



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté Des Sciences Exacte Et Sciences De La Nature Et De La Vie  
Sciences Agronomiques

# MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie  
Sciences Agronomiques  
**Hydropédologie**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**LAIB Meriem**

Le : mardi 28 juin 2022

## **Contribution à l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation à partir des forages dans la région de Biskra (cas d'Ain Naga)**

---

### **Jury :**

<b>Mme. MEBREK Naima</b>	<b>MCB</b>	Université de Biskra	Président de jury
<b>M. BENSMACHINE Boubakeur</b>	<b>MAA</b>	Université de Biskra	Promoteur
<b>Mme. KASSAI Abla</b>	<b>MCB</b>	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 /2022

## **Engagement de non plagiat**

Je soussigné, Nom et prénom **LAIB MERIEM**

N° carte d'étudiant : **05056016458**

Déclare avoir pris connaissance de la charte des examens et notamment du paragraphe spécifique au plagiat. Je suis pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie de document publiés sous quelque forme que ce soit (ouvrages, publications, rapports d'étudiant, internet ; etc.) constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour produire et écrire ce document.

Fait le 11 juillet 2022.

Signature

Ce document doit être inséré en première page de tous les rapports, dossiers et/ou mémoires.  
Document du chapitre 10 annexe 5, issu de la Charte des examens adoptée en Conseil  
d'Administration le 11 juillet 2013 après avis du CEVU du 27 juin 2013 - Délibération N°2013-  
73



*C'est avec une immense joie et un grand honneur, joignant toute la chaleur de mon cœur  
que je dédie ce modeste travail :*

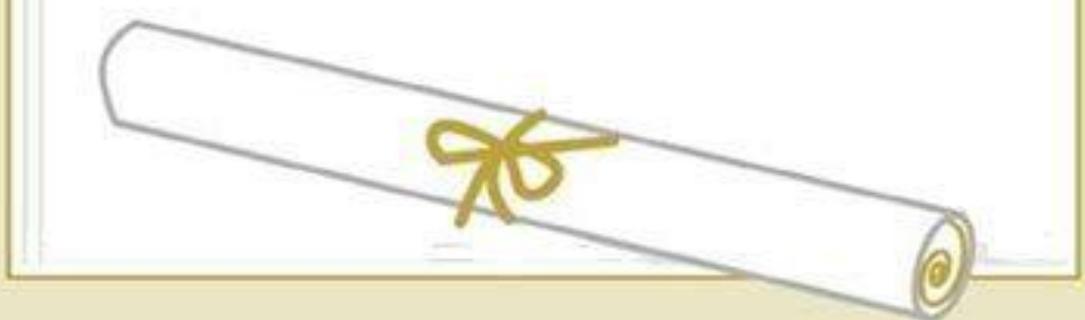
*A mon père, que Dieu lui fasse miséricorde  
, pour leurs sacrifices qui m'ont tout donné : leur  
amour, encouragement, soutien, aide, durant toutes mes  
études.*

*A ma mère pour leur encouragement durant toutes ma  
vie avec son amour que Dieu la garde*

*À mes frères : Mahmoud, Ismail, Mohamed, Raouf, Abdelkarim, Khaier Elddine et Khaled  
À mes sœurs : Amel et ses enfants Yahia, Yakoub, Rahma et Adem, Aziza et son  
enfant Abdeallali et Kenza*

*À mes sœurs aussi Sihem et ses enfants Ranim, asma, AbdelRahim  
et Youcef*

*A ma sœur Hayette et ses filles  
AlleNourssine et Dania*



# *Remerciement*

*Je tien d'abords à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant  
de m'avoir guidé durant toutes ces années  
tm'apermis deréaliser cetravail en medonnant la force, la  
patience et la volonté. Au terme de ce  
mémoire nous tenant à remercier vivement et profondément notre promot  
eur **M<sup>er</sup>***

***BENSMAIN Boubakeur** pour leur aide, disponibilité, encouragement  
outa long de différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent à la présidente du  
jury **Mme MEBREK Naima** ainsi que **Mme KASSAI  
Abla** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions l'ensemble des Enseignants du dépa  
rtement des*

*Sciences Agronomiques de l'Université de Biskra qui ont contribué à notre  
formation.*

*Ainsi  
que tout le personnel du laboratoire d'agronomie et  
toute l'équipe de L'Etablissement publique de  
L'ADE de Skikda.*

*A tous qui m'ont aidé de près ou de loin pour  
finaliser ce travail*

*Merci*



## Sommaire

Dédicace

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des images

Introduction ..... 2

Partie 01:Généralités sur la qualité d'eau d'irrigation et leurs classifications

Chapitre I:Généralité sur la qualité d'eau

I-1-Qualité d'eau d'irrigation ..... 04

I-2-Les paramètres de qualité de l'eau ..... 04

I-2-1- paramètres physico-chimiques ..... 04

I-2-1-1-Température..... 04

I-2-1-2-pH..... 05

I-2-1-3-Conductivité électrique CE..... 05

I-2-1-4-Dureté ou titre hydrométrique..... 05

I-2-1-5-Salinité..... 05

I-2-1-6-Résidus secs R.S ..... 06

I-2-1-7-Alcalinité ..... 06

I-2-1-8-Ion calcium  $Ca^{2+}$  ..... 06

I-2-1-9-Ion magnésium  $Mg^{2+}$  ..... 06

I-2-1-10-Ion ammonium  $NH_4^+$  ..... 06

I-2-1-11-Chlorures  $Cl^-$  ..... 06

I-2-1-12-Nitrates  $NO_3^-$  et nitrites  $NO_2^-$  ..... 06

I-2-1-13-Sulfates  $SO_4^{2-}$  ..... 07

I-2-2-Paramètres indicateurs de la pollution..... 07

I-2-2-1-Matières en suspension ..... 07

I-2-2-2-Demande biologique en oxygène DBO ..... 07

I-2-2-3-Demande chimique en oxygène DCO ..... 07

I-2-2-4-Paramètres des substances indésirables ..... 7

I-3-La qualité de l'eau d'irrigation..... 07

I-4- Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation..... 07

I-5-Problèmes liées à la qualité

d'eau..... 08

I-5-1-La salinitédes solssousirrigation ..... 09

I-5-2-Toxicité..... 10

I-5-3-Laperméabilité .....	11
Chapitre II:Classification des eaux d'irrigation	
II- Classification des eaux d'irrigation .....	12
II-1-La classification de l'U.S.S.L .....	12
II-1-Teneur en sel .....	12
II-2-ClassificationdeChristiansen(1977) .....	13
II-3-Laclassificationd'AyersetWestcot(1985) .....	14
II-4-Classificationparle Diagrammedefacièschimiquedeseaux.....	14
II-4-1-Diagrammede piper .....	14
II-4-2-Diagrammede SchoellerBerkaloff.....	15
Partie 02: Présentation du milieu physique	
Chapitre I: Présentation de la zone de Biskra	
I-1-Présentationdelarégiond'étude.....	17
I-1-1-Situation géographique.....	17
I-1-2-Facteursécologiques .....	17
I-1-2-1-Lesfacteursabiotiques .....	17
I-1-2-2-Pédologie .....	18
I-1-2-3-Reliefs .....	19
I-1-2-4-Leclimat.....	19
Lesprécipitations .....	19
Lestempératures .....	19
L'humiditérelative.....	19
Lesvents.....	20
Synthèseclimatique .....	20
Diagrammepluviothermique deBagnoulsetGaussen .....	20
Climagrammepluviométriqued'Emberger.....	21
I-2-Description de l'exploitation d'étude .....	22
Partie 03: Etude expérimentale	
Chapitre I- Matériels et méthodes	
I-1-L'objectif de l'étude.....	26
I-2-Technique d'échantillonnage des eaux .....	26
I-3-Présentation des parcelles .....	26
I-4-Méthodes d'analyse des eaux au laboratoire.....	28
I-4-1- Paramètres d'analyse de l'eau.....	28
I-5- Calendrier de la démarche de travail .....	29
I-6-Mode opératoire .....	29
Température.....	29
Le PH.....	29
CE .....	29
TAC : Le Titre Alcalimétrique Complete.....	29
Les Chlorures (Cl).....	30

Calcium.....	31
Sulfates( $SO_4^-$ ) .....	32
Nitrate( $NO_3^-$ ).....	33
Dosagedesionsnitrites( $NO_2^-$ ).....	33
LeMagnésium( $Mg^{++}$ ).....	34
Dosagedusodiumetdupotassium.....	34
Lescarbonatesetlesbicarbonates .....	34
La turbidité .....	35
Chapitre II: Résultats et interprétations	
II-1-Résultats des analyses des eaux.....	
La Température.....	38
Le PH .....	38
La Conductivité électrique CE.....	39
Les Chlorures.....	40
Les Sulfates .....	40
Les nitrates .....	41
Les bicarbonates .....	41
Le Calcium .....	42
Le magnésium.....	42
Le Sodium .....	43
Le TAC.....	43
Turbidité (NTU).....	44
Le SAR.....	44
Evaluation des eaux d'irrigation.....	45
Classification selon Piper.....	46
Classification selon Wilcox .....	47
Classification selon Richards .....	48
Conclusion.....	48

## Liste des abréviations :

**AgNO<sub>3</sub>**: Nitrate d'Argent

**Cl<sup>-</sup>**: Chlorure

**CE** : Conductivité électrique

**DSA**: Direction des Services Agricoles

**DCO**: Demande chimique en oxygène

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours

**EDTA** : Ethylène Diamine Tetraacetic Acide

**ETP**:

Evapotranspiration

potentielle **ETR**:

Evapotranspiration

réelle

**FAO** : Organisation d'alimentation et de l'agriculture

**F**: Forage

**H**: Humidité relative

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Bicarbonate **H%**: Taux d'humidité

