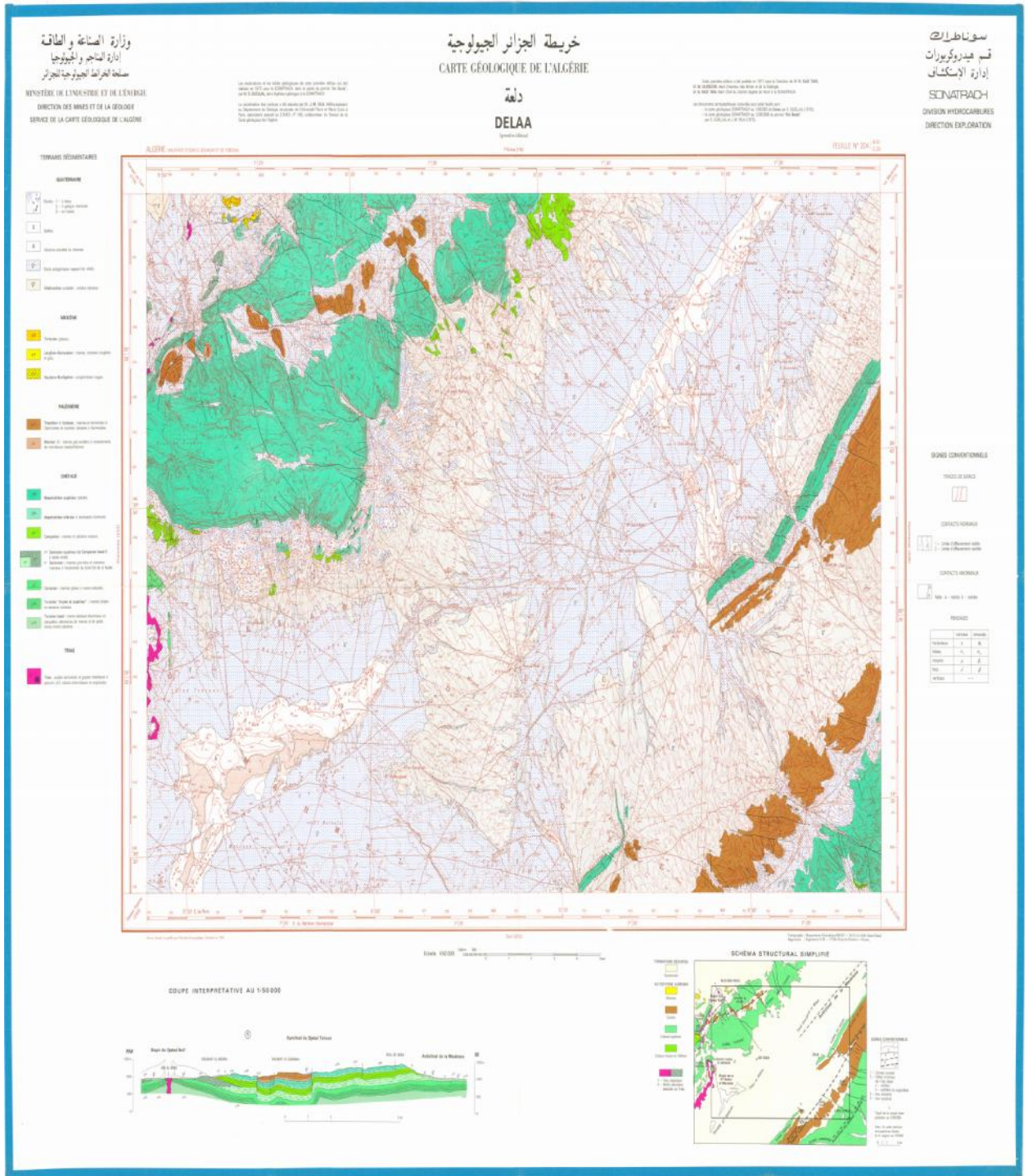
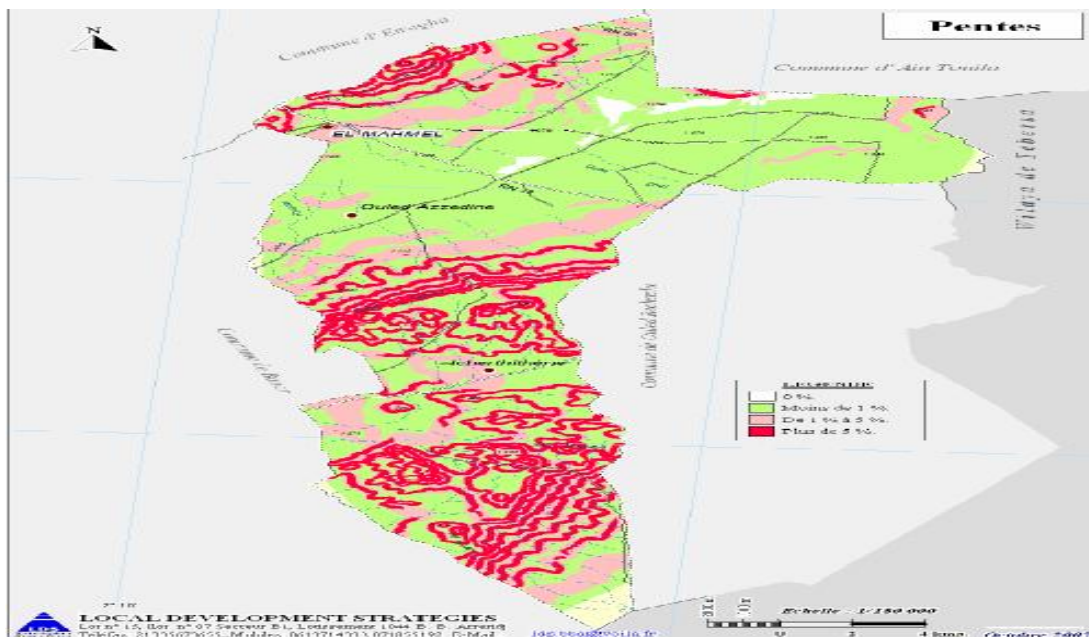


Fig.N°12: carte géologique de la zone d'étude

II.4.4. Les pentes

Les pentes dans cette zone sont généralement faibles au niveau des bassins (< 2 %), moyennes au niveau des piémonts, entre 2 et 10 %, et fortes sur les versants à caractère montagneux avec des pentes supérieures à 10 % et pouvant atteindre des valeurs de plus de 30 % sur les versants escarpés des massifs de Dj. Chettaïa, Dj. Tafrennt, Dj. Tadelist, Dj. Aouinet en N'Sour.



Source : Direction de l'hydraulique

Fig. N°13 : carte des pentes de la commune d'El Mahmel

II.4.5. Les sols salins;

Les sols salins se rencontrent principalement dans la région d'Sebka, Il se développe au-dessus de roches riches en sodium. Il peut s'agir de roches naturellement riches en sodium ou de roches secondairement enrichies en sodium en provenance d'une nappe salée d'origine continentale. L'enrichissement secondaire résulte de mauvaises pratiques culturales, au cours desquelles des remontées d'eau chargées en sel finissent par stériliser les sols. Les causes de ces remontées de sel sont multiples. L'irrigation, associée à une forte évapotranspiration, est une des causes la plus souvent avancée.

Les sols salins se caractérisent par un profil simple avec un seul horizon, assez épais, constitué de matières organiques et minérales encroûtées de dépôts de sel précipité



Figure N° 14: Les sols sales de la region de Sebka

II. 5. Le cadre hydrographique:

la region d'étude comme la plupart des zones arides et semi_aride , est caractérisée par un ruissellement de type endoréique.

II.5. 1 Les principaux cours d'eau drainant la zone (chott s'bikha)

- **OUED ZOU:** dont l'embouchure est à EL MAHMEL;se dirige au nord de la Commune de OULED Recheche
- **OUED GUERGOUBE:** dont l'embouchure se trouve à GUENTILS se dirige vers le Sud et se disperse au lieu dit el MEITA et sert à l'irrigation des épandages appelées N'FIDHA
- **OUED MELOUL:** prend son embouchure à la commune D'EL MAHMEL et se jette à OUED GURGOUBE
- **OUED ES_BIKHA**
- **OUED EL HATIBA**
- **OUED BOU**
- (ANONYME, 2007)

II.5.2.Les ressources en eau:

Le territoire de la commune d'El Mahmel est traversé par de nombreux Oueds qui convergent, pour la plupart d'entre eux, vers les zones basses notamment Sebka située dans la partie Nord de la commune et qui par conséquent constituent une source d'alimentation des nappes. Les secteurs d'El Kraim, Sebka et Taref constituent l'essentiel des secteurs qui

alimentent la commune. Ceci dit, la commune dispose de trois nappes souterraines. La première appelée nappe de Kraim située au Nord de Tazougourt dans le secteur de Kraim – Tebrouri. La seconde est dite nappe de Taref, située au Sud de Tazougourt et appelée nappe de Taref et la dernière est dite nappe de la Sebka, elle est située au Nord -est de Tazougourt au niveau de notre secteur. (PAW, 2012)

a) Les eaux superficielles:

Le régime hydrologique des oueds présente deux saisons. Dès le mois de septembre le retour des pluies, après la saison sèche, n'est pas suffisant, car l'augmentation des débits des oueds n'est pas sensible. C'est plutôt vers la fin de la période humide que les crues risquent de se produire avec une augmentation des débits des oueds au mois de mars. La coïncidence entre cette période avec les effets du ruissellement entraîne alors une augmentation de l'efficacité de l'action érosive des oueds aux débouchés des plaines, qui sont soumises à des inondations régulières.

Il faut retenir que le réseau hydrographique est particulièrement caractérisé par une fréquence des chevelus d'ordre primaire qui se déversent avec tous les oueds dans les immenses dépressions endoréiques.

Les ressources en eaux superficielles, au niveau de notre secteur sont totalement absentes car la commune ne dispose d'aucune infrastructure de mobilisation des eaux « barrages, retenues collinaire ou Sed de dissipation » de pluies ou celles du ruissellement des flancs des montagnes

b) Les eaux souterraines:

La mobilisation des eaux souterraines dans toute la commune est assurée par sept forages, répartis à travers les trois nappes qui offrent 2890.8 m³/jour. (PAW, 2012)

➤ L'eau de s'bikha:

Selon la nature de l'eau :chott s'bikha est divisé en deux partie:

- **La partie Nord :** son eau est salée ; non polluée
- **La partie sud:** son eau est salée polluée a cause des eaux usées provenant de La Ville de tazougart

II.5.3 Bassin versant:

C'est toute la surface topographique drainée par les eaux de pluie,

Il couvre une superficie de 1300ha avec un périmètre de 15km², la partie sud du

Chott représente des monts nus d'où s'écoule le principal :

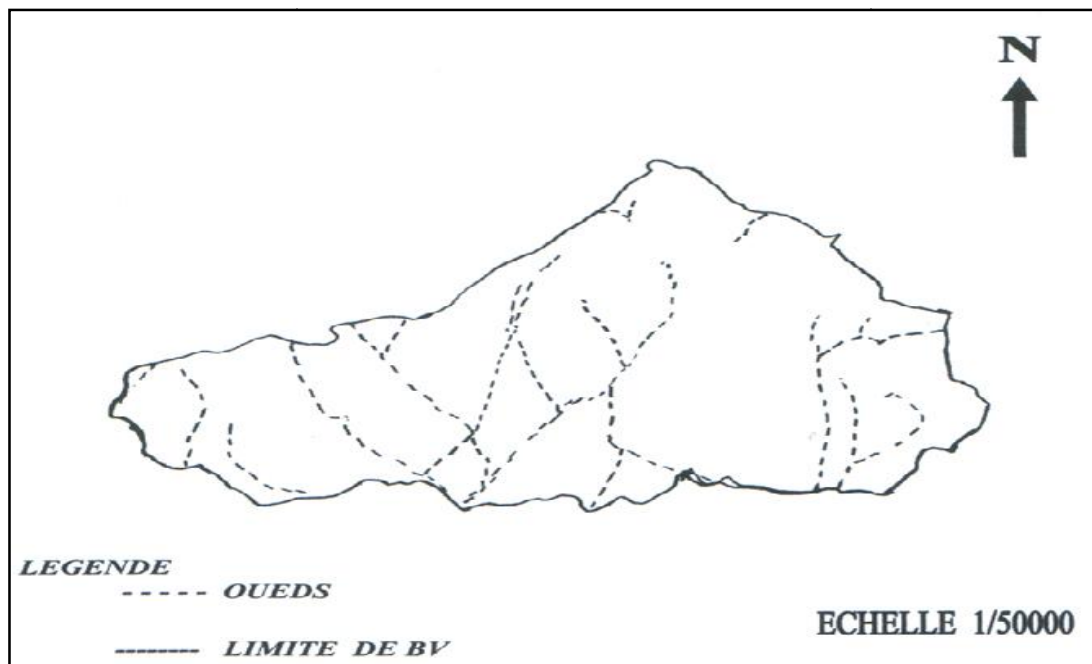


Fig. N° 15 : Carte du bassin versant d'E sbikha (Source : Direction de l'hydraulique de Khenchla)

II.6.le cadre édaphique:

II.6.1. La texture du sol:

La texture des sols de la région est un peu argileuse ,trés riche en matière organique On rencontre également des chaine rocheuses au sommet de la zone (D.E.K, 2014).

II.6. 2. Structure du sol

En général la zone de chott esbikha et ses environs forment à l'ensemble Lithologique des formations et un anticlinal de direction de son axe nord_est Sud_ouest Les terrains sont homogène et constitués de croutes calcaires développées au dessus de l'horizon tuffeau surmontant eux_mêmes des niveaux à poupées calcaires Le toute repose sur des terrains marno_calcaire en profondeur (PAW, 2012)

II.6.3. Situation Agricole:

II.6.3.1. Répartition des terres de la commune:

La commune d'El Mahmel qui s'étale sur une superficie totale de 37084 hectares a une vocation agropastorale. En effet, la surface agricole utile (SAU) est de 29.482 ha, le reste de la surface est partagé entre les parcours et pacages 1.570 ha, les forêts 5.056 ha, les terres incultes 241 ha et les terrains urbanisés 735 ha. Le secteur de l'agriculture fait travailler 1934 personnes selon les données du recensement général de l'agriculture **RGA de 2002.**

Il faut noter, que la surface agricole utile SAU au niveau de la commune d'EL Mahmel est répartie entre les surfaces à sec, représentant 27.213 ha soit 92.30 % de la SAU et seuls 2 269 ha sont irriguées. La surface agricole utile irriguée est partagée entre la céréaliculture qui occupe 272 ha, les légumes 660 ha et l'arboriculture 1.337 ha. La faiblesse de la pluviométrie et son irrégularité le long du cycle annuel ont rendu l'exercice de l'activité agricole un peu difficile

L'analyse de la répartition générale des terres de la commune fait ressortir que celle-ci est constituée par une importante surface agricole utile (SAU) avec 92.30 % suivi de loin par les forêts et maquis avec 13,63 %. Les terres incultes et les terrains urbanisés représentent 2.63 %. Cette répartition des terres dénote la principale vocation de la commune qui est une vocation agro pastorale **Benamor et Arroudj, (2014)**.

II.6 .3. 2. Répartition des exploitations agricoles et emploi généré:

Les exploitations agricoles au nombre de 141 sont réparties à travers le secteur d'étude et constituent les Mechtas d'Esbikha. L'emploi généré dans ce secteur est important, on observe que le nombre d'occupés est estimé à 458 personnes dont 229 sont occupés dans l'agriculture soit environ 50% du total des occupés.

Tableau. N° 04 : Répartition des exploitations agricoles dans le secteur d'étude Sebkha:

Mechtass	Nombre d'exploitations	Population occupée	Population agricole occupée	SAU
Ouled M'barek	38	132	53	450
Ouled Amara	45	103	72	800
Ouled Slim	40	86	38	600
Ouled Merah	18	137	66	400
Total	141	458	229	2250

Source: D.S.A Khenchela

II.7.La production végétale:

D'une manière globale, les rendements des productions végétales sont faibles à l'exception du maraîchage, cette spéculation enregistre des rendements relativement bons avec une production moyenne de 181, 3 E./ha. La faiblesse des rendements est due principalement à la faiblesse de la pluviométrie et au faible niveau de la mobilisation des eaux souterraines pour l'irrigation qui caractérisent notre secteur. La superficie consacrée à l'arboriculture est faible vu le taux de sel élevé du secteur.

Malgré que la céréaliculture constitue la spéculation majeure des fellahs du secteur son rendement reste tributaire des aléas climatiques, à vrais dire ce sont des rendements de misère, elle constitue une culture loterie.

Tableau .N°0 5 : Estimation des rendements de la campagne 2005/2006.

Produit	Rendement qx / ha
Blé dur	15
Blé tendre	12
Orge	15
Fourrages	20 à 30
Légumes	20 à 180
Fruits	25 à 85

Source : Délégation communale de l'agriculture (D.C.A)

II. 7.1. Le bilan fourrager:

De visu, et d'après les fellahs du secteur d'étude, meme en l'absence de statistiques concernant ce composant clé de l'agriculture, le bilan fourrager a un petit taux de satisfaction d'environ 30%, d'où la nécessité d'envisager des disponibilités fourragères additionnelles pour l'amélioration de l'état actuel des parcours et du développement des fourrages cultivés.

Benamor et Arroudj, (2014).