**Ha**: Hectare

**HT**: Dureté totale

**KMnO<sub>4</sub>**: Permanganate de Potassium

**K<sup>+</sup>**: Potassium

**MES**: Matière en suspension

**Mg<sup>++</sup>**: Magnésium

**MDT**: Matières dissoutes totales

**mS**: MilliSiemens

**MDT**: Matière Dissoute Totale

**µmhos/cm**: Micromohs par centimètre

**meq/l**: milliequivalent par litre

**mmhos/cm**: milli-mohs par centimètre

2 **NO<sup>-</sup>**: Nitrite

3 **NO<sup>-</sup>**: Nitrate

**Na<sup>+</sup>**: Sodium

**PP**: Poids Plein de la capsule

**PV**: Poids à Vide de la capsule

**P**: Précipitation (mm)

**PH**: Potentiel hydrogène

**Q**: quotient pluviométrique

**RFU**: Réserve Facilement Utilisable

**Rs**: Résidus secs

4 **So<sup>-2</sup>**: Sulfate

**SAR** : Taux de sodium en solution

**SAU** : Surface Agricole Utile

**TA**: Titre alcalimétrique

**TAC** : Titre alcalimétrique complet

**T**: Température (°C)

**T moy**: Température moyenne

**Tu**: Turbidité

**Vm**: Vitesse moyenne de vent

---

## Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
01	Classement des eaux en fonction de leur conductivité électrique	05
02	Les normes de qualité de eaux destinées à l'irrigation	09
03	la conductivité électrique	12
04	la teneur en sodium (SAR)	10
05	Classification de Christiansen (1977)	14
06	Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation	14
10	Profondeur des forages analysés	26
11	paramètres analysés d'eaux des forages destinées à l'irrigation	36

## Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Mécanismesnaturelledesalinisationdeseauxdesurfaceetsouterrains	10
02	Diagramme de classification des eaux d'irrigation (D'apresunitedstatetessalinitylaboratory,U.S.S.L'établie1954)	13
03	Diagramme depiper	15
04	Diagrammede SchoellerBerkaloff	16
05	Situation géographique delawilayadeBiskra (FARHI,2014).	17
06	Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Biskradurantlapériode2007-2017.	21
07	Climagrammed'EmbergerdelarégiondeBiskrapour lapériode2007-2017.	22
08	Localisation de la commune de M'ziraa	23
09	Structure de la superficie par type de culture dans la région de M'ziraa en(2017/2018)	24
10	Structure de la production par type de culture dans la région de M'ziraaen(2017-2018)	24
11	La variation des températures des différents forages analysés	38
12	La variation des PH des différents forages analysés	38
13	La variation de la conductivité électrique des différents forages analysés	39
14	La variation de Chlore de différents forages analysés	40
15	La variation de sulfates de différents forages analysés	40
16	La variation du NO <sub>3</sub> de différents forages analysés	41
17	La variation de bicarbonates de différents forages analysés	41

18	La variation du calcium de différents forages analysés	42
19	La variation de magnésium de différents forages analysés	42
20	La variation de Sodium de différents forages analysés	43
21	La variation de TAC de différents forages analysés	43
22	La variation de la turbidité des différents forages analysés	44
23	La variation du SAR de différents forages analysés	44
24	Classification des eaux des forages analysées selon Piper.	45
25	Classification des eaux des forages analysées selon Wilcox	46
26	Classification des eaux des forages analysées selon Richards	47

#### Liste des images

01	Bassin d'accumulation de l'eau refoulé d'après un forage n 08.	26
02	plantation du melon d'une exploitation privé	27
03	plantation oléicole d'une exploitation privé	27
04	SL 1000 portable parrallelanalyser (PPA) from Hach	29
05	Dosage du TAC	30
06	Dosage du Chlore	31
07	Dosage du Calsium	32
08	un turbidimètre	35

# **Introduction**

## **Introduction**

L'eau est l'une des ressources la plus abondante sur la Terre, mais il faut signaler également que seulement moins de 1% de cette ressource sont utilisables de façon fiable pour les besoins humains. L'eau se présente en majeure partie à l'état liquide mais elle est présente aussi à l'état solide et à l'état de vapeur. Donc l'eau douce disponible est une forme rare de l'eau, car (99 %) de la masse totale de l'eau est soit salée (97%) de l'eau est contenue dans les océans, soit à l'état solide (2%) dans les calottes glaciaires et les glaciers). La majeure partie de l'eau restante (1%) est souterraine, une proportion infime étant présente dans les lacs, l'humidité du sol, les cours d'eau et les systèmes biologiques. Malgré cette rareté de l'eau, l'être humain n'a pas encore compris ni reconnu que les disponibilités en eau sont finies. Tout le monde est pourtant d'accord pour reconnaître que la rareté croissante de l'eau douce et le mauvais usage que l'on en fait menace gravement le développement durable.[1]

Le principal critère pour l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation est la concentration totale en sels solubles, car la réponse de la majorité des plantes à la salinité est évaluée par la salinité globale plutôt que par l'action spécifique de chaque ion.

Néanmoins, pour toutes les classifications, les paramètres chimiques à prendre en considération pour voir si une eau est de qualité acceptable sont: La conductivité électrique qui traduit la concentration totale des sels solubles dans l'eau d'irrigation, la sodicité (SAR) qui traduit la proportion du sodium adsorbé sur le

complexe argilo-humique par rapport au calcium et au magnésium, les carbonates, les bicarbonates ainsi que les éléments toxiques. [2]

Les techniques d'irrigation modernes, adoptées chaque année par nouveaux agriculteurs, sont utilisées sur plus de 65 000 ha des 108 000 ha de la surface agricole exploitée de la wilaya de Biskra. [3]

Vue la superficie irriguées et l'importance de la qualité des eaux d'irrigation, La filière oléicole se développe davantage dans la wilaya de Biskra et constitue aujourd'hui un générateur de valeur ajoutée pour l'agriculture au regard de l'extension des superficies, L'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation, mais cette technique qui modifie considérablement la géochimie du sol, peut être dangereuse. En effet, les eaux d'irrigation sont plus souvent chargées de sels qui peuvent engendrer de la salinité de sol. Cette étude fait l'objet majeur d'une évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux destinées à l'irrigation ou d'une autre manière quelles sont les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines destinées à l'irrigation dans la région de Biskra et plus précisément dans la commune de Sidi Salah?

### ➤ **Objectif**

Cette étude donne un aperçu général sur la qualité d'eaux souterraines destinées à l'irrigation dans la zone de Biskra, cas de la localité de Sidi Salah commune d'Ain Naga à travers une série d'analyses des propriétés physico-chimiques dont le but d'une évaluation de leurs caractéristiques et les comparer avec les énormes de qualité des eaux d'irrigation selon la FAO.

Cette étude englobe 3 grandes parties :

- ✓ Partie I : cette partie est structurée en deux chapitres introductifs, le premier donne une idée générale sur la qualité d'eau d'irrigation et le second explique les différentes classifications de qualité de l'eau d'irrigation.
- ✓ Partie II : cette partie présente le milieu physique de la wilaya de Biskra et donne une particularité de l'agriculture dans la commune d'Ain Naga.
- ✓ Partie III: cette partie est articulée en deux chapitres, le premier chapitre est consacré aux méthodes et matériels utilisés. le second chapitre traite et affiche l'interprétation des résultats obtenus.

Le présent travail est achevé par une conclusion générale.

*Chapitre I*  
*Généralités sur la qualité*  
*de l'eau*

### **I-1-Qualité d'eau d'irrigation**

L'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation n'est pas une fin en soi, elle est très spécifique aux conditions pédoclimatiques et aux pratiques d'irrigation de la zone. C'est pourquoi il existe plusieurs classifications dans le monde.

Le système aquifère saharien comprend la superposition de deux principales couches aquifères profondes : la formation du Continental Intercalaire (CI) qui englobe l'Albien, le Barrémien et le Néocomien est considérée comme la plus importante réserve d'eau souterraine dans le Sahara Algérien et celle du Complexe Terminal, (CT). Ce système recouvre une étendue de plus de 1 million de km<sup>2</sup> dont 700 000 se trouvent en Algérie, près de 80 000 en Tunisie et 250 000 en Lybie (OSS, 2005). Leurs qualités diffèrent. Les nappes de l'Albien contiennent de 2 à 5 g/l de sels et jaillissent à des températures comprises entre 25°C et 60°C.[5]

L'eau d'irrigation peut avoir des propriétés qui risquent de modifier le sol et les cultures. Toutes les eaux naturelles contiennent des sels minéraux en solution. C'est la concentration et la proportion de ces sels qui déterminent les possibilités d'utilisation de ces eaux. Les principaux constituants dissous des eaux d'irrigation sont les cations Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> et les anions Cl<sup>-</sup>, SO<sup>--</sup>, HCO<sup>-</sup>. avec d'autres éléments mineurs. La qualité des eaux est donc fonction de la quantité totale des sels dissous et la nature de ces sels.[7]

### **I-2-Les paramètres de qualité de l'eau**

#### **I-2-1- paramètres physico-chimiques**

##### **I-2-1-1-Température**

La température de l'eau doit être inférieure à la température de l'air en été et supérieure en hiver. [8]. La température est un facteur aggravant sur le plan physico- chimique en accélérant les cinétiques de réaction. [9]

##### **I-2-1-2-pH**

Le pH de l'eau influence l'équilibre physico-chimique, surtout l'équilibre calco-carbonique et par conséquent l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est alcalin dans les eaux carbonatées et acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitiques. De ce fait le pH est corrigé selon les cas par élimination du CO<sub>2</sub> dissous en excès ou par correction de la dureté carbonatée.[4]

### **I-2-1-3-Conductivité électrique CE**

C'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre 2 électrodes métalliques de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm.[10]

**Tableau 01:** Classement des eaux en fonction de leur conductivité électrique.[11]

Classe d'eau	Conductivité électrique $\mu\text{S/cm}$
<b>Eau excellente</b>	<b>50-400</b>
<b>Eau bonne</b>	<b>400-750</b>
<b>Eau moyenne</b>	<b>750-1500</b>
<b>Eau à minéralisation élevée</b>	<b>&gt;1500</b>

OMS.1984

### **I-2-1-4-Dureté ou titre hydrométrique**

La dureté totale d'une eau est le produit de la présence des sels dissouts de calcium et de magnésium qu'elle contient, on distingue deux types de duretés: une dureté dite carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres type de sels.