II.7.2. L'élevage:

La pratique de l'élevage au niveau de la commune se base, essentiellement, sur l'élevage de l'espèce ovine qui représente 75 505 têtes, en deuxième position vient l'élevage caprin avec 2760 têtes entre chèvres et chevreaux et en troisième position se place l'espèce bovine

Chapitre II situations géologiques et Hydrogéologique et climatiques

avec 900 têtes dont 556 d'origine étrangère et 344 locales. L'élevage des chevaux compte 44 têtes et enfin 25 mulets et 90 ânes. Le taux de mortalité et de réforme sont de l'ordre de 10 % et le taux de fécondité avoisine les 60 %. Le secteur d'étude ne déroge pas à cet aspect de la spéculation, à défaut de données concernant Sebka nous utilisons les statistiques de toute la commune sa nous permet d'avoir une vision de la situation. **Atehyd, 2012**



Figure.N°16 : L'élevage dans la zone d'Sebka

Tableau. N° 06: Répartition du cheptel à travers la commune

Cheptel	Femelles productives	Males Adultes	Petits		Total espèce
			Femelles	Males	
Bovin importation	260	38	170	88	556
Bovin local	170	18	90	66	344
Ovin	28 935	1250	18 120	27 200	75 505
Caprin	1400	130	800	430	2760
Chevalin	32	12	/	/	44
Ane	40	10	25	15	90
Mulet	15	10	/	/	25

Source (D.C.A)

II.7.3. L'apiculture:

L'apiculture compte presque 950 ruches dont 920 de type modernes et 30 traditionnelles. La production annuelle des ruches modernes s'élève à 8 280 kg à raison d'une moyenne de 9 kg par ruche par an. La production annuelle des ruches traditionnelles ne dépasse pas 180 kg par an, sachant que la production annuelle de la ruche traditionnelle est de 6 kg. Il y a lieu de signaler que la commune a bénéficié de:

- 300 ruches dans le cadre du projet de proximité de concession agricole.
- 400 ruches dans le cadre de la politique de développement des forêts.
- 30 ruches dans le cadre du FNRDA.

II.7.4. L'aviculture :

La pratique de l'élevage avicole est basée sur dix huit 18 unités de production dont quatorze sont destinées à la production de viande blanche et quatre destinées à la productions des oeufs. Une seule sur les quatre unités destinées aux poules pondeuses est en activité. Elle dispose d'une capacité de 5000 poules pondeuses. Sur les quatorze unités réservées au poulet de chair, seules quatre sont en activité. Elles disposent d'une capacité de 2500 poules et offrent une production annuelle répartie sur trois cycles. **D.S.A Khenchela**

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

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

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

De point de vue climatique, la wilaya de kenchela se caractérise par un climat continental, semi- aride ; à hiver froid et été chaud et sec. Les caractéristiques de la zone d'étude sont celles de la station météorologique de Khenchela.

Tableau N°07 : les coordonnées géographiques de la station d' El Hamma

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

[Source station climatologique d'ElHamma]

III.1. Les caractéristiques climatologiques :

III.1.1. Paramètres climatiques

III.1.2. Les précipitations

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

Tableau. N° 08: Précipitation moyenne mensuelle de al hamma (2005-2015)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Jut	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
pré Moye mensuelle	44,31	40,023	55,59	48,69	63,72	26,58	20,92	31,89	67,27	38,1	26,39	38,1

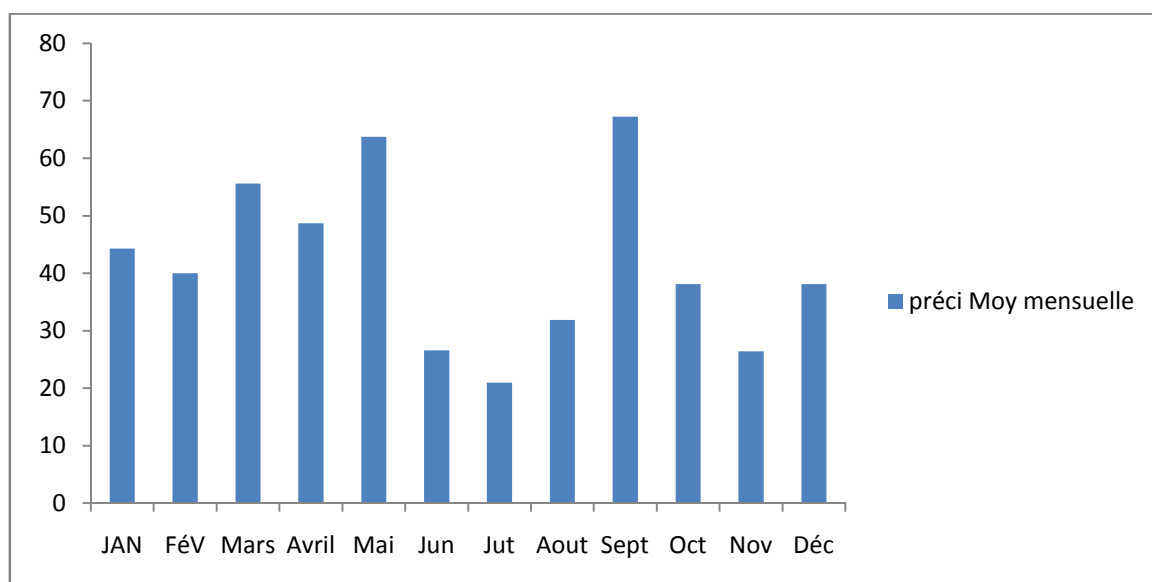


Figure. N°17 : Précipitation moyenne mensuelle de El Hamma(2005-2015)

Le mois de septembre est le plus arrosé avec une moyenne de 67.27 mm. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de **20.92mm**

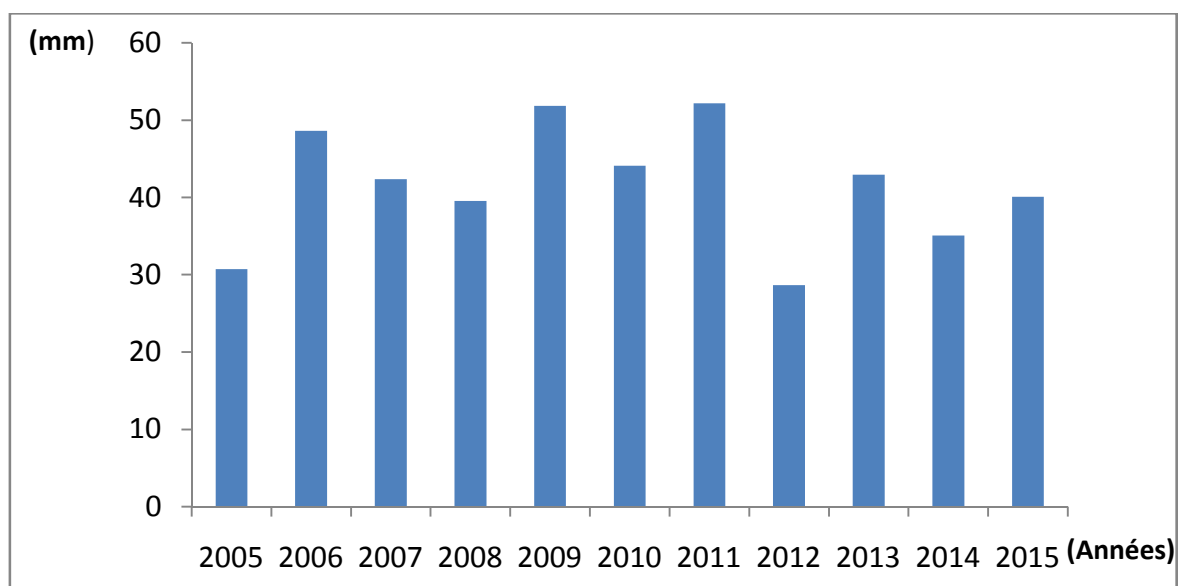
- **Les précipitations annuelles:**

La pluviosité est définie selon **Djebaili en 1984**, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat (**Djebaili en 1984**)

Les variations climatiques d'une année à l'autre, de même que les changements des Conditions climatiques moyennes, sont souvent perçues à travers l'analyse des séries pluviométriques.

Tableau N°9: Précipitation moyenne annuelle d'El Hamma(2005-2015)

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
pré Moy A	30,71	48,63	42,35	39,55	51,85	44,09	52,19	28,64	42,92	35,07	40,07

**Figure N°18 : Précipitation moyenne annuelle de El Hamma(2005-2015).**

L'année la plus pluvieuse étant 2011 avec une moyenne annuelle de 52.19mm.

L'année **2012** étant la plus sèche avec une moyenne annuelle de **28.64mm**.

III .1.3.La température

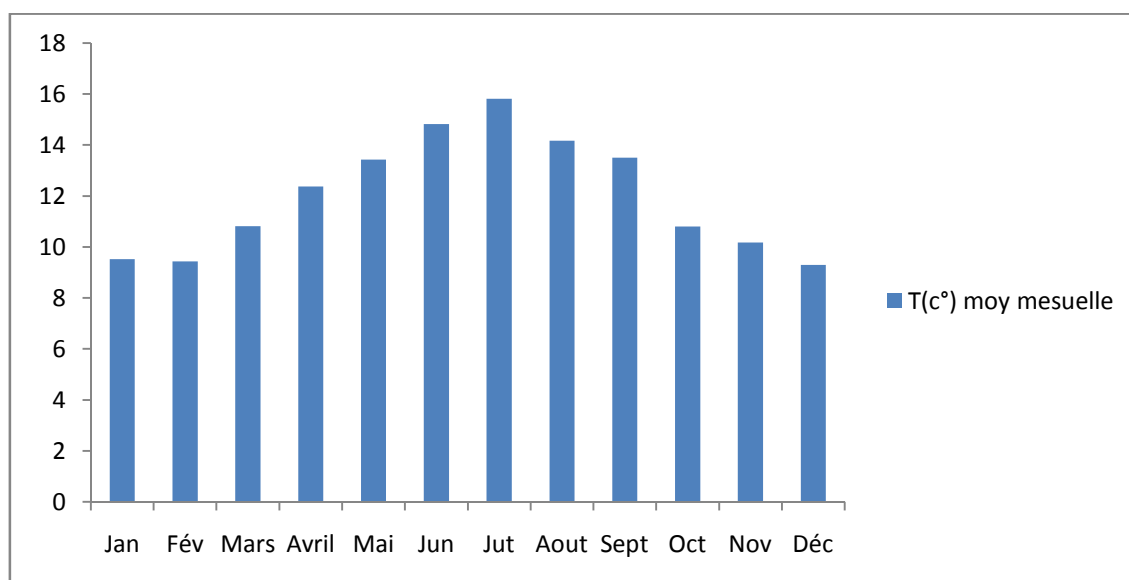
La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2002**).

Pour la caractérisation de ce paramètre il faut connaître plusieurs variables: la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m) la moyenne mensuelle $(M+m)/2$ et l'amplitude thermique (M-m).

Les données de la température durant la période (**2005-2015**) sont représentées sur le tableau, avec des courbes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle de température.

Tableau..N°10: Température moyenne mensuelle de El Hamma (2005-2015).

Mois	JAN	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Jui	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
MMensuelle	9.52	9.43	10.82	12.37	13.43	14.82	15.82	14.17	13.50	10.8	10.17	9.3

*Fig. N°19: Température moyenne mensuelle d'El Hamma (2005-2015)*

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles(Figure.14) montre que le mois de décembre est le mois le plus froid avec **9.3°C** et le mois de Juillet est le plus chaud avec **15.82°C**.

III.3.1.1.Analyse des températures:

- **D'après ce diagramme, on peut distinguer**

Une diminution de la température à partir du mois de septembre pour atteindre sa valeur minimale au mois de février, c'est le mois le plus froid, avec 6.22°-Une élévation de la température où la température croît progressivement du mois de mai pour arrivée à une valeur maximal au mois d, Juillet c'est le mois le plus chaud, avec 26.98 °C.

Tableau N°11: Température enregistrée à la station de El Hamma(2005-2015)

Paramètre	T (°C) Moye min	T (°C) Moye max	T (°C) Moye	Amplitude : M-m
S	15,48	27,95	21,718	12,47
O	10,51	21,57	16,04	11,05
N	6,42	16,41	11,42	9,99
D	2,76	11,84	7,3	9,08
JAN	1,78	11,27	6,52	9,49
F	1,61	10,83	6,22	9,21
M	4,42	15,25	9,84	10,82
AV	7,62	20,1	13,86	12,47
M	11,21	25,04	18,13	13,82
J	15,67	30,33	23	14,66
UI	18,96	35	26,98	16,04
A	17,99	32,56	25,27	14,57

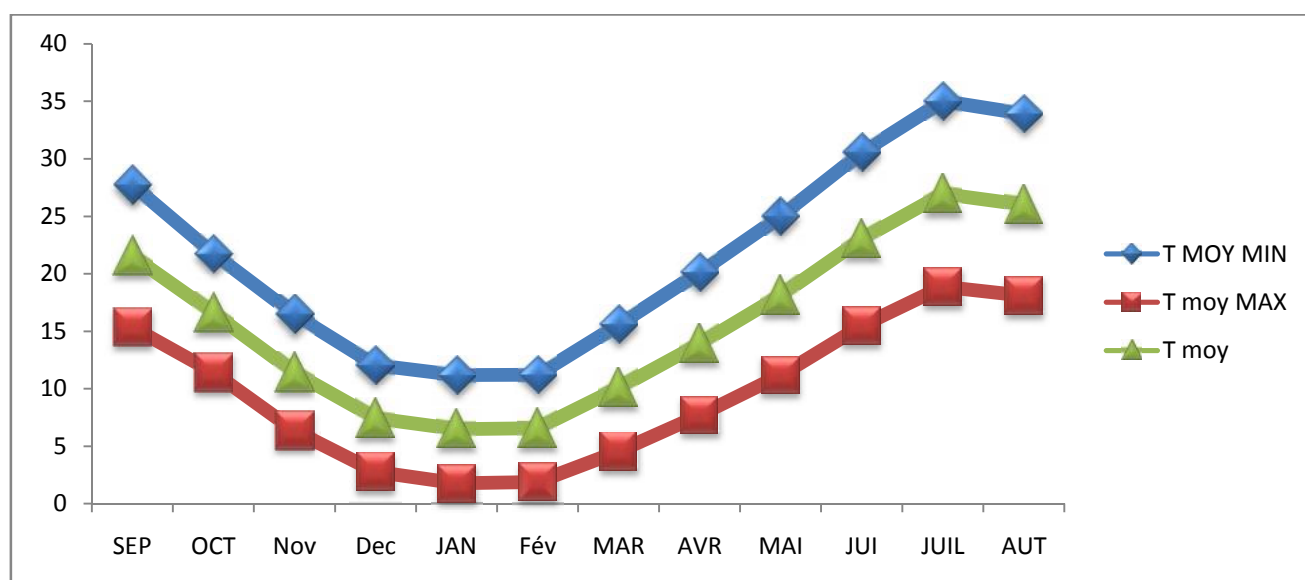


Figure.N°20: La répartition des températures moyenne (max, min, et moye) de la station de AL HAMMA pendant la période (2005- 2015)

a) Diagramme pluviothermique

Le Diagramme pluviothermique de **BAGNOULS et GAUSSEN** met en évidence la notion des saisons humides et sèches comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T^\circ$). Ainsi, on constate que la saison sèche est formée de plusieurs mois secs consécutifs

Tableau. N°12: Pluviothermique de El Hamma

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
T moyenne	6,52	6,22	9,84	13,86	18,13	23	26,98	25,27	21,71	16,04	11,42	7,3
précipitation	44,31	40,02	55,59	48,69	63,72	26,58	20,92	31,89	67,27	38,1	26,39	38,1

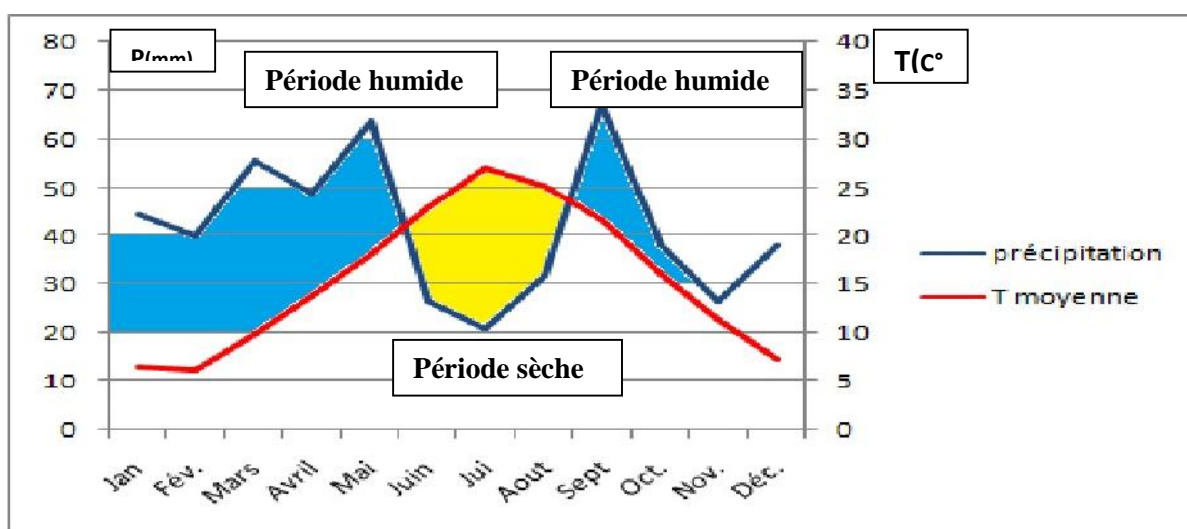


Figure N°21: Diagramme Pluviothermique de El Hamma

- **L'analyse du diagramme nous permet de distinguer :**

Pour la wilaya de Khenchela, nous constatons un allongement de la période sèche qui s'étale de Mai jusqu'à Aout, elle coïncide avec la période la plus chaude (été), et une période humide plus longue qui commence d'octobre et se prolonge jusqu'à le mois de Mai Elle est caractérisée par un hiver froid

III.1.4.L'Humidité :

Les échanges de vapeur d'eau des couverts végétaux dépendent en premier lieu de l'humidité de l'air atmosphérique. Il est donc utile de rappeler un certain nombre de définitions qui lui sont relatives (Cretinon, 1994).

L'humidité relative à l'air est un élément dont la mesure correcte demande plus besoins que celle de la température.

Tableau .N° 13: L'Humidité de El Hamma

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
H% moy	70,96	68,97	64,7	61,4	56,52	48,12	63,24	62,13	56,83	61,44	66,27	69,01

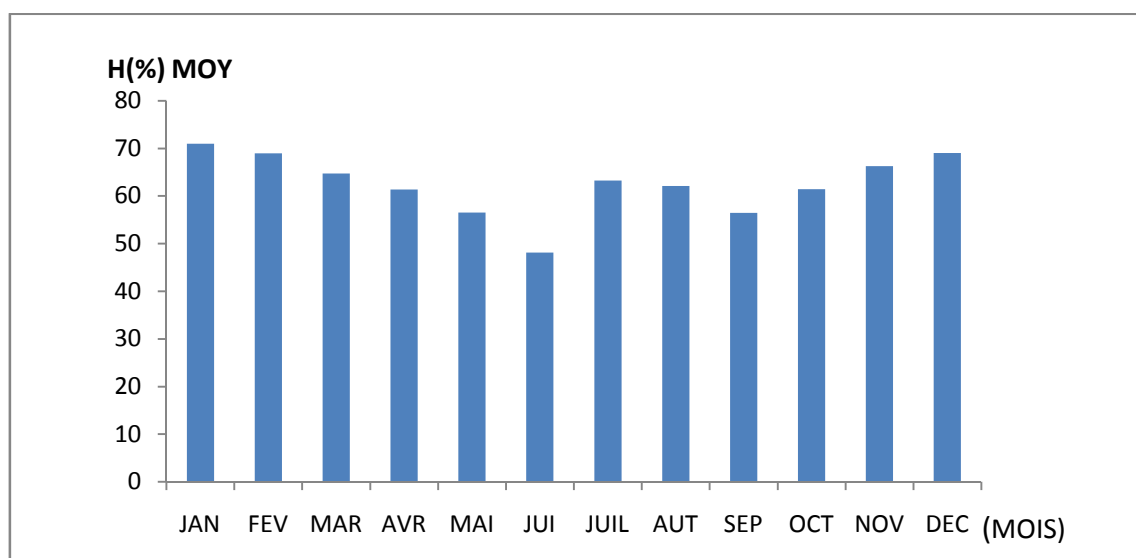


Figure. N° 22: Humidité relative mensuelle moyenne de El Hamma (2005-2015)

A partir de la figure on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes.

Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de janvier avec 70.96 % ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, alors que le pourcentage le plus faible est enregistré durant le mois de juillet avec 48.12 %

III.1.5 .Evaporation :

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal. On distingue : d'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR). (Gaagai, 2009) :

Tableau. N°14 : des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2005-2015)

Mois	jan	Fév.	Mar	Avar	Mai	Juin	Jiu	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
évapora(mm)	57,47	64,15	94,80	116,59	150,43	221,29	259,67	233,39	158,95	115,15	82,33	56,50

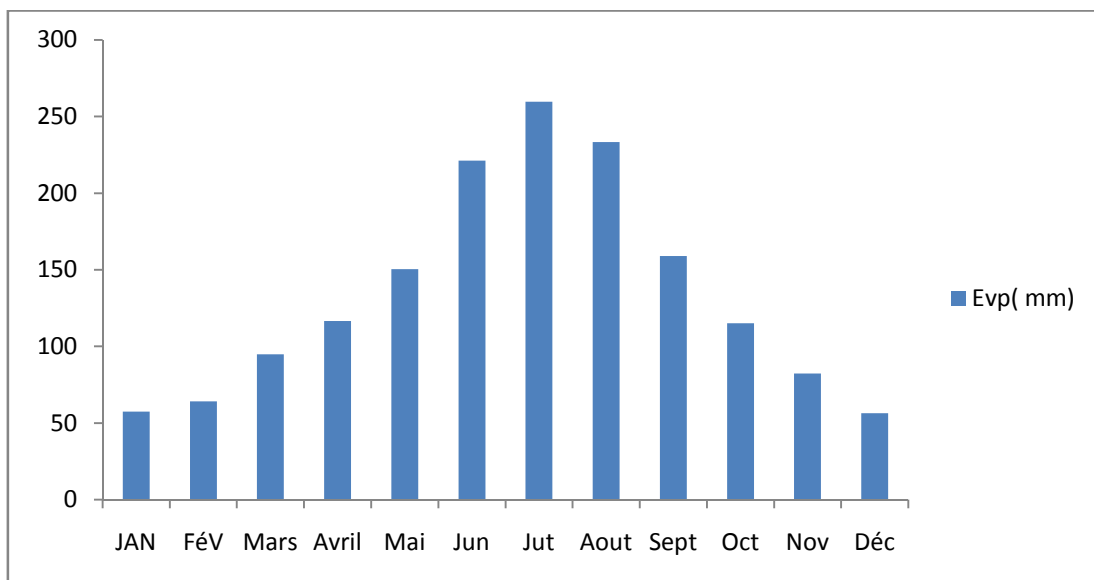


Figure .N°23 Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2005-2015)

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de mm et 259,67

la valeur minimale est enregistrée en février avec une moyenne de 64,15mm

III.1.6.Quotient pluviométrique d'Emberger

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right) \times (M - m)} \times 100$$

La formule du quotient d'Emberger (Emberger, 1955) s'exprime comme suit :

Ce quotient a été simplifié par **STEWART en 1969** : $Q_2 = 3.34 \times \frac{P}{(M - m)}$

P : pluviométrie en (mm)

M : moyenne des maximums du mois le plus chaud

m : moyenne des minimums du mois le plus froid

(M+m) / 2 : Température moyenne

Q2 : quotient pluviothermique annuel en mm ;

M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

P= 501.53	M = 308.21	m= 274.78	Q2 =47.02
------------------	-------------------	------------------	------------------

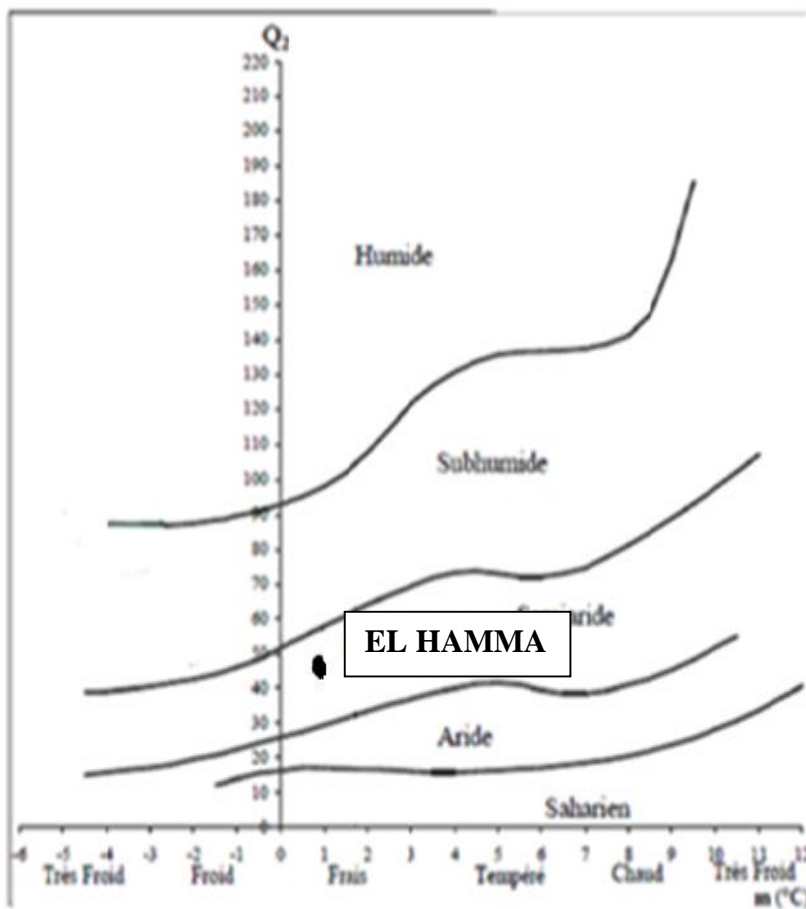


Figure. N°24: Climagramme d'emberger. De EL HAMMA (2005-2015)

III.1.7 étermination de l'étage bioclimatique:

III.1.7.1.L'indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (**I a**). Cet indice est fonction de la température (T en C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude, cet indice est calculé par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

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

Quand :

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

Où : **I** : indice d'aridité **P** : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

P=501.53 t=15.25 i=19.86

Suivant les valeurs de (**I**) **De Martonne** le climat semi-aride

La zone d'étude se caractérise par un climat **semi-aride à tendance tempérée**.

III.1.8. Notion du bilan d'eau :

Le bilan d'eau global correspondant à une équation entre les apports et les pertes qui influent directement sur la variation des réserves. Ainsi pour déterminer le bilan de la région étudiée, il est indispensable d'évaluer ses composantes (infiltration, ruissellement et évaporation). Pour cela, Nous nous sommes basés sur les données de station de kenchela avec une période de (2005-2015 EL Hamma)

III.8.1. Le bilan hydrologique:

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride, ce qui convient à la région de kenchela vu les caractéristiques de son climat. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). L'estimation de ce paramètre a été faite par l'application de la formule de **Hallaire 1960 (cité par J.Ricard1979)**.

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : Précipitation annuelle en mm ;

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm ;

R : Ruissellement en mm ;

I : Infiltration annuelle en mm ;

III.1.8.2. Estimation de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration constitue un des éléments du bilan hydrologique qui représente la quantité d'eau restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur, l'évapotranspiration englobe deux processus l'évaporation (physique) et la transpiration par les plantes (biologique).

Les évapotranspirations réelles et potentielles peuvent être mesurées directement sur le terrain à partir d'un bac d'évaporation ou d'un évapomètre, on peut le déterminer par des formules empiriques telle que celle de turc, thornthwaite et d'autre.

III.1.8.3. Évapotranspiration réelle (ETR):

L'évapotranspiration réelle (ETR) est appelée souvent déficit d'écoulement (DE) elle correspond à la quantité d'eau évaporée ou transpirée effectivement par le sol, les végétations, et les plans d'eau libres. Plusieurs formules ont été proposées pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle ETR. La hauteur des précipitations et les températures moyennes mensuelles forment les bases de ces formules.

Période	T _p (°C)	I	K	ETP _C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,72	9,2	1,04	102,7	67,27	-35,5	-0,3	0,0	0,0	67,3	35,5	0,0
O	16,04	5,8	0,98	59,1	38,10	-21,0	-0,4	0,0	0,0	38,1	21,0	0,0
N	11,42	3,5	0,85	29,1	26,39	-2,8	-0,1	0,0	0,0	26,4	2,8	0,0
D	7,3	1,8	0,84	13,7	38,10	24,4	1,8	24,4	24,4	13,7	0,0	0,0
J	5,63	1,2	0,86	9,2	44,31	35,1	3,8	35,1	59,5	9,2	0,0	0,0
F	6,23	1,4	0,85	10,7	40,02	29,3	2,7	29,3	88,7	10,7	0,0	0,0
M	9,84	2,8	1,03	27,6	55,59	28,0	1,0	11,3	100,0	27,6	0,0	16,7
A	13,86	4,7	1,09	51,3	48,69	-2,6	-0,1	-2,6	97,4	51,3	0,0	0,0
M	18,13	7,0	1,21	89,3	63,72	-25,6	-0,3	-25,6	71,8	89,3	0,0	0,0
J	23	10,1	1,21	132,3	26,58	-105,7	-0,8	-71,8	0,0	98,4	33,9	0,0
J	26,99	12,8	1,23	175,1	20,92	-154,2	-0,9	0,0	0,0	20,9	154,2	0,0
A	25,28	11,6	1,16	148,3	31,89	-116,4	-0,8	0,0	0,0	31,9	116,4	0,0
Année	15,5	72,0		848,6	501,6	-347,0				484,9	363,7	16,7

Tableau N°15: Bilan hydrique à la station de El Hamma(2005-2015)

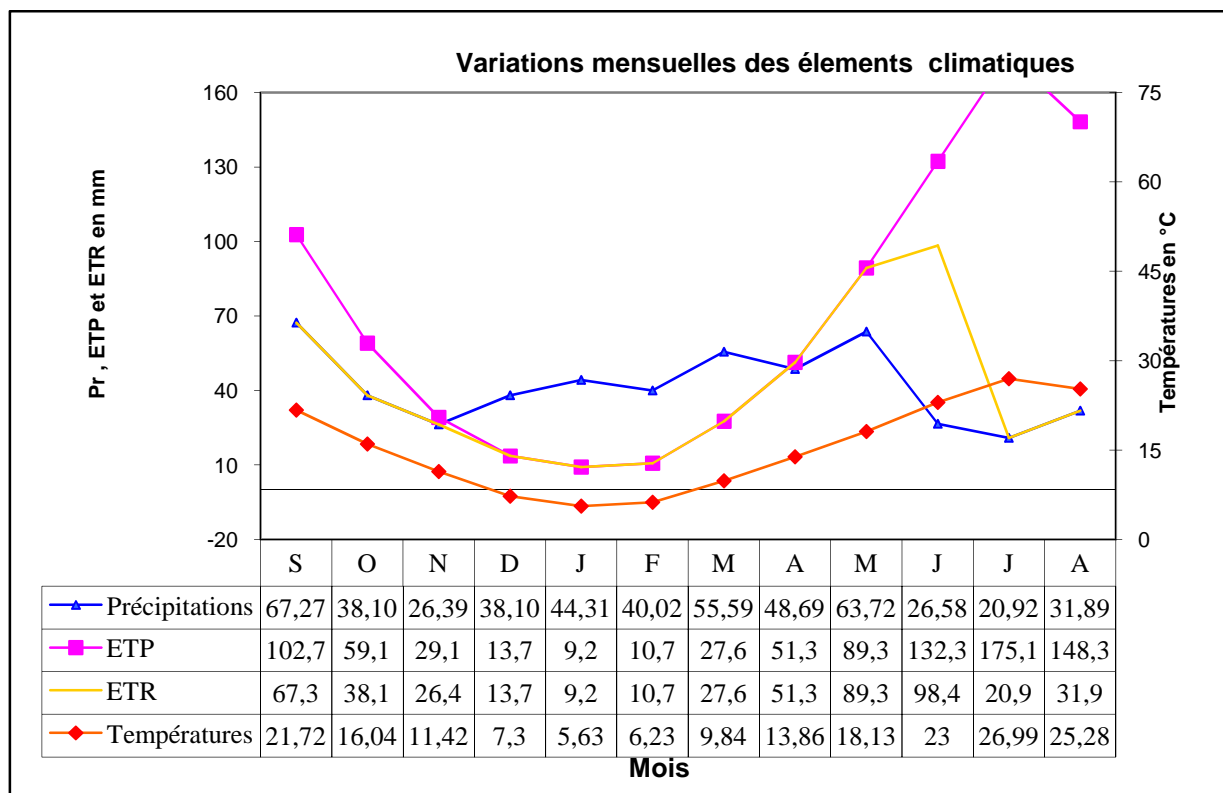


Figure N°25: Moyenne pluriannuelle des éléments climatiques à la station El Hamma(2005-2015)

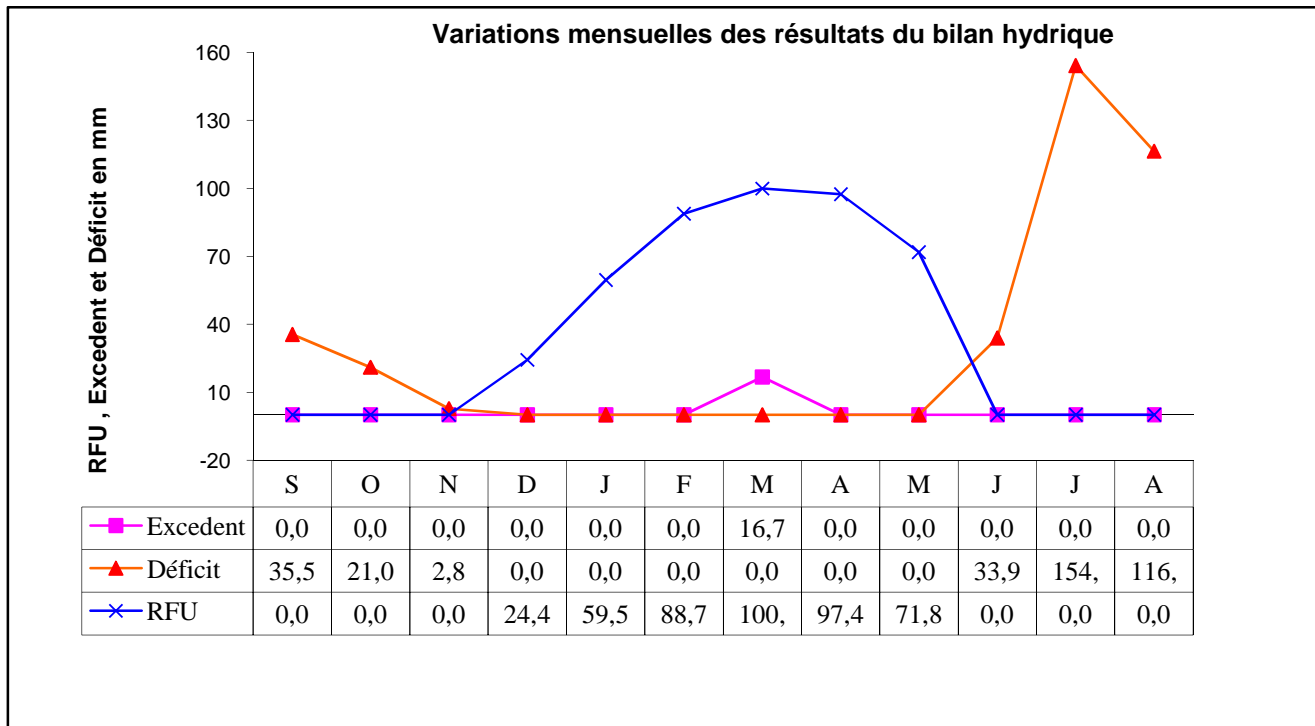


Figure. N°26: Diagramme de la variation de la RFU, du déficit et de l'excédent à la station d'El Hamma (2005-2015)

Le bilan hydrique montre un excédent relatif au mois le plus arrosé le sol possède une réserve suffisante pendant une période de six mois correspondante à la période de rotation agricole, cela est illustré par le paramètre réserve facilement utilisable (RFE)

Conclusion

On conclue ce chapitre nous a permis d'obtenir des résultats sur les divers facteurs climatiques (Température, précipitation et l'évaporation) concernant la série de (2005-2015)

- les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 501.53mm.
- la température moyenne annuelle est de 15.25 (C°), avec un maximum de 35.009°C au mois de juillet et un minimum au mois de juillet 18.96°C.
- l'évapotranspirationréelle (ETR) est de l'ordre de 48 ,9mm
- l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de l'ordre de 848,6 mm.
- La réserve facilement utilisable (RFU) n'est jamais remplie au courant de toute l'année. C'est l'état de déficit ex+istant durant la saison estivale.