La dureté se mesure par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de Ca dans 1 litre d'eau. Des valeurs faibles correspondent à des eaux douces, dont le TH est compris entre 5 et 20 °F. Les eaux dures ont un titre compris entre 20 et 35 °F.

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations et des appareils de chauffage, et sur le lavage du linge. [4]

### **I-2-1-5-Salinité**

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca<sup>2+</sup>), de magnésium (Mg<sup>2+</sup>), de sodium (Na<sup>+</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) et les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm). L'ancien nom de cette unité est le mho. Un mmho/cm est l'équivalent de 1 mS/cm qui est l'équivalent de 1 desiemens par mètre (dS/m) et en moyenne, à 640 ppm de sel.

### **I-2-1-6-Résidus secs R.S**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles.[10]Le résidu sec représente la « minéralité » (plus le résidu est élevé et plus l'eau contient de minéraux). Il donne une indication du degré de minéralisation de l'eau. [40]

### **I-2-1-7-Alcalinité**

L'augmentation de la teneur du sodium soluble dans l'eau d'irrigation entraîne une augmentation de la teneur en sodium échangeable. Un taux élevé de sodium échangeable ESP peut se traduire par une dispersion des particules des argiles et une dégradation de la structure et par conséquent une diminution importante de la perméabilité.[7]

### **I-2-1-8-Ion calcium $\text{Ca}^{2+}$**

La teneur en calcium varie selon la nature de terrains traversés et l'eau d'irrigation de bonne qualité renferme de 20 à 400 mg/L de calcium.[10]

### **I-2-1-9-Ion magnésium $\text{Mg}^{2+}$**

Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (FRANK et KEMMER, 1984).il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides le  $\text{Mg}^{2+}$  est mobile dans la plante et peut être transféré à partir des tissus âgés vers les jeunes tissus en cas d'une déficience.[12]

### **I-2-1-10-Ion ammonium $\text{NH}_4^+$**

C'est un cation qui provient de la dissolution de l'ammoniac ( $\text{NH}_3^+$ ) dans l'eau. [13]

Selon JEAN(2002), Il doit être éliminé dans les eaux car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.[14]

### **I-2-1-11-Chlorures $\text{Cl}^-$**

Elles participent à la conductibilité électrique de l'eau ; la concentration maximale admissible de chlorures. Pour l'eau destinée à l'irrigation les chlorures sont de 1065mg/l.[15]

Les feuilles des plantes sensibles (céréales et plantes ligneuses) sont brûlées lorsqu'on utilise des buses d'aspersion pour l'irrigation.[11]

### **I-2-1-12-Nitrates $\text{NO}_3^-$ et nitrites $\text{NO}_2^-$**

Les nitrates et les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).[16]

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable.[17]

### **I-2-1-13-Sulfates $SO_4^{2-}$**

Les sulfates qui se dissolvent dans l'eau proviennent de certains minéraux et particulièrement du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux.[18]

## **I-2-2-Paramètres indicateurs de la pollution**

### **I-2-2-1-Matières en suspension**

C'est l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Les MES comportent souvent des particules de nature argilo-humique provenant de l'érosion des sols et d'autres constituants d'origine biologique. Elles représentent une cause essentielle de la turbidité de l'eau. [19]

### **I-2-2-2-Demande biologique en oxygène DBO**

C'est la quantité d'oxygène exigée par les microorganismes pour dégrader la matière organique présente dans l'eau.

### **I-2-2-3-Demande chimique en oxygène DCO**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie des composés et les sels minéraux oxydables.[20]

### **I-2-2-4-Paramètres des substances indésirables Parmi ces paramètres:**

#### **Azote et phosphore**

Les sources ponctuelles de pollutions provenant des affluents industriels, agricoles et domestiques affectant de nombreuses eaux de surface et libèrent souvent à la fois des nitrates et du phosphore.[20]

#### **Sodium**

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques-unes.[21]

## **I-3-La qualité de l'eau d'irrigation**

La qualité chimique naturelle des eaux dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent l'eau, ainsi que des conditions physico-chimiques caractéristiques du milieu, et parfois d'activités humaines (agricole, industrielle).

La qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais également par son usage; ainsi, une eau impropre à la consommation peut être adaptée à l'irrigation ou à la pisciculture.[22]

Les cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation sont:

1. **Salinité**: contenu total en sels solubles.
2. **Sodium**: proportion relative des cations sodium (Na+) par rapport aux autres.
3. **Alcalinité et dureté**: concentration d'anions carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en relation avec la concentration en calcium (Ca<sup>2+</sup>) et en magnésium (Mg<sup>2+</sup>)
4. **Concentration en éléments qui peuvent être toxiques**
5. **pH** de l'eau d'irrigation.[23]

#### **I-4- Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation**

Une eau conforme à l'irrigation est celle dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes suivant :

**Tableau02:** Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

	Sévérités		
	Aucune	Légère	Elevée
<b>Conductivité(ms/cm)</b>	<0.75	0.75-3.0	>3
<b>Matières dissoutes totale (mg/litre)</b>	<700	700-2000	>2000
<b>SAR(sodium absorption ratio)</b>	<3	3-9	>9
<b>Alcalinité ou dureté (équivalent en CaCO<sub>3</sub>)</b>	80-120	/	>200
<b>pH (risque de colmatage)</b>	<7	7-8	>8
<b>Femg/l (risque de colmatage)</b>	<0.2	0.2-1.5	>1.5

Source: [24]

**Tableau 02 : Norme de qualité d'eau d'irrigation selon la FAO. [39]**

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
Total des sels dissous	TDS	mg/l	2000
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	400
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	60,75
Sodium	Na <sup>+</sup>	mg/l	920
Carbonates	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mg/l	3
Bicarbonates	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	610
Chlore	Cl	mg/l	1065
Sulfates	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	960
Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	10
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	5
Phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	2
Potassium	K	mg/l	2
Acidité	pH	-	6 – 8,5
Coefficient d'absorption du sodium	SAR	-	15
Bor	B	mg/l	2

### **I-5-Problèmes lié à la qualité des eaux d'irrigation**

#### **I-5-1-La salinité des sols suite aux irrigations**

L'irrigation est également un facteur majeur de la salinisation des sols, et en conséquence des nappes dans les climats arides et semi-aride, d'autres activités produisent des flux riches en chlorures (eaux usées, exhaustes, miniers, drainage des routes soumises au salage hivernal...etc.[25])

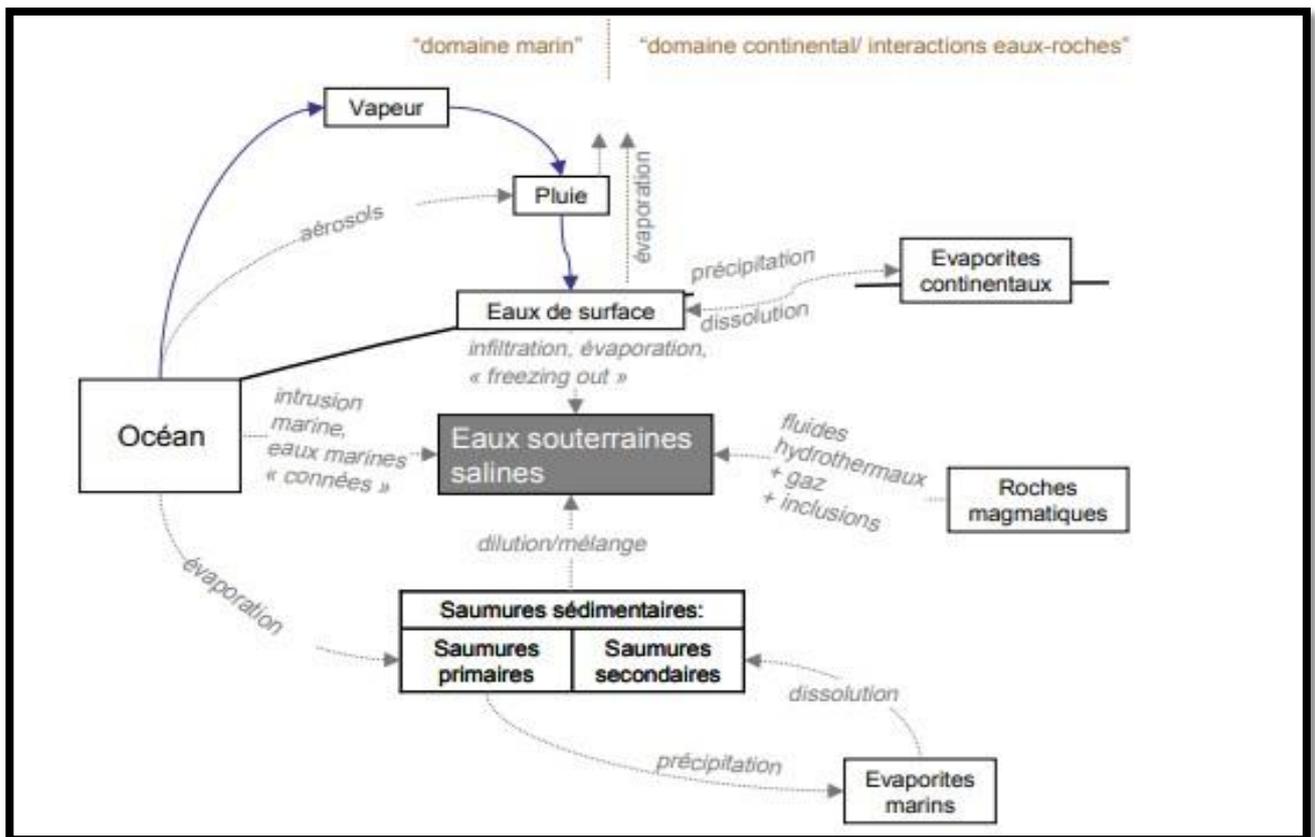
Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca<sup>2+</sup>), de Magnésium (Mg<sup>2+</sup>), de sodium (Na<sup>+</sup>), de potassium (K<sup>+</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante.