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité pour différents usages : alimentation en eau potable et irrigation.

Pour caractériser les eaux souterraines de la plaine d'EL Mahmel nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site et d'échantillonnage. La campagne d'échantillonnage concerne 6 points d'eau.

Au niveau des deux laboratoires, d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila) et le Laboratoire de l'université d'Oum el Bouaghi nous avons déterminé les paramètres suivants : SO_4^{--} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , SO_4^{--} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{---} et le Br_2 .

IV.1 . Localisation géographique des points de prélèvement :

Les prélèvements ont été faits sur 6 points d'eau :(figure n°26)

- 01 échantillon fait sur les eaux de sebkha.
- 05 échantillons prélevés à partir des puits qui entourent Sebkhha

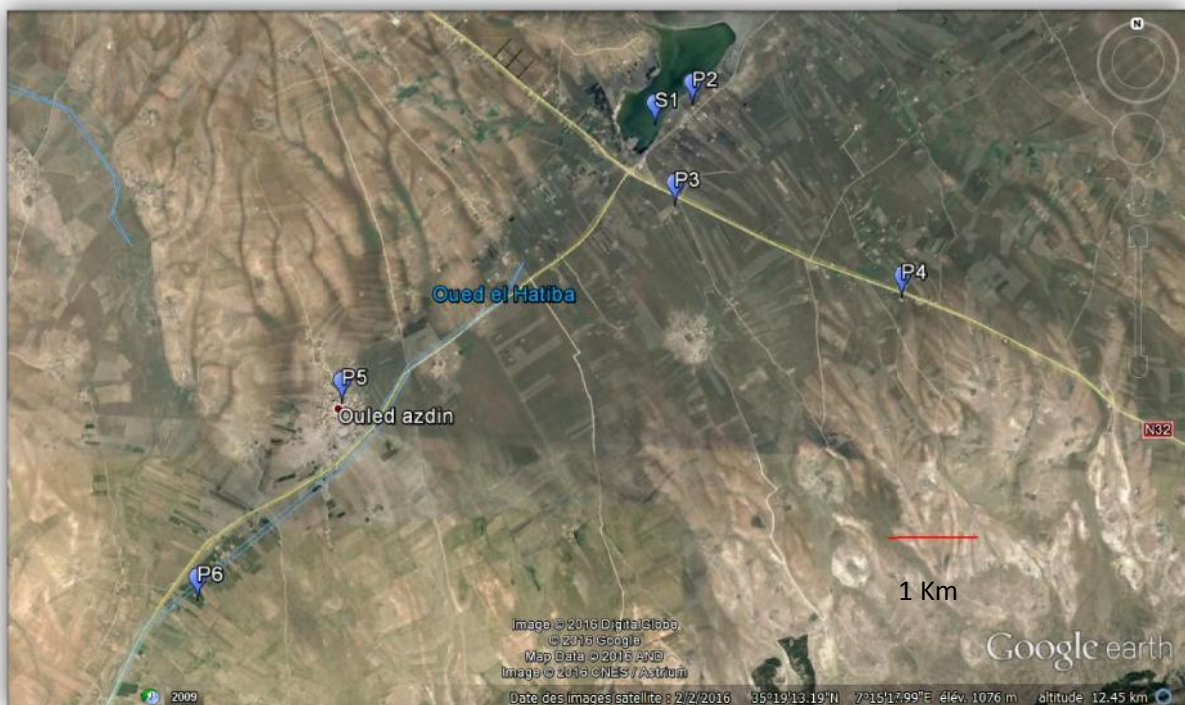


Figure N°27 : Position des points d'eaux sur l'image Google earth

IV.2. Matériels sur le terrain :

- Des bouteilles en plastique de 1,5 L ;
- un dispositif de prélèvement ;
- un multi paramètre
- appareil photo.



Figure N°28 : les échantillons d'eau prélevés

IV.3. Matériels de laboratoire :

- Verriers (Entonnoirs, béciers de différents volumes,Etc.) .
- pH- mètre de laboratoire ;
- Spectrophotomètre à UV- visible (utilisé pour déterminer la teneur en : SO_4^{--} · NO_3^- , PO_4^{---} , NH_4^+ et Br_2).
- Spectrophotométrie à flamme (pour déterminer la teneur en : Na^+ et K^+) :
- La méthode titrimétrique pour la détermination des Cl^- , HCO_3^- , Mg^{++} et Ca^{++} .



Figure N°29 : appareil multi paramètre à gauche et un spectrophotomètre uv-visible à droite

IV.4. Mesures électrochimiques in situ (Rodier, 2009) ;

Trois paramètres (pH, CE, TDS, O_2 dissous) ont été mesurés *in situ*, immédiatement après prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un appareil multi paramètres « CONSORT C931 ».

IV.4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment, il est relié à la teneur en protons H^+ et détermine l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon.

IV.4.2. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité qui est bien corrélée avec le résidu sec des eaux, est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C

IV.4.3 .Le Total des Solides Dissous (TDS) :

L'abréviation TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

IV.4.4 .L'oxygène dissous :

Un niveau adéquat d'oxygène dissous est essentiel pour les écosystèmes aquatiques. Un niveau d'oxygène dissous de 5 mg/l ou plus supportera la croissance de la plupart des espèces de poissons.



Figure N°30 : sondes de mesure de pH et de Conductivité électrique.

IV.5 .Méthodes de dosage des anions et cations majeurs :

Les analyses des paramètres chimiques des échantillons sont effectuées au niveau du Laboratoire d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila) et Laboratoire de l'universitaire de Oum al boughui comme nous l'avons cité dessus.

Les éléments chimiques majeurs concernés sont :

Cations: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ et NH_4^+

Anions: Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{---} et Br_2

A- Cations majeurs :

- A.1. Détermination des concentrations en Potassium et en Sodium par la photométrie à Flamme (Rodier, 2009)

Principe : Quand on pulvérise dans une flamme la solution d'un sel métallique, l'énergie thermique de la flamme provoque :

- ❖ La vaporisation de l'eau
- ❖ Eventuellement des réactions secondaires
- ❖ La vaporisation du sel métallique (et des autres produits) et la formation d'atomes
- ❖ L'excitation des atomes.

Cette excitation, si elle est suffisante va amener les électrons des sous-couches périphériques à des niveaux énergétiques supérieurs.

Puis ces électrons vont tendre à revenir à leur état initial en libérant leur énergie supplémentaire sous forme d'une émission de lumière (photon).

Pour les éléments les plus fréquemment dosés on utilise les longueurs d'ondes suivantes:

- ❖ Sodium : raie de résonance à 589 nm (raie D).
- ❖ Potassium : raie de résonance à 767 nm.

▪ Equipement utilisé

L'intensité émise par une raie est proportionnelle à la pression des atomes du métal dans la flamme, ce qui permet la détermination de la concentration de ce métal dans la solution pulvérisée.

- Photomètre à flamme
- Solution de calibration (plusieurs concentrations)
- Eau distillée

Les résultats sont lus directement sans besoin de dosage particulier.

- A.2 . Détermination de la dureté d'une eau par un titrimétrie :

Cette instruction est destinée au dosage du calcium « Ca^{2+} » et du magnésium « Mg^{2+} » présents dans l'eau échantillonnée pour déterminer sa dureté.

• Equipement utilisé

- ❖ Burette graduée
- ❖ Agitateur magnétique
- ❖ Balance électrique

- ❖ Etuve réglable à 107°C
- ❖ Solution d'éthylène Diamine Tétra Acétique « EDTA »
- ❖ Indicateurs colorés :Murexide et Noir d'Eriochrome

- **Préparation de l'EDTA**

On met une petite quantité d'éthylène Diamine Tétra Acétique « EDTA » dans l'étuve à 107°C pendant 20 mn pour éliminer l'humidité. Puis, on mesure avec une balance électrique 3.721 g. On verse le contenu dans la fiole jaugée de 1000 ml contenant de l'eau ionisée.

A.3 .Détermination de la concentration en calcium

Principe

Dosage des ions calcium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène Diamine Tétra acétique (EDTA) de pH compris entre 12 et 13.

On utilise comme indicateur coloré le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium.

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du dosage, les ions calcium réagissent avec l'EDTA qui vire alors de la couleur rose à la couleur violette.

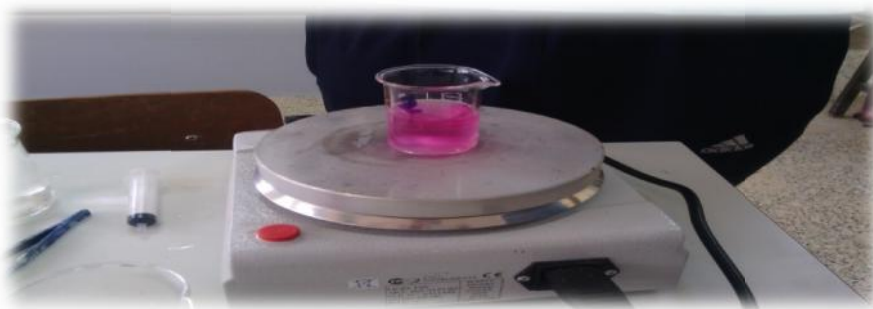


Figure N°31 : coloration avant virage de l'indicateur coloré

- **A.4.Détermination de la concentration du magnésium :**

Principe :

Titration des ions magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène Diamine Tétra acétique (EDTA).

On utilise comme indicateur coloré le noir d'ériochrome T qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions Mg^{+2} .

B- Anions majeurs :

- **B.1. Dosage des bicarbonates HCO_3^- :**

- **Equipement utilisé :**

Burette graduée

Indicateurs colorés : phénolphtaléine et méthylorange.

Solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique à 0.02N.

Après détermination du titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC on peut calculer facilement la teneur en bicarbonates des eaux.

- **B.2. Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) :**(méthode néphelométrique) Les ions sulfates sont précipités en milieu acide à l'aide d'une solution de chlorure de baryum , le précipité ainsi formé est remis en suspension en ajoutant la solution de tween 20 après 15 minutes on effectue les lectures au spectrophotomètres à 650 nm.

- **B.3. Dosage des chlorures (Cl⁻) :** la méthode de titrimétrie de Mohr s'avère parmi les plus utilisées, celle-ci consiste à titrer un volume d'eau à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur de la fin de la réaction.

- **B.4. Dosage des nitrates (NO_3^-) :** en présence de salicylate de sodium les ions nitrates donnent le paranitrosalicylate un composé qui donne une coloration jaunâtre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.(cf. figure n°32).



Figure N°32 : coloration jaune indicatrice de la présence de Nitrates

IV.6. Les éléments indicateurs de la pollution organique :

IV.6.1. Dosage des nitrites (NO_2^-) :

La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire d'en tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie.

Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre entre l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates peut évoluer rapidement. Il convient donc de procéder au dosage des nitrites le plus tôt possible après le prélèvement en le conservant à 4 °C.



Figure N°33 : coloration rose indicatrice de la présence de Nitrites

- **IV.6.2 Dosage de l'ammonium (NH_4^+)** : on a utilisé la méthode par spectrophotométrie en présence du réactif de Nessler. La verrerie doit être propre lors de son utilisation.

- **IV.6.2 Dosage du phosphre total (PO_4^{3-})** :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique.

Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.



Figure N°34 : coloration bleue indicatrice de la présence de phosphore

En conclusion ; on a essayé au maximum de respecter les normes de transport et de conservation des prélèvement, ainsi, les méthodes utilisées lors des dosages sont normalisées depuis la référence Jean Rodier .

Introduction

Dans cette partie on tente à atteindre nos objectifs qui concernent la détermination de l'origine de la salinité des eaux et là on pose deux hypothèses :

La première consiste à que la salinité est due principalement aux conditions climatiques (aridité du climat) et la faible recharge de nappes par rapport à la consommation (débit exploité).

Et la deuxième, plus liée au contexte hydrogéologique de la région, démontre l'effet de la sebkha sur l'acquisition de sels.

Pour tester la validité de l'une des hypothèses mentionnées ci-dessus une caractérisation complète a été effectuée ainsi que l'utilisation de différents diagrammes et rapports caractéristiques.... (DIB D, 2016).

Tableau N° 16. Les résultats de l'analyse de l'eau :

Les résultats de l'analyse des eaux de la sebkha et des puits qui l'entourent sont figurés dans le tableau suivant :

tableau16: résultats de l'analyse de l'eau.

	Unité	s1	p2	P3	P4	P5	p6
PH		7,251	7,418	7,422	7,565	7,617	7,235
COND	microsiemens/cm	21933	9096	1951	2478	2134	3565
TDS	mg/l	11769	4385	1098	1501	1179	1851
ca⁺⁺	mg/l	2589,08	887,56	251,34	322,23	234,11	360,23
	még/l	129,2	44,29	12,54	16,08	11,68	17,98
Mg⁺⁺	mg/l	386,21	139,65	50,51	66,32	49,11	101,02
	még/l	31,76	11,48	4,15	5,45	4,04	8,31
Na⁺	mg/l	527,8	322,3	31,5	55,2	53,3	58,6
	még/l	22,95	14,01	1,37	2,4	2,32	2,55
K⁺	mg/l	65,3	23,2	5,8	6,5	7,9	13,1
	még/l	1,67	0,59	0,15	0,17	0,2	0,34
Cl⁻	mg/l	3108,21	976,31	203,33	307,66	218,19	328,61
	még/l	87,65	27,53	5,73	8,68	6,15	9,27
SO₄⁻	mg/l	4014,14	1443,61	332,56	318,22	295,55	544,21
	még/l	83,57	30,06	6,92	6,63	6,15	11,33
HCO₃⁻	mg/l	1009,22	541,28	206,32	298,45	288,29	402,08
	még/l	16,54	8,87	3,38	4,89	4,73	6,59
NO₃⁻	mg/l	72,31	58,23	24,52	123,17	39,33	48,72
	még/l	1,17	0,94	0,4	1,99	0,63	0,79
NO₂⁻	mg/l	1,7842	0,0332	0,0145	0,1256	0,0255	0,015
NH₄⁺	mg/l	0,125	0,115	0,089	0,569	0,044	0,321
PO₄⁻⁻⁻	mg/l	0,428	0,245	0,331	0,315	0,425	0,337
Br₂	mg/l	0,154	0,035	0,085	0,117	0,047	0,066

IV.2.1.Evolution spatiale des différents paramètres :**- IV.2.1.1.Le potentiel d'hydrogène (pH) :**

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Bermond *et al*, 1966). Ce paramètre conditionne un grand nombre D'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique du développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (Hceflcd, 2007).

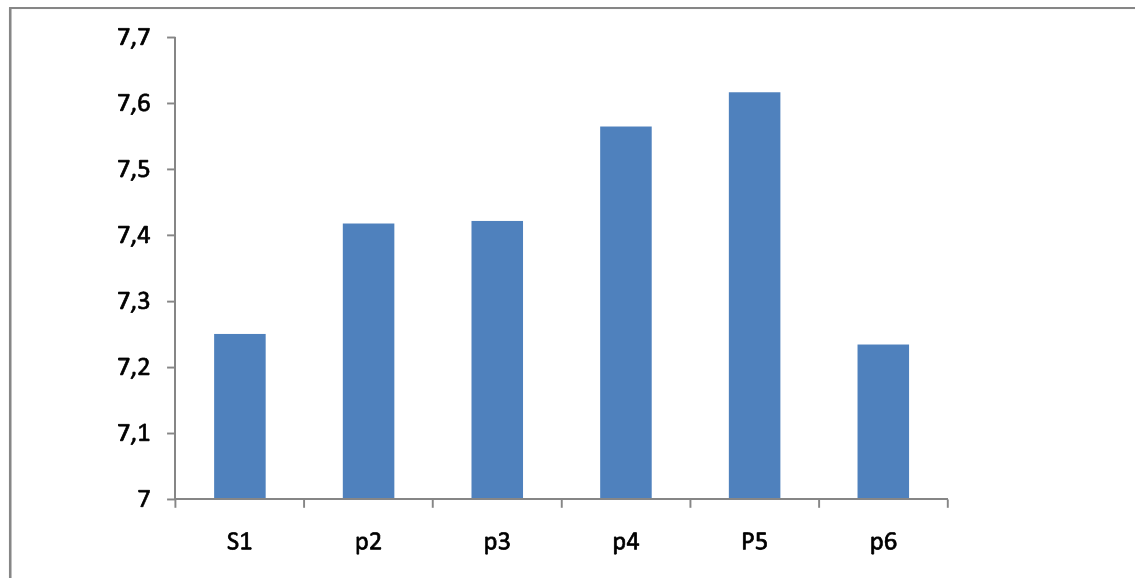


Figure N°35 : les variations de pH des eaux (Avril 2016).

Le pH des eaux analysées varie entre **7.23 et 7.61** ceci explique qu'il n'y a pas de grands écarts de pH entre les eaux souterraines et l'eau d'Esbikha. Les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne requise pour les eaux de consommation (6,5-8,3).

- IV.2.1.2.Conductivité électrique (CE) :

Elle traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique ; c'est une mesurerapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution ; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation.

La minéralisation globale (g/l), est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour la majorité des eaux souterraines (Freeze et Cherry, 1979). La conductivité augmente lorsque la température s'accroît, de ce fait on possède toujours à une correction par rapport à une température de référence (20°C ou 25°C).

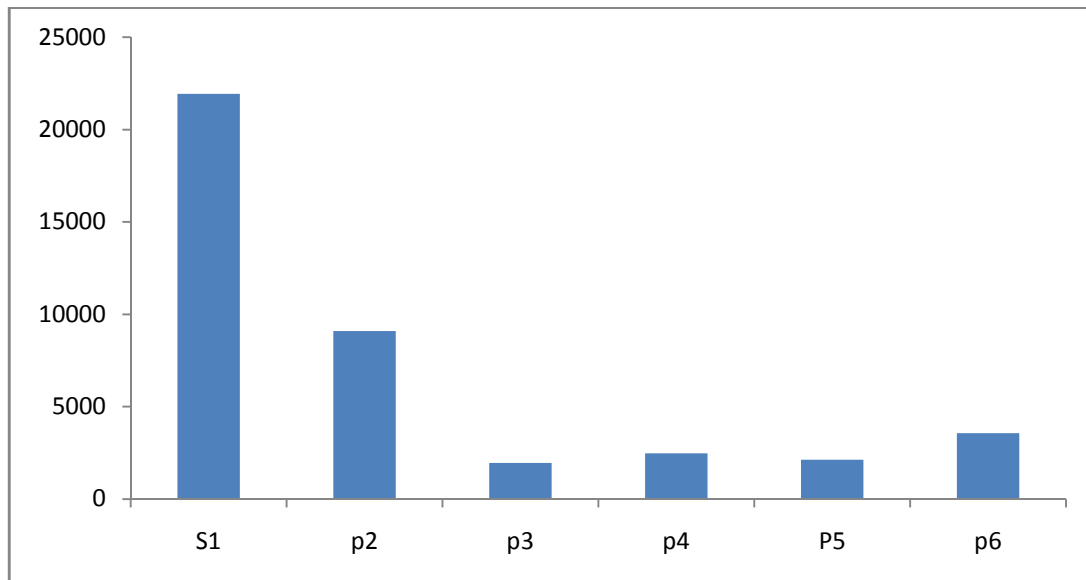


Figure N°36 : Les variations de CE des eaux (Avril 2016).

La conductivité électrique (CE) des eaux analysées est supérieure à la valeur de la norme (OMS ,2000) $\mu\text{s}/\text{cm}$, elle varie de **1951** $\mu\text{s}/\text{cm}$ à **9096** $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le eaux des puits et atteint jusqu'à 21933 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau de la sebkha. La valeur de conductivité des eaux souterraines augmente plus qu'on se rapproche d'Esikha ce qui traduit une migration du biseau salé depuis le Chott en réponse à des pompages intensifs.

En général, nos échantillons présentent une grande variation de conductivité entre l'eau du chott et les eaux des puits, présentent par ailleurs des valeurs très élevées et cela est manifestement dû à des mécanismes de concentration par évaporation associée aux phénomènes d'échanges de base.

- **IV.2.1.3.Total des solides dissous (TDS) :**

Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

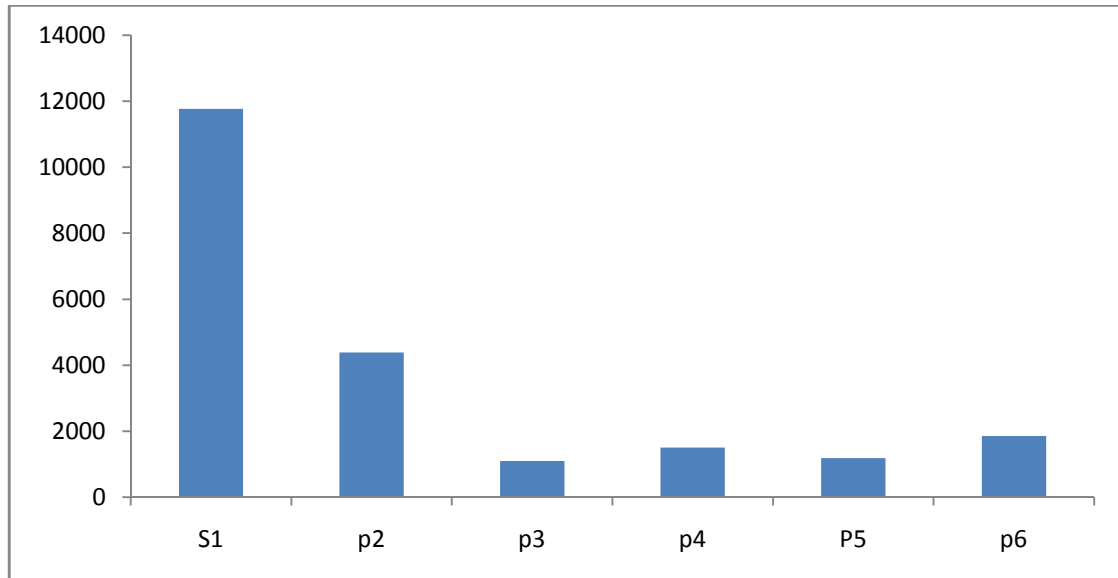


Figure N°37: Les variations de TDS des eaux (Avril 2016).

Comme pour la conductivité, les valeurs mesurées du TDS et de salinité indiquent un taux très élevée des sels dissous, cela est liée à la nature des terrains traversés riches en sels minéraux, induisant une forte minéralisation de l'eau, de même un écart est remarquable entre la TDS mesurée à (S1, P2 et P4 , P6).

Ces valeurs indiquent que ces eaux sont minéralisées par dissolution des inclusions gypsifères et salifères contenues dans le remplissage plio-quaternaire.

Les mesures du TDS de ces sources nous permettent de les classer selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme suit :

Tableau N°17: Goût de l'eau avec différentes concentrations du TDS

Niveau du TDS en (mg/l)	Évaluation	Points
Mois de 300	Excellent	-
300 – 600	Bien	-
600 – 900	Passable	-
900 – 1200	Faible	P3 , P5,
Plus de 1200	Inacceptable	S1, P2, P4, P6

IV.2.2.Les cations et anions majeurs :

A.Les cations :

■ A.1.Le Calcium (Ca²⁺):

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères (CaSO₄, 2H₂O), qui sont facilement solubles.

La présence de sels de calcium dans l'eau est l'un des facteurs qui contribuent au caractère entartrant de l'eau. Sa concentration dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium. (Chaoui, 2013)

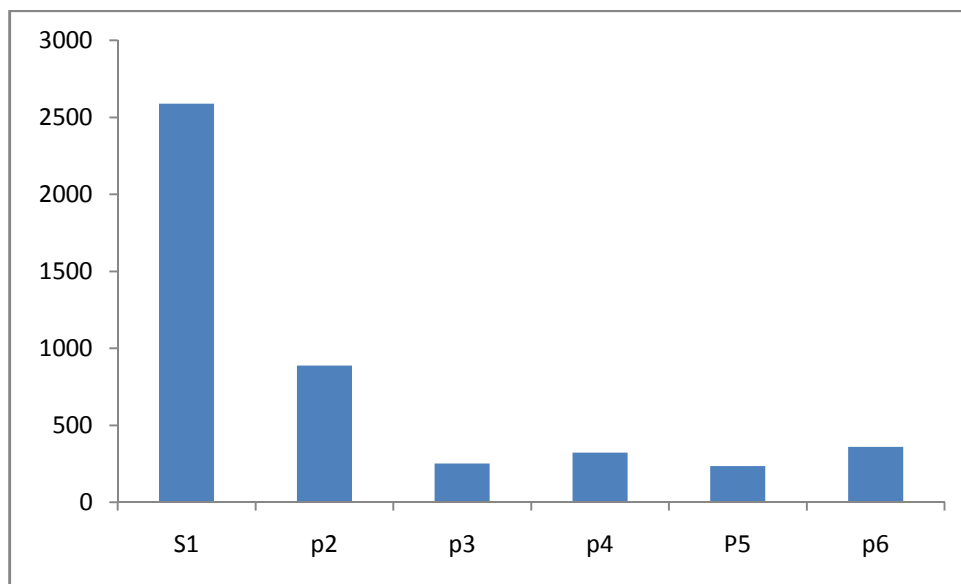


Figure N°38 : les variations de Ca²⁺ des eaux (Avril 2016).

Le taux de Ca²⁺ qui représente la Sebkha atteint 2589,08 mg/l ainsi que le puit le plus proche de la Sebkha P₂(887.56mg/l) influencé par les apports de cette dernière, mais il reste à noter que tous les échantillons ont dépassés fortement la limite souhaitable du calcium pour l'eau potable (2000mg/l). (OMS, 2008)

■ A.2.Le Magnésium Mg^{2+} :

La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/L, à 20 °C.

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (chimie de la potasse, alliages, pyrotechnie, batteries sèches, réducteur chimique, etc.) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à, quelque fois plusieurs centaines de milligrammes par litre. (Rodier, 2009)

La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques : $MgCO_3 \rightarrow Mg^{+2} + CO_3^{-2}$, dolomies : $Ca Mg(CO_3)_2 = Mg^{+2} + Ca^{+2} + 2(CO_3^{-})$ du Jurassique ou du Trias moyen). Les valeurs les plus faibles sont relevées dans la plupart des eaux des massifs anciens. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Rodier, 2009)

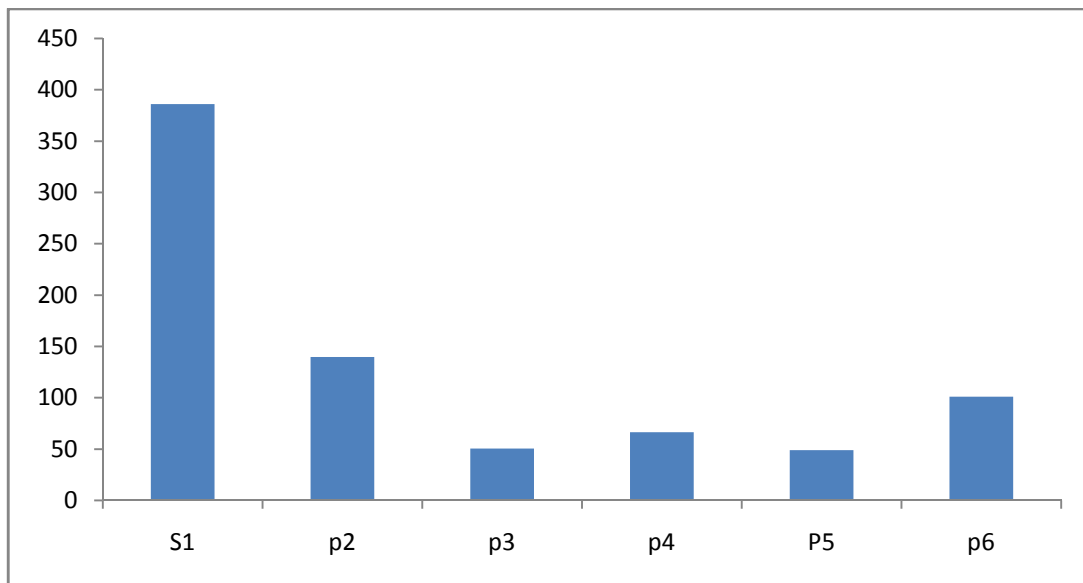


Figure N°39: les variations de Mg^{+2} des eaux (Avril 2016).

Le taux de magnésium dans la Sebka est de l'ordre de 386mg/l. Les puits les plus proches de la Sebka (P2 et P4, P6) ont les concentrations les plus élevées (139,65, 322,23, 360,23 mg/l respectivement) influencés par les apports de cette dernière, mais il reste à noter que la moitié des puits ne dépassent pas la limite souhaitable du magnésium pour l'eau potable (50 mg/l) (OMS, 2008).

L'interprétation de cette variation des valeurs est que ces concentrations indiquent que la teneur en Magnésium est influencée par le passage des eaux à travers les roches

sédimentaires rencontrées qui sont les calcaires dolomitiques et les dolomies du Jurassique ou du Trias.

A.3Le Sodium (Na⁺):

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité des ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol.

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères. La plus importante source de sodium se trouve dans les évaporites.

L'existence d'inclusion évaporitiques sous forme de roches salines riches en NaCl et CaSO₄ et Na₂SO₄ (Halite, gypse et mirabilites) peut être aussi à l'origine de cet élément.

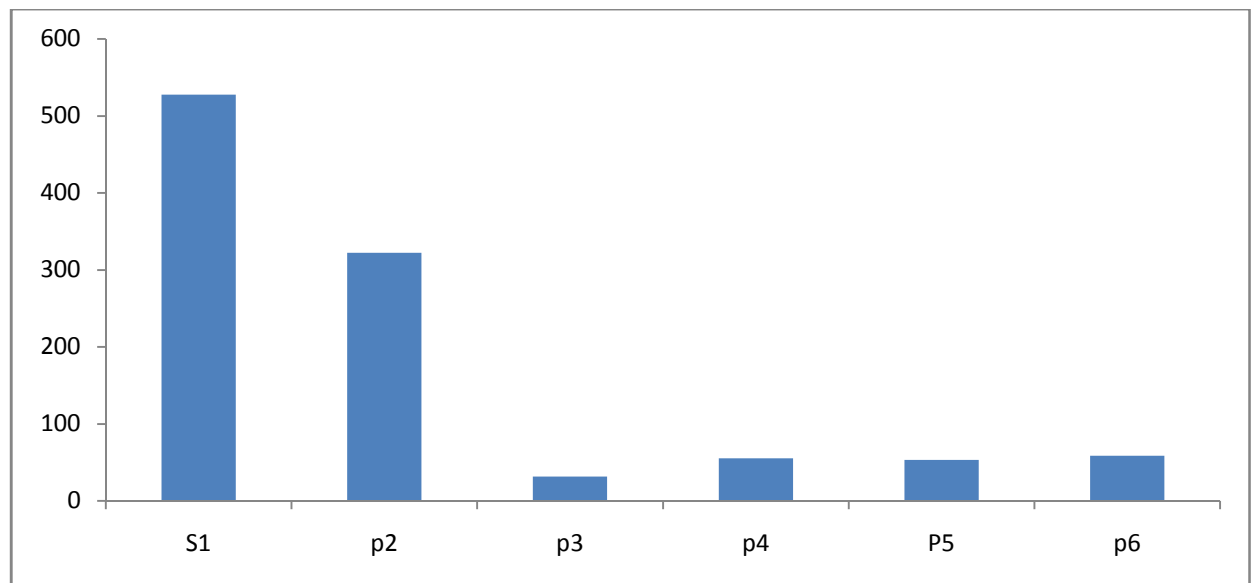


Figure N°40 : les variations de Na⁺ des eaux (Avril 2016).

Les faibles teneurs sont enregistrées au niveau de la majorité des puits ce qui explique que il y'a pas de contamination des eaux phréatique.

les puits les plus proches de la Sebkhha (P2) ont les concentrations les plus élevées (139,65, g/l).

A.4.Le Potassium (K⁺):

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (Gneiss, Schistes), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs.

En générale, le potassium dépasse rarement les 10 ou 15 mg/l dans les eaux naturelles. Dans les eaux de Sebkhah le potassium avoisine les 200 mg/l. (Athemena, 2006).

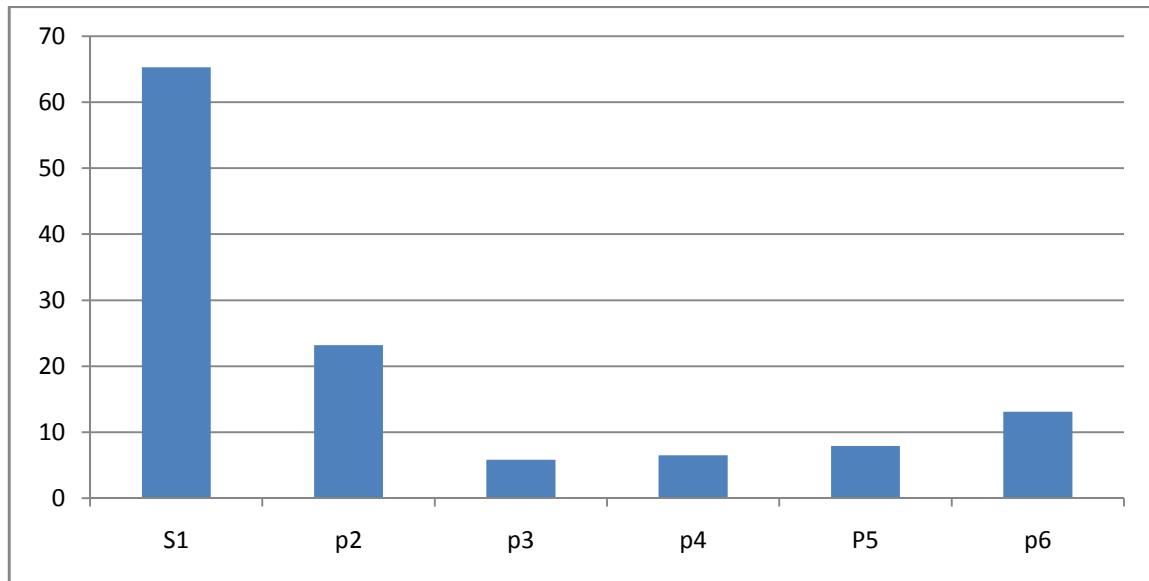


Figure N°41 : les variations de K⁺ des eaux (Avril 2016)

Les teneurs du potassium de nos prélèvements sont faibles, elles varient de 5.81 mg/l à 65.3 mg/l.