La salinité d'une eau d'irrigation peut se mesurer de deux façons, soit par le total des sels dissous dans l'eau (TDS) exprimées en g/L ou, plus couramment, par la Conductivité Electrique (CE) qui est exprimée en déci-siemens/mètre (dS/m). La classification des eaux d'irrigation proposée par l'United States Département of Agriculture (USDA). [26]

L'irrigation a permis la mise en valeur des terres arables en zones arides et semi-arides, c'est ainsi que de puis une cinquantaine d'années, de grands périmètres ont été construits en Algérie pour combler le déficit en eau des cultures.

Cependant, les pratiques d'irrigation à grande échelle ont modifié le fonctionnement des sols et accru le risque de salinisation, en Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par le problème de salinité. [27]



**Figure 01:** Mécanismes naturels de salinisation des eaux de surface et souterraines. [28]

### I-5-2-Toxicité

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Établir des limites de toxicité pour l'eau d'irrigation est compliqué de par les réactions qui peuvent se passer quand l'eau atteint le sol. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés

par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

Le bore, le sodium et le chlore sont à surveiller

Des excès en bore sont presque tout le temps associés à des puits très profonds qui ont également une forte salinité.

Une eau d'irrigation contenant plus de 1 ppm de bore (B) peut causer une accumulation toxique pour les cultures sensibles, tel l'ail, l'oignon, les haricots et les fraises.

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.

Sulfate : Le soufre est rarement toxique pour les plantes

Les plantes sont très tolérantes aux sulfates. Leur concentration est généralement mesurée afin d'en prévenir les carences plutôt que d'en vérifier les excès potentiels. Des carences en soufre peuvent être appréhendées si l'eau d'irrigation contient moins de 48 ppm de sulfates. [29]

### **I-5-3-Laperméabilité**

Certains constituants peuvent réduire la perméabilité du sol et la plante ne reçoit plus, alors la quantité d'eau dont elle a besoin pour sa croissance.

Cette effet péjorant est évalué en comportant, la teneur en  $\text{Na}^+$  à celle de  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$ ; les carbonates et les bicarbonates affectant la perméabilité du sol et il convient de les prendre en considération. [30]

L'emploi d'une eau d'irrigation riche en sodium se traduit généralement par une accumulation du sodium dans le sol, le sodium en excès entraîne une baisse de la perméabilité conduisant à une asphyxie des plantes. [31]

**Chapitre II**

**CLASSIFICATION DES**

**EAUX D'IRRIGATION**

## Chapitre II : CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION

### II- Classification des eaux d'irrigation

#### II-1-La classification de l'U.S.S.L

C'est classification la plus utilisé en ce qui concerne l'irrigation proposé par laboratoire de Riverside, elle est basée sur la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux destiné à l'irrigation.

C'est-à-dire :

- la conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm)
- le SAR (% de Na échangeable).

#### II-1-Teneur en sel

**Tableau 03:** la conductivité électrique [32]

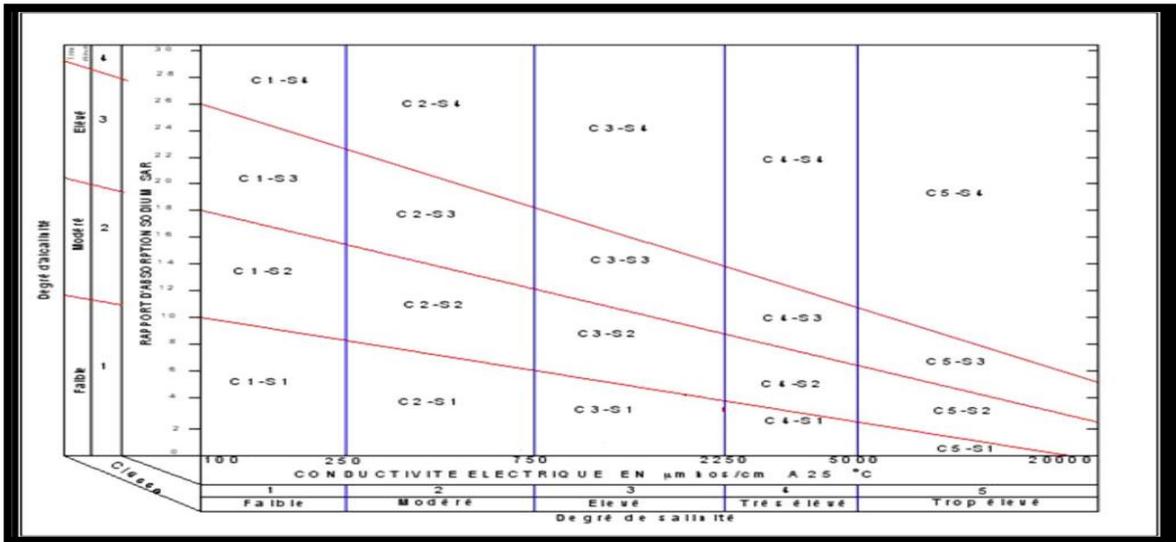
Classe	Conductivité électrique en mmhos/cm	Définition
C1	<250	Eau à faible salinité .Elle peut être utilisée pour la plupart des cultures sur la plus part des sols.
C2	250-750	Eau de salinité moyenne. Elle peut être utilisée s' il se produit un lessivage modéré.
C3	750-2250	Eau à forte salinité. Elle ne peut pas être utilisée sur des sols faiblement drainés. Même lors que le drainage est suffisant
C4	2250 –5000	Eau à très forte salinité. Elle ne convient pas à l'irrigation dans des conditions ordinaires.

**Tableau 04 :** la teneur en sodium(SAR)[32]

Classe	SAR	Définition
S <sub>1</sub>	SAR < 1 0	L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée Pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
S <sub>2</sub>	10 < SAR R < 18	L'eau contenant une quantité moyenne de sodium peut présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

## Chapitre II : CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION

<b>S<sub>3</sub></b>	<b>18 &lt; SA R &lt; 26</b>	Les eaux contenant une quantité élevée de sodium peuvent provoquer des difficultés dans la plus part des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales: bon drainage, le lavage important et addition de matières organiques. S'il n'y a pas de gypse, il faut en ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.
<b>S<sub>4</sub></b>	<b>SAR &gt; 26</b>	L'eau contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropre à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage du gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.



**Figure 02:** Diagramme de classification des eaux d'irrigation (D'après *united states salinity laboratory, U.S.S.*[32])

### II-2-Classification de Christiansen (1977)

C'est une classification fondée sur sept critères:

La conductivité électrique, le pourcentage en Na, le SAR, la teneur en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, la teneur en Cl, la salinité effective (ES), la teneur en Bore.

## Chapitre II : CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION

**Tableau 05:** Classification de Christiansen (1977)

Classe	CE en mmhos/cm	Na en %	SAR	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en mg/l	Cl- en mg/l	ESP en mg/l	Le Bore Ppm
1	0,5	40	3	0,5	3	4	0,5
2	1,0	60	6	1,0	6	8	1,0
3	2,0	70	9	2,0	10	16	2,0
4	3,0	80	12	3,0	15	24	3,0
5	4,0	90	15	4,0	20	32	4,0
6	Valeurs supérieures aux limites de la classe 5						

D'autres classifications peuvent être citées celles d'Ayers (1977), Rijtima (1981). Les études réalisées par Durand (1958) sur la qualité des eaux en Algérie montrent que: -5% des eaux en classe C1, 28% des eaux en classe C2, 28% des eaux en classe C3, 21% au-delà de 6 mmhos/cm

### II-3-La classification d'Ayers et Westcot (1985)

Le tableau suivant donne la classification proposée par un groupe de chercheurs américains de l'université de Californie.

**Tableau 06:** Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation.

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sévère
<b>Salinité</b>				
EC <sub>w</sub> <sup>1</sup>	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltration</b>				
SAR <sup>2</sup> = 0 - 3 et EC <sub>w</sub> =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
= 3 - 6		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
= 6 - 12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
= 12 - 20		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
= 20 - 40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
<b>Toxicité Spécifique des ions</b>				
<b>Sodium (Na)</b>				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
<b>Chlorure (Cl)</b>				
Irrigation de surface	még/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
<b>Bore (B)</b>	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
<b>effets divers</b>				
Azote (NO <sub>3</sub> -N) <sup>3</sup>	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	még/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
<b>pH</b>		Gamme normale 6.5 - 8.4		

[33]

### II-4-Classification par le Diagramme de faciès chimique des eaux

#### II-4-1-Diagramme de piper

Le diagramme de piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux.