Les concentrations les plus faibles sont au niveau de P3, P4, P5, P6, .. Des valeurs exceptionnelles sont enregistrées au niveau de S1 et P2.

B. Les Anions :

B.1. Les Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses.

Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50 mg/l (norme d'O.M.S) (Rodier, 2009)

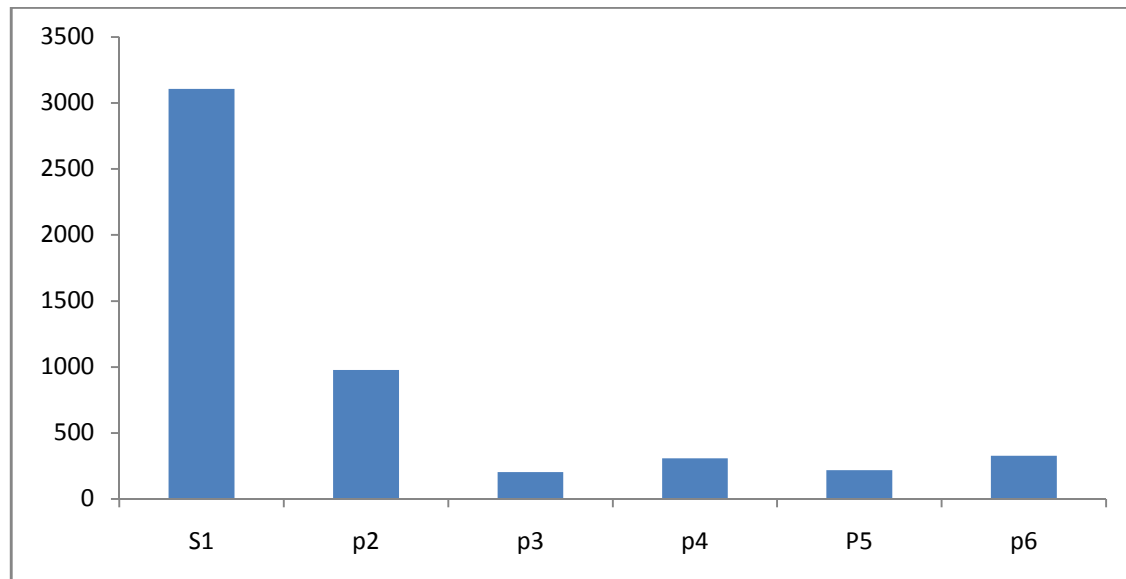


Figure N°42 : les variations de Cl⁻ des eaux (Avril 2016).

La teneur en chlorures des échantillons est comprise entre 203,33 l mg/let 3108,21mg/l.

La variation spatiale de la concentration des chlorures est significatif et peut être expliquée par la nature des terrains traversés car les eaux provenant des endroits périphériques ne sont pas très riches en chlorures.

B.2.Les Sulfates (SO₄²⁻) :

Les eaux naturelles contiennent, pratiquement, des ions sulfatés, dont les proportions trèsvariables. Leurs présences résultent de la légère solubilité des sulfates de calcium dans les roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures se trouvant dans les roches. Cependant, ils peuvent aussi provenir de l'oxydation dans l'atmosphère de l'anhydrite sulfureuse par combustion des hydrocarbures. (Bakalowicz, 1979)

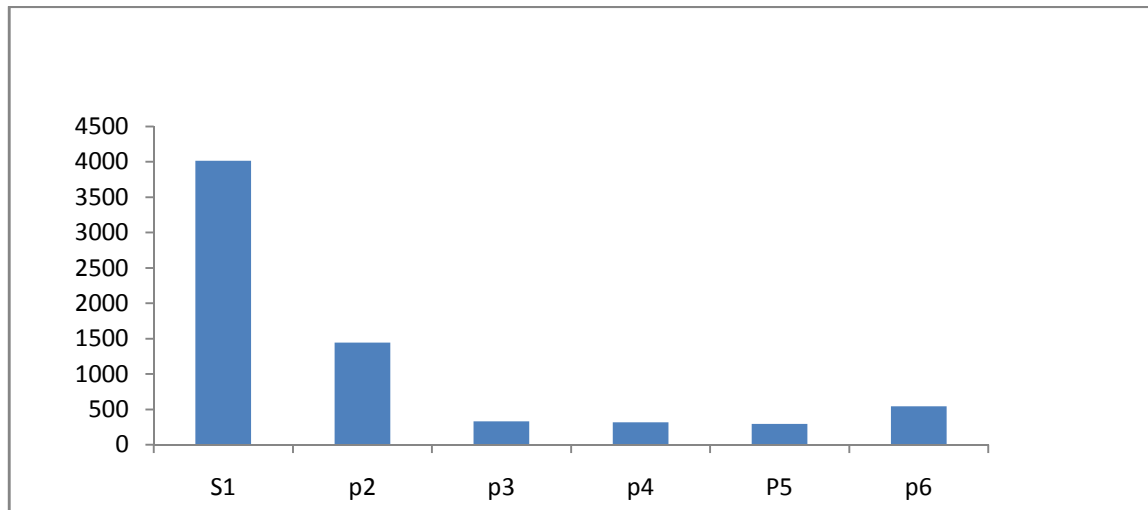


Figure N°43: les variations de SO₄²⁻des eaux(Avril 2016).

La teneur en sulfates varie entre 318,22 et 4014,14 mg/l, la majorité des concentrations en sulfate sont au-dessus de la norme de l'OMS (250mg/l). Donc la présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses et la dégradation de la matière organique dans le sol ainsi qu'à l'apport anthropique (origine agricole).(Rodier, 2009)

B.3.Les Bicarbonates (HCO_3^-)

La teneur en bicarbonates varie entre 1009mg/l et 206 mg/l.

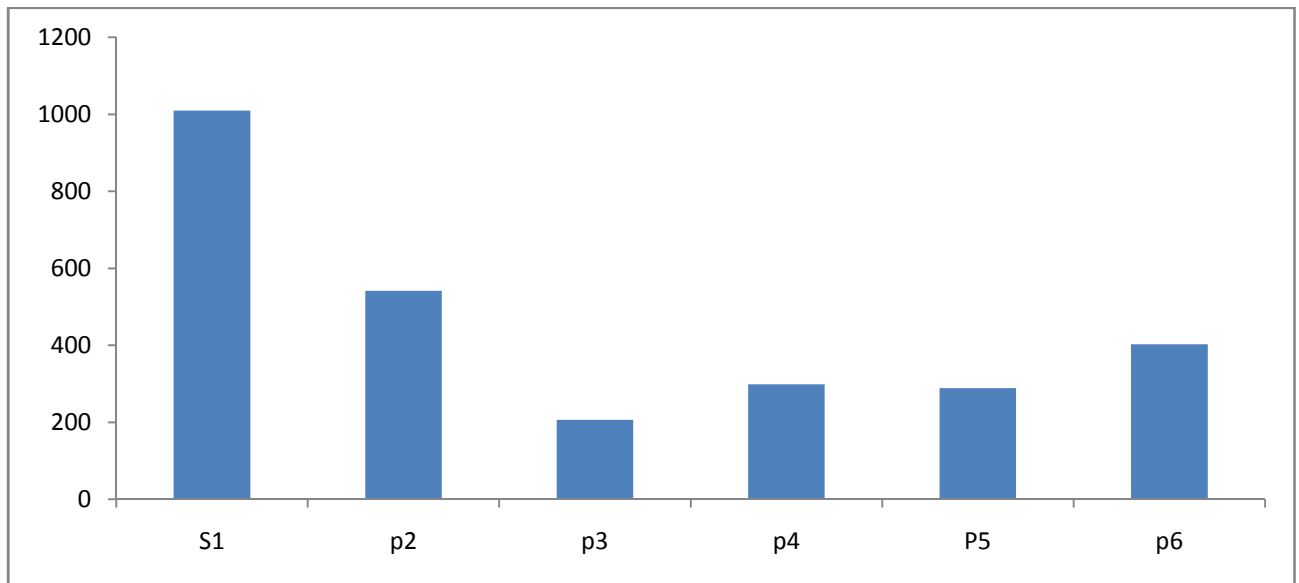


Figure N°44 : les variations de HCO_3^- des eaux (avril 2016).

La concentration en carbonate du forage P6 (figure 44) localisé à 06 Km de Sebkhah El Mahmel est élevée par rapport aux autres points d'eau (p4, p3) moins proches de Sebkhah.

L'origine de cette concentration élevée au niveau de ce point peut être de nature géologique.

B.5.Le brome (Br_2)

C'est un élément mineur, conservatif et mobile. Il peut renseigner sur l'origine du chlore et par conséquent l'origine de l'eau et sa minéralisation (**Vengosh et al., 1994**).

Il peut renseigner sur le mélange entre l'eau de mer vers la concentration de celle-ci sous la forme d'une saumure. (figure 45)

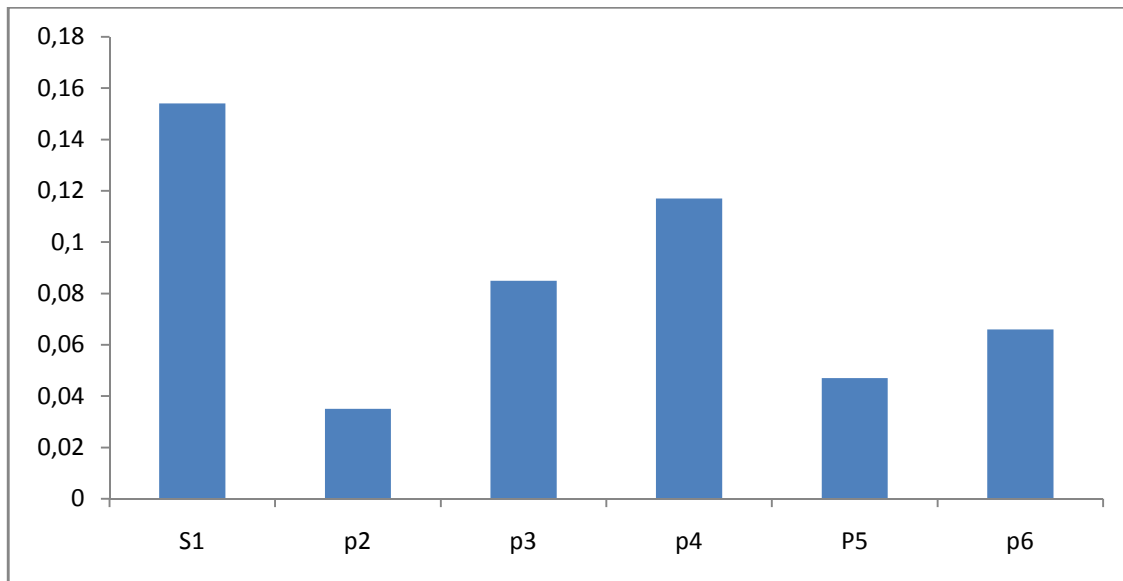


Figure N°45 : les variations de Br₂des eaux (avril 2016).

IV.2.3.Les indicateurs de la pollution organique :

IV.2.3.1.Les Nitrates (NO₃⁻):

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans les couches desol et par la décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse et/ ou naturels. Dans le domaine aquatique, l'azote existe sous forme moléculaire (N₂) ou ionisée : Nitrates (NO₃⁻), Nitrites (NO₂⁻) et ammonium (NH₄⁺) ainsi que sous forme organique dissoute ou particulaire (protéine, acides aminés, urée)

(Rodier, 2009)

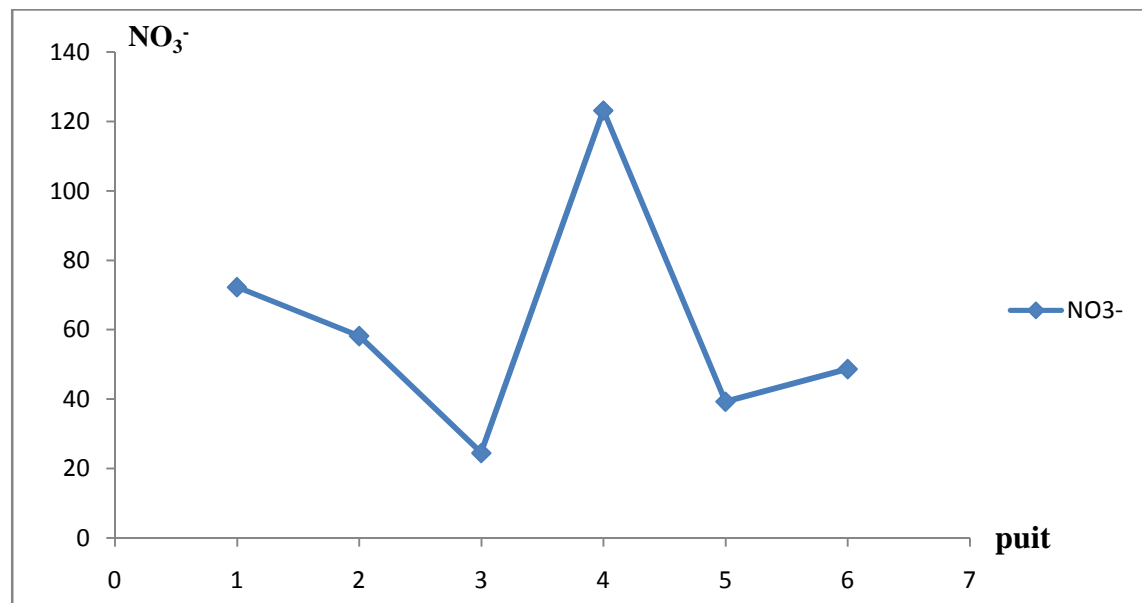


Figure N°46 : les variations de NO₃⁻ des eaux (Avril 2016).

Les nitrates, indicateurs de la pollution azotée, bien que faiblement représentées dans le chott S1 Les nitrates, enregistrés au niveau de point P4 et P6 a pour origine l'infiltration des produits des engrais des terres agricoles avoisinantes des zones de recharge vu que cet anions est très dynamique et ne s'adsorbe pas aux argiles du sol.

IV.2.3.2.Les Nitrite (NO₂⁻) :

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. . (Rodier, 2009).

À l'origine du cours d'eau, la teneur en nitrites est très souvent comprise entre 0,05 et 0,2 mg/l, puis elle s'élève progressivement jusqu'à quelques mg/L le long du parcours au fur et à mesure que croît la distance aux sources de pollution

La teneur naturelle des eaux souterraines en cet élément est également faible : elle dépend des types de sols, de la végétation qui les recouvrent ainsi que du taux d'oxygénation. (Figure N°47)

IV.2.3.3.L'ammonium NH₄⁺ :

C'est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets Urbains, soit par réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites.

Les concentrations observées sont dans l'ensemble inférieures à la norme de potabilité qui est de 0.25 mg/l pour les eaux souterraines.(Figure N°47)

IV.2.3.4.Phosphore (PO₄³⁻) :

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les ortho phosphates et les poly phosphates (Rodier et al, 2009) (Figure N°47)

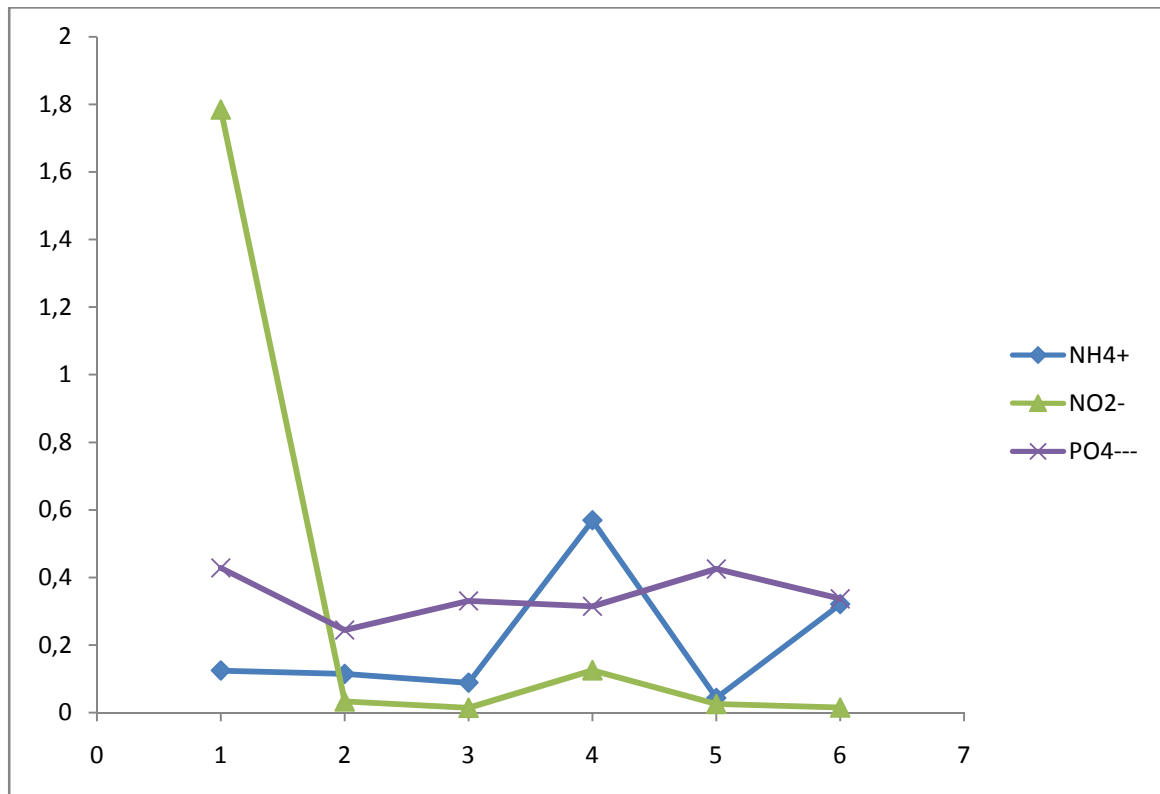


Figure N°47 : la concentration des trois formes d'azote (NH_4^+ , NO_2^- et PO_4^{3-}) des eaux.

La teneur en nitrites des eaux de la sebkha est très élevée à cause du processus intense de nitrification issu des rejets d'eaux usées urbaines des agglomérations avoisines.

IV.2.4.Détermination du faciès chimique:

IV.2.4.1.Digramme de Piper :

La répartition relative des ions majeurs dans les eaux naturelles (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) peut alors être projetée sur un digramme tri linéaire (**Piper,1994**).

Le diagramme de Piper utilise les éléments majeurs pour représenter les différents faciès des eaux naturelles. Il permet également de voir l'évolution d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents.

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles et un losange. Les deux triangles (un triangle portant les cations et un autre les anions) sont d'abord remplis puis ensuite le losange. Les valeurs utilisées sont exprimées en % ou en méq/l. Le diagramme de Piper est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses. L'avantage de ce diagramme est de faire apparaître les causes qui ont

dirigé une modification de la composition chimique des eaux ainsi que la comparaison globale d'un grand nombre d'analyses ponctuelles (Mahmoud, et Morri, 2009) (fige 48)

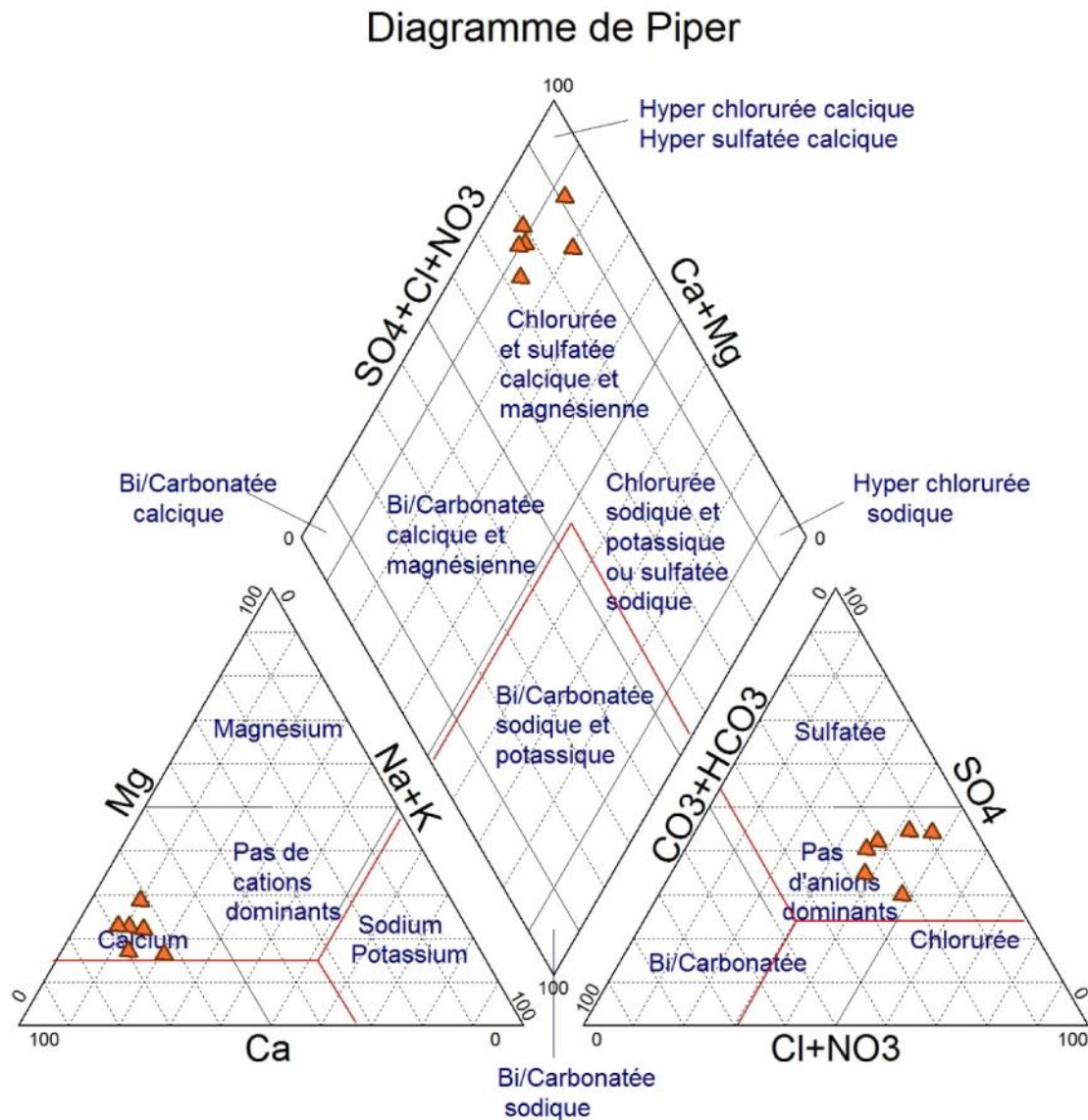


Figure N°48 : Diagramme de Piper et Représentation des faciès chimiques des eaux.

Le diagramme de Piper démontre clairement que les eaux de la sebkha et des puits de la zone étudiée ont un faciès chimique (Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne).

IV.4.2.Diagramme de BERKALOFF-SHOELLER :

Le diagramme de Schoeller permet entre autres de reconnaître simplement le faciès d'une eau souterraine, en utilisant les concentrations des éléments majeurs et en les reportant sur un graphique en colonnes à échelles logarithmiques.

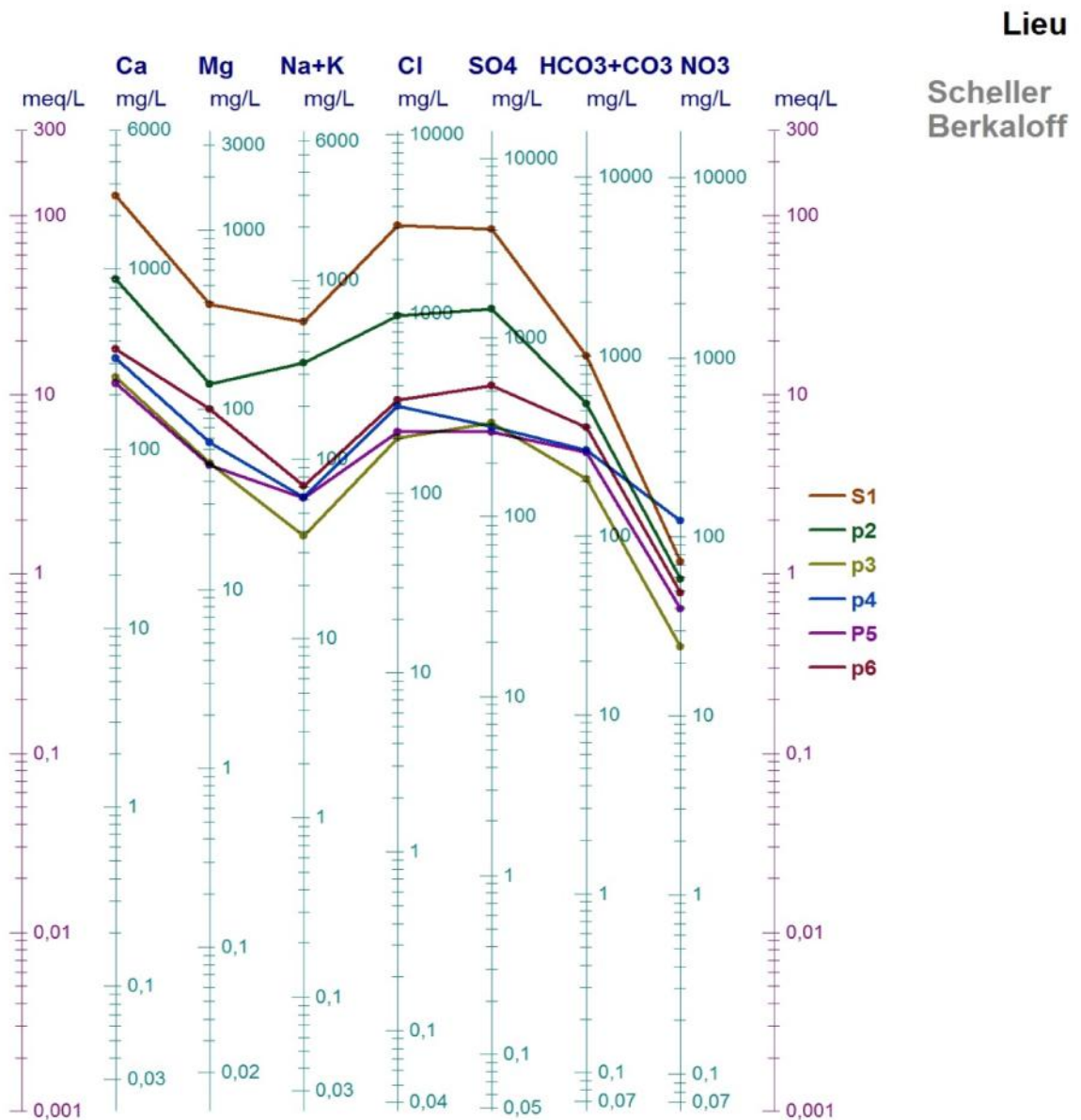


Figure N°49: Diagramme de Berkaloﬀ-Schoeller pour la nappe souterraine et les eaux de sebkha.

Le diagramme tracé pour les eaux souterraines confirme la dominance du faciès « Chlorure et sulfatée calcique et magnésienne », permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée aux ions SO_4^{2-} et $\text{Ca}^+.\text{Mg}^+$. Et pour la Sebkhass la teneur sodique qui est très élevée donne un faciès « chloruré sodique » à cette eau.

IV.2.5 Etude des rapports caractéristiques et origine de la salinité :

IV.2.5.1 La relation $\text{HCO}_3^-/(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ – conductivité électrique :

Nous constatons ici une diminution logarithmique du rapport en fonction de la conductivité, un pôle dominant a été observé (fige-50): le pôle évaporitique et affirme une dominance des ions Cl^- et SO_4^{2-} . Ce pôle apparaît clairement pour les fortes conductivités ($> 2000 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) et rassemble tout les points.

Ce graphe nous permet de dire que la conductivité dans notre zone d'étude est liée aux évaporites issus de lessivage et infiltration des sels de la Esbikha. Ces résultats peuvent être confirmés par d'autres prélèvements plus distants de la sebkha.

IV.2.5.2. La relation $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ – conductivité électrique :

Ce rapport nous permet de déterminer la manière selon laquelle évolue la dissolution des ions évaporitiques (Na^+ marqueur de l'halite et SO_4^{2-} marqueur du gypse) en fonction de la conductivité. Le report des points sur le graphique (fig.50) nous montre que la moitié des points présente un rapport supérieur à 1, indiquant une dominance des ions salifères par rapport à ceux des gypses. Une relation linéaire de ce rapport en fonction de la conductivité n'a pas pu être représentée pour la majorité des points.

Un seul point d'eau (p2) a manifesté un éloignement des autres puits et un rapprochement des eaux d'Esbikha indiquant que l'augmentation de la conductivité est liée seulement à la quantité des ions dissous dans l'eau dont l'origine est la dépression.

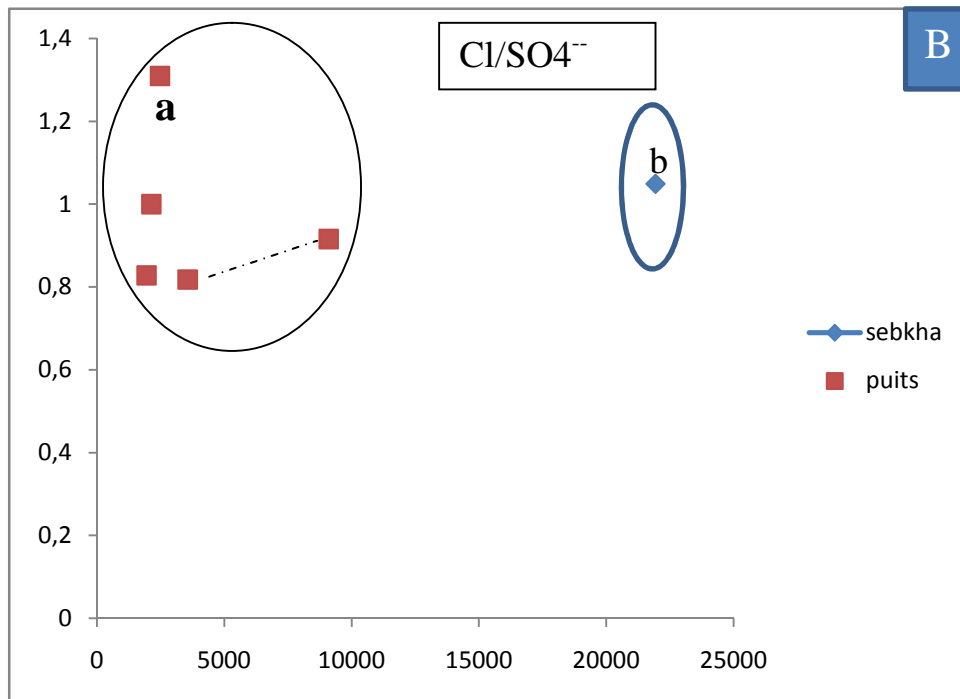
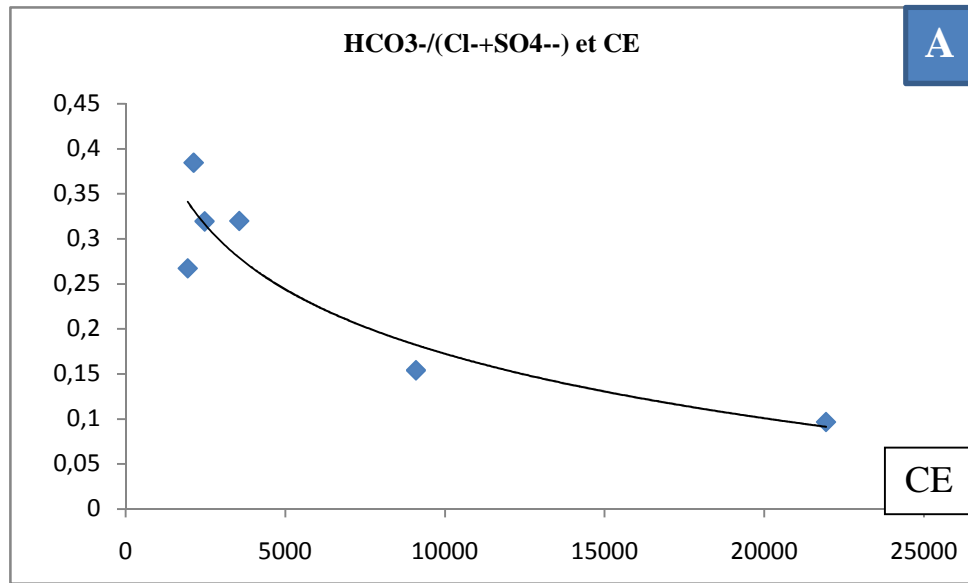


Figure.50 : L'origine de la salinité en fonction des rapports caractéristiques

Conclusion

L'étude hydro chimique des eaux de la région d'Esbikha (zone semi-aride) ,montre une forte salinité des eaux. Deux faciès dominants sont observés, l'un Chlorure et sulfaté calcique et magnésienne pour les eaux des puits et l'autre chloruré sodique caractérise les eaux de la sebkha. L'observation du contexte géologique du site et de la répartition spatiale des éléments chimiques montrent que la salinité est liée principalement à la dissolution des formations évaporitiques de la cuvette, et que la variation spatiale de la concentration des éléments chimiques est liée à l'effet de la distance par rapport à la sebkha.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Au terme de ce travail il en ressort que notre région choisie pour étude appartient à l'étage bioclimatique semi aride à précipitations annuelles de l'ordre de moyennes 501.53mm. la saison sèche s'étale sur plusieurs mois. La réserve facilement utilisable (RFU) n'est jamais remplie au courant de toute l'année. L'hydro chimique a fait objet d'étude détaillée d'un certains nombre de paramètres physico chimiques .

Au final, Les résultats d'analyses des eaux de la région d'Esbikha (zone semi-aride) nous démontre l'existence de deux faciès chimiques, pour les eaux des puits l'eau est Chlorure et sulfatée calcique et magnésienne, les eaux de Sebkhah sont chloruré sodique.

Une forte salinité de ces eaux qui est du principalement à la dissolution des formations évaporitiques de la cuvette., et que la variation spatiale de la concentration des éléments chimiques est liée à l'effet de la distance par rapport à la sebkha.

références bibliographique

ALLALI, (2004): *Ahmed 2004 Cartographie de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des zones humide de la Numidie.*

- **Appelo 1996, POSTMA, (1996):** *Geochemistry, Groundwater and pollution.* ed. Taylorand Francis **Group.649 p.**
- **Athamena, (2006)** : Étude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud Sétifien. Mémoire de Magister, Départ. Hydraulique, Univ. Batna, 130 p.
- **BAKALOWICZ, (1979)** : *Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance del'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doctorat Es.Sciences*
- **Bouchukh (2010), Comportement des genres Atriplexe et Spinacia soumises salin, Mémoire magister, Inst écologie , Constantine , p164.**
- **BAKALOWICZ, (1979)** : Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doctorat Es.Sciences.
- **Ballara , 2005** Impact de l' orientation sur le confort thermique intérieur dans l' habitation collective cas de la nouvelle ville Ali Mendjeil (Constantine) . Thèse de M.agistère . univer sité Mentouri **Constantine,206p**
- **Benlatreche , 2006** Effets thermo-radiatif et caractérisation microclimatique de cours intérieures dans les edifices publics. Thèse de magistère. Université Mentouri Constantine, **212p.**
- **CLAUDE.,(1905)** : *petit Larousse 1906 illustré de 1889*
- **CRETINON, (1994):** *Définition des principaux paramètres utilisés en hygrométrie, Bulletin du Bureau National de Métrologie, 25 (98), 3-6 (1994).*
- **DUSSART, (1966).** *Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed.,Paris.*
- **GAAGAI. , (2009)** : *Etude hydrologique et hydrochimique du Bassin versant du barrage de Babar sur Oued El Arabe région Est de l'Algérie. Mémoire Magister, université de Batna Faculté des sciences de l'Ingénieurs, Département d'Hydraulique. 130 p*
- **Hachicha 1994, Job.. et Mtimet. (1994):** les sols sales et la salinisation en Tunisie. Sols de Tunisie. N°15. **Pp. 270-324.**
- **Halimi, (1981):** L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, 623p.