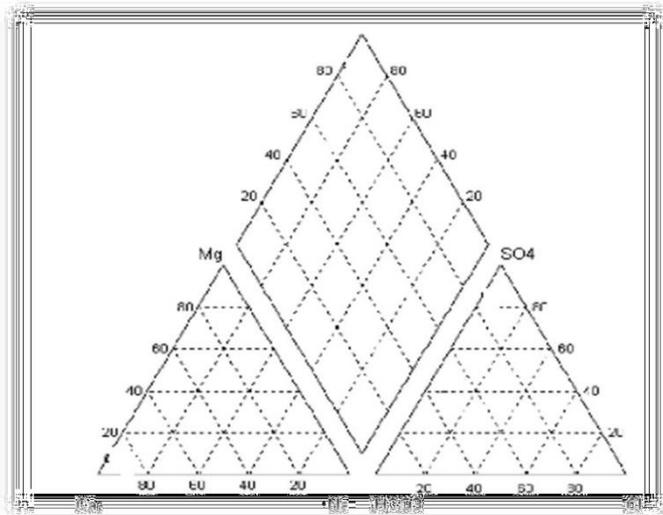


Figure 03: Diagramme de Piper

Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

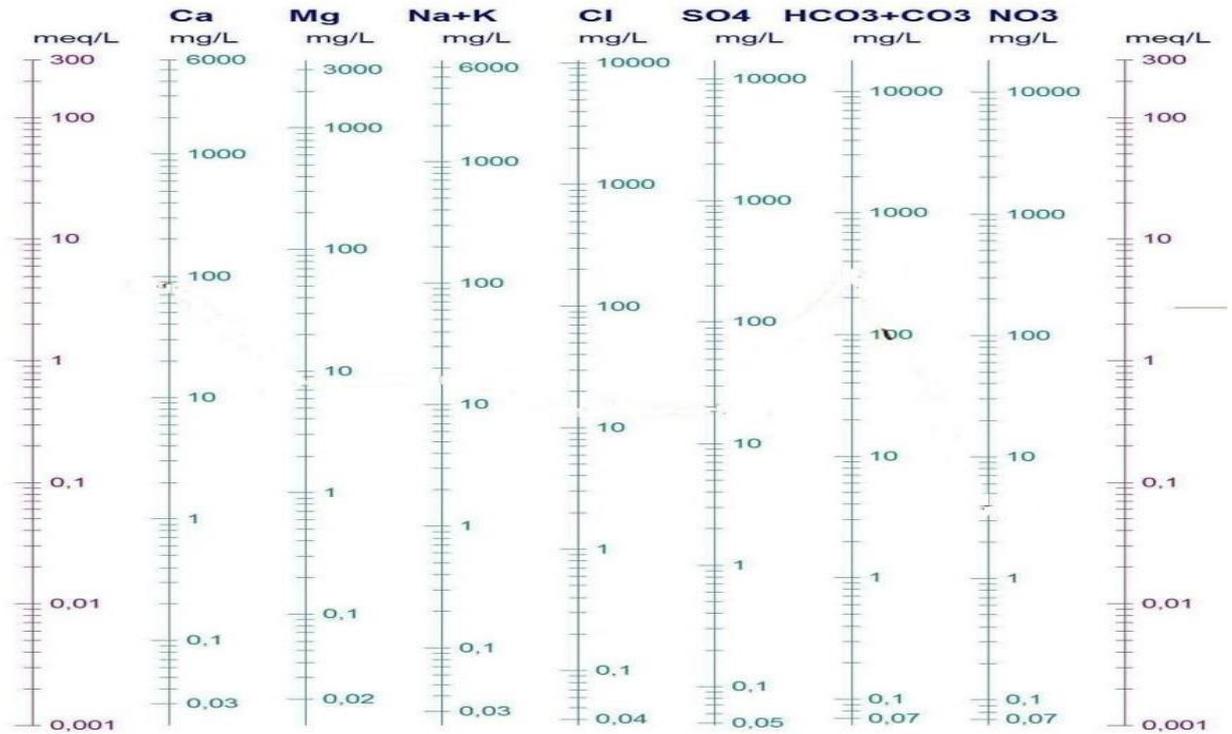
Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lors que la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillon. [34]

### II-4-2-Diagramme de Schoeller Berkloff

Le diagramme de Schoeller Berkloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne brisée. La ligne est formée en reliant tous les points figurant le différent élément chimiques.

Une classe de minéralité variable mais dont la proportion sont les mêmes pour l'élément dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence. [35]

## Chapitre II : CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION



**Figure 04 :** Diagramme de Schoeller Berkloff

Ces types de classification et d'autres sont rigides et dans plusieurs cas, elles ne tiennent pas compte des facteurs spécifiques qui sont importants pour la détermination de l'utilisation potentielle d'une eau donnée. La qualité d'une eau d'irrigation doit être évaluée en fonction des conditions spécifiques dans la quelles elle est utilisée c'est-à-dire la nature des cultures, le type de sol, les modes d'irrigations, les pratiques culturales et les conditions climatiques. En raison de toutes ces réserves les classifications existantes doivent être utilisées comme indicateurs et être vérifiées en fonction des conditions locales d'utilisation.[35]

**CHAPITRE I**  
**PRESENTATION DU**  
**MILIEU PHYSIQUE**

## I-1-Présentation de la région d'étude

### I-1-1-Situation géographique

La région de Biskra ( $34^{\circ} 48' 00''$  Nord et  $5^{\circ} 44' 00''$  Est) se situe dans le sud-est algérien plus exactement au pied du versant sud de la chaîne montagneuse de l'atlas saharien qui constitue la limite entre le nord et le sud algérien. Elle se trouve à une altitude moyenne de 125m Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 400 km au sud-est de la capitale Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 21671km<sup>2</sup>.

La wilaya de Biskra est limitée:

- au nord par la wilaya de BATNA,
- au nord-est par la wilaya de KHENCHELA,
- au nord-ouest par la wilaya de M'SILA,
- au sud-ouest par la wilaya de DJELFA,
- au sud par la wilaya d'El OUED.[36]

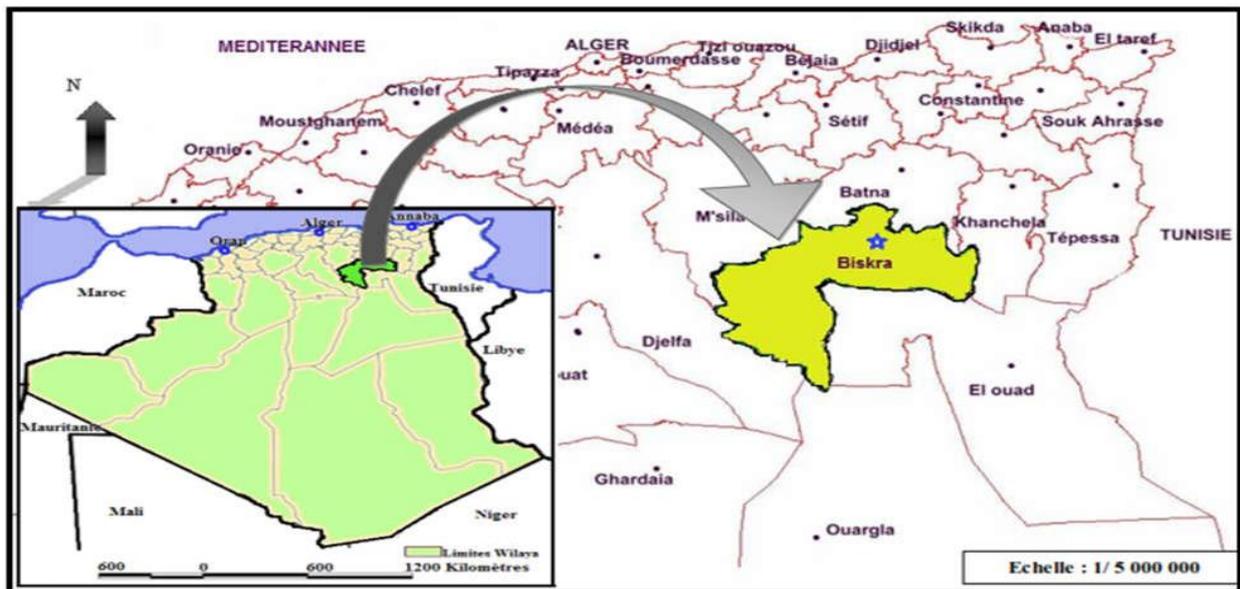


Figure 05 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.[36]

### I-1-2-Facteurs écologiques

#### I-1-2-1-Les facteurs abiotiques

L'activité biologique et la répartition spatiale des organismes sont, dans de larges proportions, sous l'influence des facteurs écologiques abiotiques, tels la lumière, la température, le degré

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

---

hygrométrie, les concentrations en gaz et en ions

### I-1-2-2-Pédologie

Le sol est le lieu de vie de nombreux êtres vivants et le support des végétaux. Les sols de la région de Biskra sont hétérogènes mais ils sont constitués des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie. Alors que ; d'après les études pédologiques réalisées par **KHACHAI en 2001**, les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes:

- les régions Sud, sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- les régions Est, sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles.
- Les régions Nord (ou zones de montagnes) sont le siège de formation des sols peu évolués et peu fertiles.
- Enfin, la plaine située au Nord-Ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques sont irrigués par les eaux fortement minéralisées qui constituent le caractère de la pédogénèse de cette région. [36]

### I-1-2-3-Reliefs

La morphologie de cette région, est cependant marquée par trois unités morphologiques: Biskra se distingue par 04 unités morphologiques:

- **Montagnes** : situées au Nord de la région presque découvertes de toute végétation naturelle (El-Kantara, Djamoura, et M'Chouneche. Ils représentent 13% de la superficie de la wilaya. [36]
- **Les hauts plateaux** : localisés en grande partie à l'Ouest de la wilaya, et s'étendent sur une superficie de 1 210 848 hectares (soit 56% de l'étendue de la wilaya). La végétation des plateaux est maigre et constitue des sites privilégiés de parcours représentés par les pentes et s'étendent jusqu'à la rive Sud de l'Ouest constituent le plateau de OULED DJELLAL (Ouled Djellal et Sidi Khaled).
- **Les dépressions** : situées au Sud-est de la wilaya, elles constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au-dessous de celui de la mer.
- **Les plaines**: Occupant la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des Daïra d'El-Outaya et Sidi-Okba, et la commune de Doucen. [36]

### **I-1-2-4-Le climat**

L'ensemble des données concernant les principales composantes du climat de la région de Biskra (précipitations, températures, humidité relative, vents) seront présentées pour la période 2007 à 2017.