Références bibliographique

- **Khabthane , 2010** Inventaire de l'avifaune de la zone humide de sebkha dans la région semi-aride de Khenchela, Séminaire. Université Kasdi Merbah Ouargla. **10p** .
- **Kloppmann , Bourhane , Schomburg (2011), salinisation des masses d'eaux en France ; du constat au diagnostic, rapport final , ONEMA, France, p38.**
- **Kumar C. P. (2005):** Contributions à l'étude hydrogéochimique du bassin versant de Kaluvelly, Sud-est de l'Inde. **DEA. Pp55.**
- **Mebarki,2005,** hydrologie des bassins de l'Eest algérien : Ressource en eau , aménagement et environnement ,Thèse de doctorat d'état , Université de Mentouri constantine .
- **Meroud, (2006):** Notions fondamentales d'irrigation. Cours . 48p.
- **Milnes Ellen, (2005):** Modelling groundwatre salinisation in irrigated coastal areas: from solute recyclinig concepts to quantitative risk assessment. PhD thesis faculty of sciences at the University of Neuchatel. 207 p.
- **Ramade , (2003),** Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale , Ed DUNOD, paris , p690.
- **Rodier, (2009) :** l'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, **Dunod ; 1526**

Annexes

Tableau de température (moyennes annuelle et moyenne mensuelle s).

	TEMPERATURE	JAN	Fév	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DéC
2005	T min/c°	-0,4	0,9	5,7	7,6	12	16,3	19,8	12,4	13,7	11,2	6,3	2,3
	T max /c°	8,8	7,8	15,9	18,9	27,6	30,1	36	33	22,9	23,2	16,3	9,9
	ETENDUE	9,2	6,9	10,2	11,3	15,6	13,8	16,2	20,6	9,2	12	10	7,6
2006	T min/c°	0,6	1,7	4,7	9,1	13,7	17,2	17,6	17,6	13,6	12,7	6,7	3,2
	T max /c°	7,9	11,1	17,6	22,6	26,4	31	33,4	32,2	27,1	25,3	17,2	11,1
	ETENDUE	7,3	9,4	12,9	13,5	12,7	13,8	15,8	14,6	13,5	12,6	10,5	7,9
2007	T min/c°	2,7	4,2	3,6	7,9	11,2	17,9	17,9	18,8	14,8	11,6	5	2,6
	T max /c°	13,8	13,5	13,3	17,7	24,3	32	34,6	33,8	28	21,9	15,1	10,6
	ETENDUE	11,1	9,3	9,7	9,8	13,1	14,1	16,7	15	13,2	10,3	10,1	8
2008	T min/c°	1,8	2	4,5	7,8	12,5	17,9	20,1	17,6	15,8	11,3	4,7	1,4
	T max /c°	12,6	14,2	15,8	21,6	24,8	29,5	35,9	19	27,5	21,3	13,6	10,2
	ETENDUE	10,8	12,2	11,3	13,8	12,3	11,6	15,8	1,4	11,7	10	8,9	8,8
2009	T min/c°	2,1	1,5	3,6	5	9,9	14	19,6	18,3	14,6	10	6,3	5,1
	T max /c°	10,2	10,2	14,7	15,4	23,7	31,4	36,6	33,6	25,3	20,9	18,7	15,4
	ETENDUE	8,1	8,7	11,1	10,4	13,8	17,4	17	15,3	10,7	10,9	12,4	10,3
2010	T min/c°	2,5	1,5	4,1	7,9	9,9	14,1	19,2	18,6	16,3	10	7	3,1
	T max /c°	13,1	10,4	14,4	20,5	22,8	28	34,4	34,4	30,5	20,6	16	11,8
	ETENDUE	10,6	8,9	10,3	12,6	12,9	13,9	15,2	15,8	14,2	10,6	9	8,7
2011	T min/c°	2,5	1,5	4,1	7,9	9,9	14,1	19,2	18,6	16,3	10	7	3,1
	T max /c°	13,1	10,4	14,4	20,5	22,8	28	34,4	34,4	30,5	20,6	16	11,8
	ETENDUE	10,6	8,9	10,3	12,6	12,9	13,9	15,2	15,8	14,2	10,6	9	8,7
2012	Tmin/c°	1,2	-1	4,1	7,7	11	17,7	19,8	20,4	15,4	12,6	7,7	2,2
	Tmax /c°	10,2	7,6	15,9	19,8	26,2	34,4	36,3	36,7	28,4	24,8	18,6	13,4
	ETENDUE	9	8,6	11,8	12,1	15,2	16,7	16,5	16,3	13	12,2	10,9	11,2
2013	Tmin/c°	2,6	1,1	6,3	8,2	10,5	13,3	18,5	17,3	16,1	2	5,6	2,1
	Tmax /c°	11,4	10,8	17,8	22	24,8	29,9	34,2	32,2	27,4	11,4	14,3	11,1
	ETENDUE	8,8	9,7	11,5	13,8	14,3	16,6	15,7	14,9	11,3	9,4	8,7	9
2014	Tmin/c°	2,6	3,2	3,7	7,1	10,6	15,4	18,7	19,5	17,7	12,8	8,1	2,8
	Tmax /c°	12,3	14,4	13	20,7	25,4	29,7	34,6	35,6	31,2	24,8	19	10,7
	ETENDUE	9,7	11,2	9,3	13,6	14,8	14,3	15,9	16,1	13,5	12	10,9	7,9
2015	Tmin/c°	1,4	1,2	4,3	7,7	12,2	14,5	18,2	18,8	16	11,5	6,3	2,5
	Tmax /c°	10,6	8,8	15	21,4	26,7	29,7	34,7	33,3	28,7	22,5	15,8	14,3
	ETENDUE	9,2	7,6	10,7	13,7	14,5	15,2	16,5	14,5	12,7	11	9,5	11,8
	moyenne												
	mensuelle	9,52	9,43	10,827	12,373	13,436	14,827	15,827	14,173	13,509	10,8	10,173	9,3
	MOY MIN	1,78	1,6181 8182	4,4272 7273	7,6272 7273	11,218 1818	15,672 7273	18,963 6364	17,990 9091	15,481 8182	10,51818 18	6,4272 7273	2,7636 3636
	MOY MAX	11,272 7273	10,836 3636	15,254 5455	20,1	25,045 4545	30,336 3636	35,009 0909	32,563 6364	27,954 5455	21,57272 73	16,418 1818	11,845 4545
	MOY	6,5263 6364	6,2272 7273	9,8409 0909	13,863 6364	18,131 8182	23,004 5455	26,986 3636	25,277 2727	21,718 1818	16,04545 45	11,422 7273	7,3045 4545
	AMPLITU DE	9,4927 2727	9,2181 8182	10,827 2727	12,472 7273	13,827 2727	14,663 6364	16,045 4545	14,572 7273	12,472 7273	11,05454 55	9,9909 0909	9,0818 1818

Annexes

Résultats de l' analyse de eau en mg/l

Puits		ca++	Mg++	Na+	K+	NH4+	SO4--	CL-	HCO3-	NO3-	NO2-	PO4---	TDS	COND	Ph	br2
S1	2	2589,08	386,21	527,8	65,3	0,125	4014,14	3108,21	1009,22	72,31	1,7842	0,428	11769	21933	7,251	0,154
p2	4	887,56	139,65	322,3	23,2	0,115	1443,61	976,31	541,28	58,23	0,0332	0,245	4385	9096	7,418	0,035
p3	3	251,34	50,51	31,5	5,8	0,089	332,56	203,33	206,32	24,52	0,0145	0,331	1098	1951	7,422	0,085
p4	1	322,23	66,32	55,2	6,5	0,569	318,22	307,66	298,45	123,17	0,1256	0,315	1501	2478	7,565	0,117
P5	5	234,11	49,11	53,3	7,9	0,044	295,55	218,19	288,29	39,33	0,0255	0,425	1179	2134	7,617	0,047
p6	6	360,23	101,02	58,6	13,1	0,321	544,21	328,61	402,08	48,72	0,015	0,337	1851	3565	7,235	0,066

Résultats de l' analyse de eau en méq /l

calcul en milliéquivalents																
noms	Ph	CE	TDS	Cl-	HCO3-	NO3-	SO4--	ca++	Mg++	Na+	K+	NH4+	NO2-	PO4---	Br2	
1	7,57	2478	1501	8,68	4,89	1,99	6,63	16,08	5,45	2,4	0,17	0,03153967	0,00273054	0,00995085	0,00146367	
2	7,25	21933	11769	87,65	16,54	1,17	83,57	129,2	31,76	22,95	1,67	0,00692875	0,03878851	0,01352052	0,00192654	
3	7,42	1951	1098	5,73	3,38	0,4	6,92	12,54	4,15	1,37	0,15	0,00493327	0,00031523	0,01045629	0,00106335	
4	7,42	9096	4385	27,53	8,87	0,94	30,06	44,29	11,48	14,01	0,59	0,00637445	0,00072177	0,00773955	0,00043785	
5	7,62	2134	1179	6,15	4,73	0,63	6,15	11,68	4,04	2,32	0,2	0,00243892	0,00055437	0,01342575	0,00058797	
6	7,24	3565	1851	9,27	6,59	0,79	11,33	17,98	8,31	2,55	0,34	0,01779303	0,0003261	0,01064583	0,00082566	

Annexes

Tableau des précipitations (moyennes annuelle et moyennes).

	se p	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	MOY ANUE L	
	42. 2	43.2	24.8	46.4	5	43	35.9	36.4	14.9	46.1	10.8	19.9	30.716 6667	30.716 6667
200 6	22. 2	36.6	11.8	76.2	88.7	43.1	10.5	46.7	148.7	11	41.1	47	48.633 3333	48.633 3333
200 7	12 2.4	16.8	13.4	49.1	8.1	17.4	103.1	76.7	30.4	38.1	12	20.7	42.35	42.35
200 8	93. 7	69.2	15.2	48.5	32.1	7.7	24.8	14.5	102.7	5.6	26.8	33.9	39.558 3333	39.558 3333
200 9	79. 7	17.9	3.6	23	145.3	17.8	74.9	149.6	53.4	6.7	20.7	29.7	51.858 3333	51.858 3333
201 0	70. 6	36.7	73.2	31.6	30.1	15	15.5	84	87.4	25.3	17	42.7	44.091 6667	44.091 6667
201 1	18. 1	64.9	13.2	42.3	26.9	86.2	98.8	46.3	128.5	57.6	28.1	15.4	52.191 6667	52.191 6667
201 2	73. 2	25.9	27.1	5	26.7	66.1	31.5	42.4	46.4	16.2	3.4	24.4	28.645 4545	32.358 3333
201 3	13 4.8	37.4	31.7	28.6	37.4	22.3	50	37.2	38.1	0.4	39.8	57.4	42.925	42.925
201 4	30	15.6	36.6	68.5	47.4	38	79.1	0.1	32.3	49	0	24	35.075	35.075
201 5	53. 1	55	39.7	0	39.8	83.7	87.4	1.7	18.2	36.1	30.5	35.7	40.075	40.075
MO Y ME NS	67. 27	38.109 0909	26.390 9091	38.109 0909	44.318 1818	40.027 2727	55.590 9091	48.690 9091	63.727 2727	26.581 8182	20.927 2727	31.890 9091	456.12 0455	41.465 4959

Annexes

Tableau d'Humidité (moyennes annuelle et moyennes mensuelles).

	JAN	FEV	MAR	AV R	MAI	JUI	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY ANN
2005	75.7	73.1	61.8	61.1	50.5	54.1	40.9	46.7	67	61	61.1	75.5	60.708 3333
2006	74.5	69.8	61.1	58	62.7	41.9	41.8	48.4	55.1	54.7	75.4	72	59.616 6667
2007	68.9	69.7	70.9	71.3	57.5	42.7	29.9	38.8	56.8	61.1	64.6	71.7	58.658 3333
2008	71	65	61.2	50.2	55.3	49.4	38	225.6	55.8	70.7	69.7	74.8	73.891 6667
2009	76.27	67.48	61	72.4	56	50	45.5	60.1	71.1	69.2	60.1	65.1	62.854 1667
2010	68.2	61.3	60	65.9	60.8	50.7	48	51.6	58.7	60.6	66.9	60.9	59.466 6667
2011	68.2	75.8	72.7	68.5	65.9	60.2	46.7	44.8	55.5	69.5	71.5	73.9	64.433 3333
2012	74.7	75.9	63.4	60.3	54	43.6	41.6	33.7	57.7	58.4	62.4	61.3	57.25
2013	63.1	63	58	55	56.5	42.8	42.9	47.2	56.1	53.7	66.1	57.5	55.158 3333
2014	67.1	63.8	72.5	54.8	54	48.6	288	43.9	50.4	52.1	58.4	78.2	77.65
2015	72.9	73.8	69.2	57.9	48.6	45.4	32.4	42.7	52.9	64.9	72.8	68.3	58.483 3333
MOY ME N	70.960 9091	68.970 9091	64.709 0909	61.4	56.527 2727	48.127 2727	63.245 4545	62.136 3636	56.836 3636	61.445 4545	66.272 7273	69.018 1818	

Annexes

Norms des paramètres physico-chimiques (OMS).

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
pH	-	6.5	8.3
Conductivité	µs/cm	-	2000
Calcium	mg/l	-	75
Magnésium	mg/l	-	50
Sodium	mg/l	-	150
Potassium	mg/l	-	12
Sulfate	mg/l	-	250
Chlorure	mg/l	-	50
Nitrate	mg/l	-	50
Nitrite	mg/l	-	0.1
Température	C-	-	25

Résumé

Résumé

Ce travail a pour objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de (la plaine d'El Mahmel) qui se situe à l'Est de la Wilaya de Khenchela et la détermination de l'origine de la minéralisation

Nous avons commencé le cadre physique de la région d'étude en incluant les contextes géographiques, géologiques, hydroclimatiques et hydrochimique de la zone semi-aride (plaine d'ElMahmel), qui est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par plusieurs puits.

Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 06 puits, sur lesquels des analyses physico-chimiques ont été effectuées dans le laboratoire d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila) et le Laboratoire de l'université d'Oum el Bouaghi.

L'évolution des éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine présentent deux faciès dominants : Chlorure et sulfate calcique et magnésienne pour les eaux des puits et l'autre chloruré sodique caractérise les eaux de la sebkha.

L'étude des sources indique que la salinité est liée principalement à la dissolution des formations évaporitiques de la cuvette, et que la variation spatiale de la concentration des éléments chimiques est liée à l'effet de la distance par rapport à la sebkha.

Mots Clés: Hydrochimique, El Mahmel, Semi aride, salinité, sebkha, les eaux

Souterraines

:

يهدف هذا العمل إلى نوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقة سهل محمل جنوب ولاية خنشلة لتحديد فيها.

الفيزيائي المستندات الجغرافية الجيولوجية قلميه

والهيدروكيميائية لسهل (منطقة شبه جافة) المياه الجوفية

والهدف من هذا الكيميائية للمياه الجوفية

صلاحياتها .

عينات نموذجية من 06 عميقة وبعدها قمنا لتحاليل الفيزيائية

والكيميائية ومخبر عين مليلة لنبيين

الكيميائية و مصدر الملوحة.

ان مياه سهل يتم تصنيفها ت وكلسيوم المغنيزيوم وهذا يبين

انه يوجد علاقة بين المياه الجوفية .

هذا المنبع يبين وتراكيز

الكيميائية.

المفتاحية: الهيد وكيميائية، شبه جافة المياه الجوفية

- **Thati rahima**
- **Reghis ahlem**

**Date de soutenance :
31/05/2016**

Master : PDESP

Résumé

Ce travail a pour objectif l'évaluation de la qualité physico chimique des eaux souterraines de (la plaine d'El Mahmel) qui se situe à l'E st de la Wilaya de Khenchela et la détermination de l'origine de la minéralisation

nous avons commencé le cadre physique de la région d'étude en incluant les contextes géographiques, géologiques, hydro climatiques et hydro chimique de la zone semi-aride (plaine d'El Mahmel), qui est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par plusieurs puits.

Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 06 puits, sur les quelles des analyses physico-chimiques ont été effectuées dans le laboratoire d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila) et le Laboratoire de l'université d'Oum el Bouaghi.

L'évolution des éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine présentent deux faciès dominants : Chlorure et sulfatée calcique et magnésienne pour les eaux des puits et l'autre chloruré sodique caractérise les eaux de la sebkha.

L'étude des sources indique que la salinité est liée principalement à la dissolution des formations évaporitiques de la cuvette, et que la variation spatiale de la concentration des éléments chimiques est liée à l'effet de la distance par rapport à la sebkha

Mots clés : Hydrochimique, El Mahmel, Semi aride, salinité, sebkha, les eaux Souterraines

DEVANT LE JURY :

Président : ADDAD .D **Université de khenchela**

Examineur: CHELLIH .F **Université de khenchela**

Encadreur : DIB.D **Université de khenchela**