#### **Les précipitations**

La précipitation constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Le volume annuel des précipitations conditionne en grande partie les biomes continentaux.

D'après les valeurs des précipitations mensuelles de la région de Biskra durant l'année 2007 à 2017 on remarque que les précipitations sont faibles et irrégulières d'un mois à un autre et suivant les années. La moyenne annuelle des précipitations est de 138,1 mm, la pluviosité moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois d'octobre avec 26,80 mm et la plus faible au mois de juillet (0,6 mm).

#### **Les températures**

La température est un facteur écologique capital (Dreux, 1980), elle est considérée comme 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'être vivant dans la biosphère.

Les valeurs des températures des moyennes mensuelles des maxima et des minima de la région de Biskra durant l'année 2007 à 2017 enregistrées montrent bien que la région se caractérise par une forte chaleur durant le mois de Juillet qui reste le plus chaud avec une température moyenne maximum de 41,2°C. Les températures les plus basses sont enregistrées au cours du mois de janvier avec une moyenne de 7,1°C. Quant à la moyenne annuelle des températures elle est de 22,80°C. [37]

#### **L'humidité relative**

L'humidité relative ou l'hygrométrie est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère. C'est l'un des facteurs les plus importants pour la survie, la distribution et la reproduction des insectes. Elle est plus sensible et dépend des autres facteurs (température, précipitation et vent).

L'humidité moyenne annuelle à Biskra entre 2007 et 2017 est (43,4%). Le taux d'humidité varie d'une saison à une autre. Le maximum d'humidité est enregistré durant le mois de Décembre avec 58,8% et le minimum au cours du mois de juillet en enregistrant 27,3%.

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

### Les vents

Le vent exerce une grande influence sur les êtres vivants .Il constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. En hiver, la région de Biskra est dominée par des vents froids et plus ou moins humides venant des hauts plateaux et du Nord-Ouest. Par contre, en été les vents qui soufflent du Sud et du Sud-Est sont chauds et secs (sirocco). Ils sont très fréquents durant les mois de juillet et août. Au printemps et même en été, les vents de sables qui prennent la direction Sud-Ouest sont un phénomène habitue dans la région d'étude.[37]

Durant la période 2007à 2017, la vitesse moyenne du vent la plus élevée est enregistréeen mois de Mars (18,5 km/h), alors que, la plus faible est obtenue en décembre (11,3 km/h)(Tab.08).

**Tableau 07:** Moyennes mensuelles des paramètres climatiques de la région de Biskra Durant lapériode 2007 à 2017(ONM, 2017)[37]

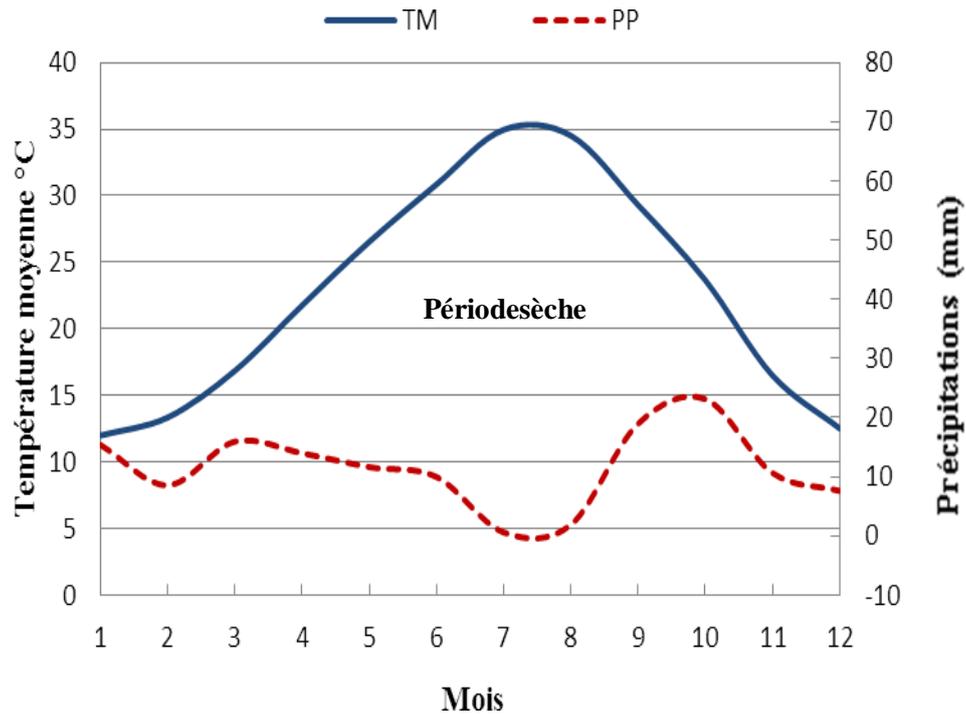
Paramètres/Mois	P(mm)	Tmax(°C)	Tmin(°C)	Tmoy (°C)	HR(%)	VV(km/h)
Janvier	8,5	18,1	7,1	12,7	56,8	13,9
Février	12,0	19,1	9,7	13,4	49,3	17,6
Mars	13,9	22,9	11,4	17,3	45,1	18,5
Avril	17,3	27,8	15,2	21,0	41,6	17,1
Mai	14,5	32,6	19,8	26,1	35,2	17,4
Juin	4,3	37,7	24,6	31,2	30,4	15,2
Juillet	0,6	41,2	28,2	34,8	27,3	12,3
Aôut	2,3	40,3	27,9	34,1	32,1	11,6
Septembre	21,8	35,1	23,6	29,0	40,9	11,7
Octobre	26,8	29,5	18,4	23,9	49,3	12,1
Novembre	9,1	22,7	14,4	17,3	53,4	14,0
Décembre	7,0	18,1	9,4	12,9	58,8	11,3
Moyenne	<b>11,51</b>	<b>28,76</b>	<b>17,48</b>	<b>22,81</b>	<b>43,35</b>	<b>14,39</b>

### Synthèse climatique

La synthèse des données climatique est représentée par le diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussen et par le climagramme d'Emberger.

### Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussen

Le climat d'un mois est considéré comme sec si les précipitations exprimées en millimètre y sont inférieures au double de la température moyenne en °C. Il préconise l'usage d'un diagramme pluviothermique tracé pour un lieu obtenu en portant en abscisse les mois de l'année, et en ordonnée les précipitations et les températures, ce dernier avec une échelle double des premiers.[37]



**Figure 06 :** Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Biskra durant la période 2007-2017

## Climagramme pluviométrique d'Emberger

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971). Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante (Stewart, 1968):

$$Q_2 = 3,43 \cdot (P/M - m)$$

P: précipitations annuelles exprimées en mm.

M: moyenne de températures maximales du mois le plus chaud en °C. m: moyennes de températures minimales du mois le plus froid en °C.

# CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

## I-2- Description de l'exploitation d'étude :

### I-3-Présentation des parcelles

Les parcelles se trouvent à région de Sidi Salah (commune d'Ain Naga) ,51 km de la wilaya de Biskra.  
Les parcelles étudiées sont occupées par la plantation d'olivier et du melon sous un système de multi chapelle, le sol généralement sableux, irriguées par un système de goutte à goutte.



**Image 02 : plantation du melon**



**Image 03 : plantation oléicole**

**CHAPITRE I**  
**MATERIELS ET**  
**METHODES**

### I-1-L'objectif de l'étude

Cette étude donne un aperçu général sur la qualité d'eaux souterraines destinées à l'irrigation dans la zone de Biskra, cas de la localité de Sidi Salah commune d'Ain Naga à travers une série d'analyses des propriétés physico-chimiques dont le but d'identifier leurs caractéristiques et les comparer avec les énormes de qualité des eaux d'irrigation selon la FAO.

### I-2-Technique d'échantillonnage des eaux

Prendre des échantillons d'eau à la source (forage) et tous les 100 mètres linéaires un échantillon d'eau (250 ml d'eau) dont leurs profondeurs sont indiquées dans le Tableau suivant :

**Tableau 10** : profondeur des forages analysés

Forage	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Profondeur (m)	150	80	200	200	200	100	180	150	120	200	180

Vous mettez la bouteille dans un frigidaire à conserver au maximum 15 jours à 5°C.

Ces eaux prélevées étaient échantillonnées dans des bouteilles en plastique bien fermées, nommées par des codes et conservées dans une glacière jusqu'au moment d'analyse.



**Image 01** : Bassin d'accumulation de l'eau refoulé d'après un forage n° 08

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

### I-4-Méthodes d'analyse des eaux au laboratoire

On est obligé de faire prélever des eaux d'irrigations des onze forages dont le but de déterminer les paramètres suivantes :

#### VII-4-1- Paramètres d'analyse de l'eau

-Températures

-PH

-CE

-SAR

-TAC (Titre Alcalimétrique Complété)

-Turbidité

- Le bilan ionique ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  et les cations :  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ .)

### I-5- Calendrier de la démarche de travail

Date	Lieu	Opération	But
09/03/2022		RDV encadreur	aperçu général sur le thème
10/03/2022	Université de Skikda	Bibliothèque centrale	Recherche documentaire.
13/03/2022		Bibliothèque de département de science	
		connexion par internet	
	Université de Biskra	connexion par Email avec enseignant	
14/03/2022	Université de Skikda	Communication avec l'encadreur	Planification à la partie expérimentale
15/03/2022	Université de Skikda	Bibliothèque de département d'agronomie	Recherche documentaire.
20/03/2022	Université de Biskra	RDV encadreur	Planification de la partie pratique
21/03/2022	Université de Biskra	Bibliothèque de département d'agronomie	Recherche documentaire.
28/03/2022	Sidi Salah –Biskra	Prélèvement de l'échantillonnage	Analyse de certains paramètres de l'eau
03/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
07/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

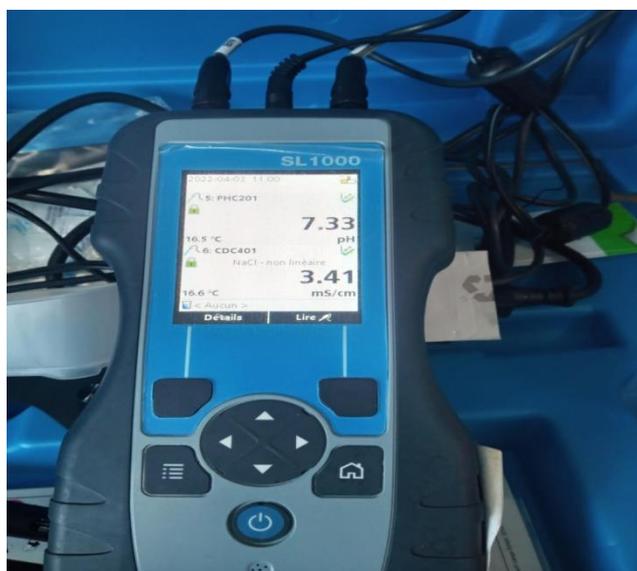
10/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
14/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
17/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
21/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
24/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
28/04/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
02/05/2022	ADE Skikda	Analyse de paramètres eau	Analyse de l'échantillon
12/06/2022	Université de Biskra	RDV encadreur	Correction
19/06/2022	Université de Biskra	RDV encadreur	Correction

### I-6-Mode opératoire

**Température** Mesuré direct par multi- paramètre.

**Le PH** mesuré direct par multi-paramètre.

**CE** Mesuré direct par multi-paramètre.



**Image 04: SL 1000 portable parallel analyzer (PPA) from Hach**

### TAC : Le Titre Alcalimétrique Complete

La détermination de titre alcalimétrique complète de l'eau est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide fort dilué, en présence d'un indicateur coloré méthyleorange. [20]

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

Pour la détermination du titré alcalimétrique complet on procède comme suit :

- 03 gouttes de phénophtaléine ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) s'il ya un changement vers couleur rose pale :  
Présence du TA.
  - Si la couleur reste transparente  $TA=0$  ( $PH \leq 8.5$ )
  - On ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de méthylorange ( $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ )
  - Titration avec l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  jusqu'à virage du couleur orange brique.
- $TA = V \cdot 10$  en mg/l et  $TAC = (V_{TA} + V_{TAC}) \cdot 10$  en mg/l



Image 05 : Dosage du TAC

### Les Chlorures ( $Cl^-$ )

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels, par la dissolution de la sylvite ( $KCl$ ) et de l'halite ( $NaCl$ ).

Les Chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. [20]

Pour détermination des chlorures on doit :

- 0.5 ml prise à essai
- 02 gouttes de chromate de potassium  $K_2CrO_4$
- Titration avec nitrate d'argent  $AgNO_3$  jusqu'à virage du couleur rouge brique

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

- $Cl^- = V \cdot 71$  en mg/l



Image 06 : Dosage du Chlore

### Le Calcium ( $Ca^{+2}$ )

Selon **Rodier et al, (1996)**, le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T. A pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de murexide. L'E.D.T. A réagi tout d'abord avec les ions calciums libres, puis avec les ions calciums combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

On doit suivre les étapes suivantes:

- 50 ml prise à essai
- 02 ml de solution hydroxyde de sodium NaOH
- Petite quantité de Murexide HSN indicateur
- Titration avec l'EDTA  $Na_2$  ( $C_{10}H_{14}N_2O_8 Na_2 \cdot 2H_2O$  qui est un sel
- Disodique (acide éthylène diamine tetracétique ) jusqu'à virage du couleur violet foncé
- $Ca^{+2} = V \cdot 10$  en mg/l



**Image 07 : Dosage du calcium**

### Sulfates( $SO_4^{2-}$ ) 4

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état du sulfate de Baryum qui est stabilisé à l'aide d'une solution de tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à  $\lambda=650\text{nm}$ .

C'est ainsi qu'on doit:

- Prendre 50ml d'eau analyser.
- Ajouter 2ml gouttes HCl.
- Chauffant quelque minute.
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum.
- Séchage les papier filtre dans l'étuve.
- Peser les poids du sulfate.

$$MSO_4^{2-}(\text{mg/l}) = \frac{m \times}{4} \quad ((S04)) \quad ((4))$$

### Nitrate( $\text{NO}_3^-$ )

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. [20]

Selon **Rodier, (2009)**, les étapes à suivre sont:

- Prendre 5 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 0,5 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain-marie à  $75-88^\circ\text{C}$  (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) et laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 1 ml.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 7,5 ml d'eau distillée.
- Ajouter 7,5 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- Passer au spectromètre au  $415\text{ nm}$  et le résultat est donné en  $\text{mg/l}$ .

### Dosage des ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( $\text{pH} = 1.9$ ) avec le réactif Amino-4-benzène sulfonamide ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) en présence d'acide ortho phosphorique pour former un seldiazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le chlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino -1,2 éthane ( $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_2$ ) qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda = 450\text{ nm}$ . La méthode est applicable à des concentrations des ions nitrites jusqu'à  $\text{QN} = 0,25\text{ mg/l}$  de  $\text{NO}_2^-$  à des concentrations plus élevées, on (ISO 6777, 1994).

Pour la détermination des nitrites  $\text{NO}_2^-$  on doit:

- Prendre 25 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 0,5 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .
- Passer au spectromètre au  $543\text{ nm}$ . Le résultat est donné en  $\text{mg/l}$ .
- Expression des résultats:

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

### **Le Magnésium(Mg<sup>++</sup>)**

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A., ce dosage se fait en présence de noir eriochrome. L'E.D.T.A. réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleue.[20]

### **Dosage du sodium et du potassium**

La photométrie de la flamme (JENWAY) est un des procédés les plus rapides et sensibles d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO9964/3,1990).

On doit:

- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacé.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle est stabilisée à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na<sup>+</sup> ou de K<sup>+</sup> mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE".
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de Na<sup>+</sup> ou de K<sup>+</sup> à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de Na<sup>+</sup> ou de K<sup>+</sup> à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10)
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.

### **Les carbonates et les bicarbonates**

Les carbonates n'existent qu'à des pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3.[20]

Au cours d'un dosage cimérique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon. Selon **Rodier et al, (2009)**, les carbonates n'existent qu'à pH > 8.3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4.4 et 8.3.

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

---

La mesure des carbonates et bicarbonates nécessite le passage par les étapes suivantes:

- Prendre 20ml d'eau à analyser
- Ajouter 3gouttes phénolphtaléine, s'il ya une coloration rose ,donc il ya les carbonates.
- Titrer avec l'acide chlorure(HCl) jusqu'à la disparition de la couleur rose.
- S'il n'ya pas une coloration de la solution→→il ya les bicarbonates.
- Ajouter des gouttes (3-4) de l'indicateur coloréméthyle orange et titrer avec l'acide HCl jusqu'à l'apparition de la coloration orange (changement de coloration jaune à orange).D'où:

X:volumedel'acideHClutilisé.

Y: volume de la solution de l'eau (Y=20ml).

$$\text{Les bicarbonates(mg /l)}=(2 \times X \times N \times 1000) / PE$$

### La turbidité

Elle occasionne des désagréments dans l'aspect de l'eau et sa saveur (goût de terre). La turbidité peut être importante dans les aquifères karstique. Les pics de turbidité suivent les fortes précipitations; La vitesse de circulation de l'eau dans le réseau souterrain en crue ne permet pas leur décantation; de plus des particules déposées précédemment sont arrachées aux cavités et augmentent la charge en suspension que l'on retrouve à l'exutoire.[4]

La turbidité est mesurée par un turbidimètre.



**Image 08** : un turbidimètre

**CHAPITRE II :**  
**RESULTATS ET**  
**INTERPRETATIONS**

## CHAPITRE II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

---

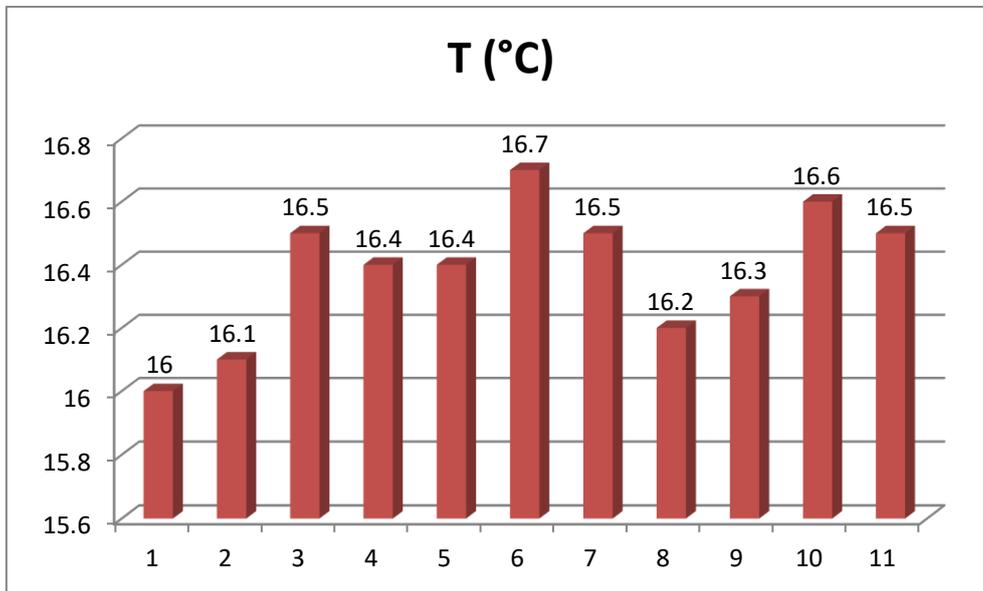
Ce chapitre affiche les résultats et leurs interprétations dans le tableau n°11, des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau que nous avons prélevés. Il s'agit de douze (12) points d'eau souterraines (Forages ; F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, et F11).

**Tableau 11** : paramètres analysés des eaux des forages (Voir en annex).

### II-2-Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats obtenus (présentés précédemment dans le tableau n 10) s'affiche comme suit :

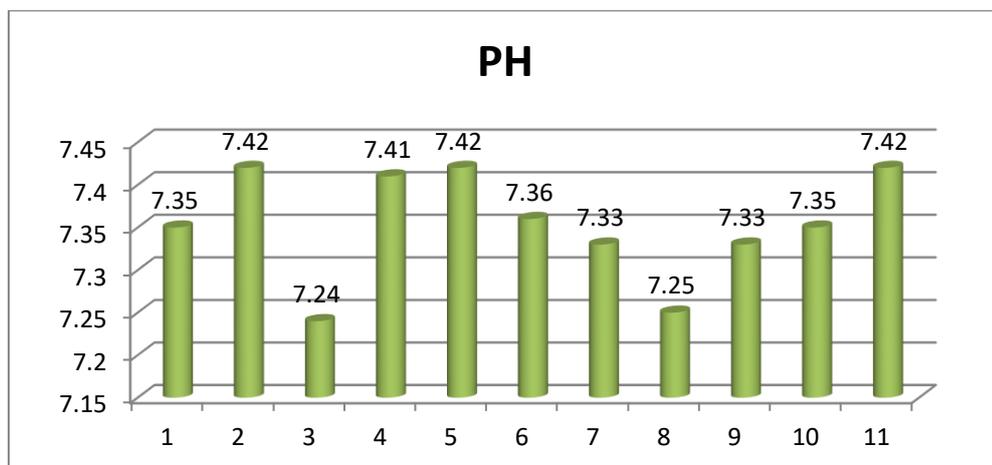
#### La Température



**Figure 11 : La variation des températures des différents forages analysés**

D'après la figure n°11 on remarque que les valeurs des températures sont très rapprochées l'une à l'autre, Ils varient de 16°C (corresponde au F1) à 16.7°C (correspond au F7). La justification de ce rapprochement est due aux pompages des eaux d'une même nappe profonds.

#### Le PH



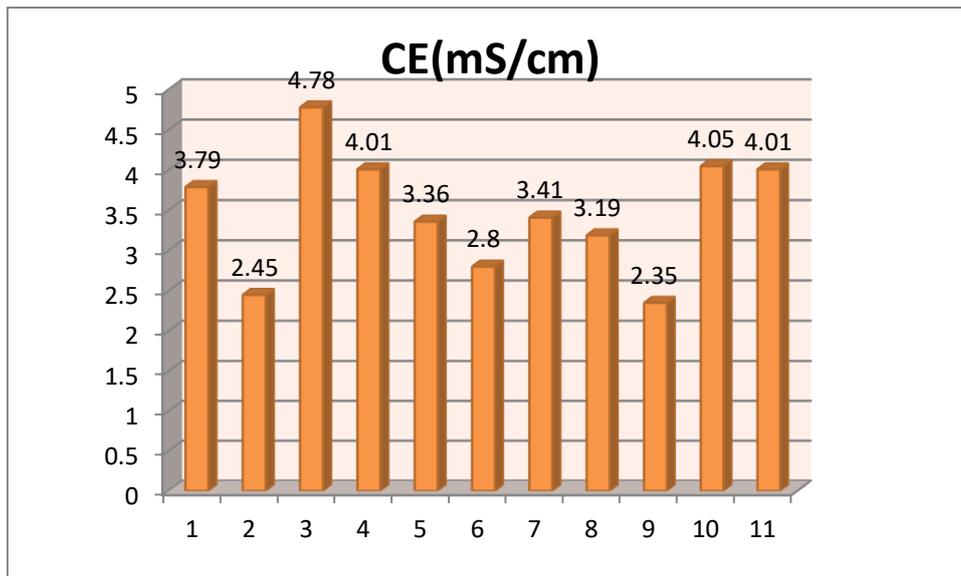
**Figure 12 : La variation des PH des différents forages analysés**

D'après la figure n°12, le PH des eaux sont varié de 7.24 à 7.42, les valeurs sont généralement légères

## CHAPITRE II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

alcalines ou basique due selon **Dussart, 1996;Bermond et Vuichard,(1973)**, a l'influencées par la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé . Dans notre cas la légère alcalinité remarquée dans les eaux des forages est peut-être due à la nature géologique de la zone d'étude.

### La Conductivité électrique CE

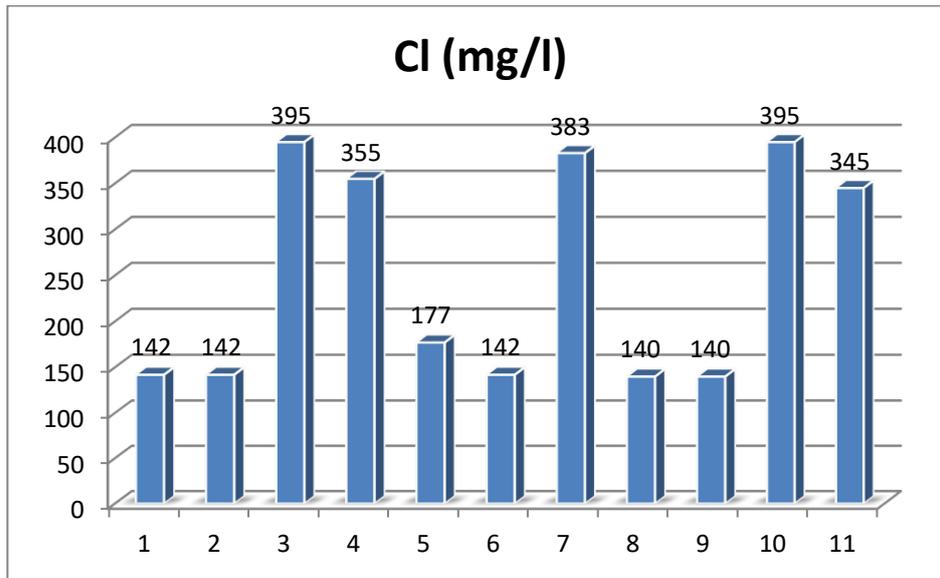


**Figure 13 : La variation de la conductivité électrique des différents forages analysés.**

La figure n° 13 montre la variation de la conductivité électrique qui est de 2.35 mS/cm la valeur la plus légère celui de forage n°09 et de 4.78 mS/cm la valeur la plus élevée est celui de forage n°03.

Cet indice est le plus important paramètre physique de classification des eaux des irrigations, les valeurs de conductivités mesurées de forages 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10 et 11 ont des valeurs de CE non admissible à l'irrigation et seulement les forages 2, 6 et 9 qui ont des valeurs sous l'énorme de la FAO, due à la profondeur de la nappe, dès que la profondeur augmente la salinité est élevée (Voir Tableau n10).

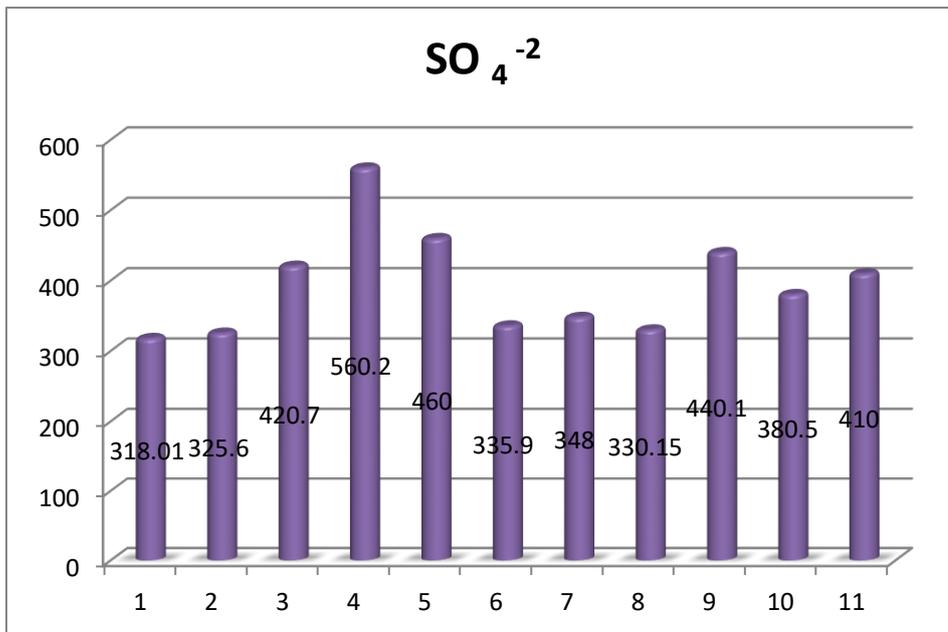
### Les Chlorures



**Figure 14:** La variation de Chlore de différents forages analysés

La variation des valeurs mesurées du chlorure sont résumées dans ce diagramme avec une valeur minimale enregistrées aux forages n° 8 et 9 (140 mg/l), et de 395 mg/l comme une valeur maximale qui représente le forage n° 3 et 11. tous les valeurs de chlorures sont sous l'énorme de la FAO.

### Les Sulfates



**Figure 15:** La variation de sulfates de différents forages analysés

La figure n°15 montre la variation de sulfates qui ont des valeurs varient de 318.01 mg/l minimale correspond au forage n° 01 à 560 mg/l valeur maximale correspond au forage n° 04. Tous les valeurs de

## CHAPITRE II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

sulfates sont sous l'énorme de la FAO.

### Les nitrates

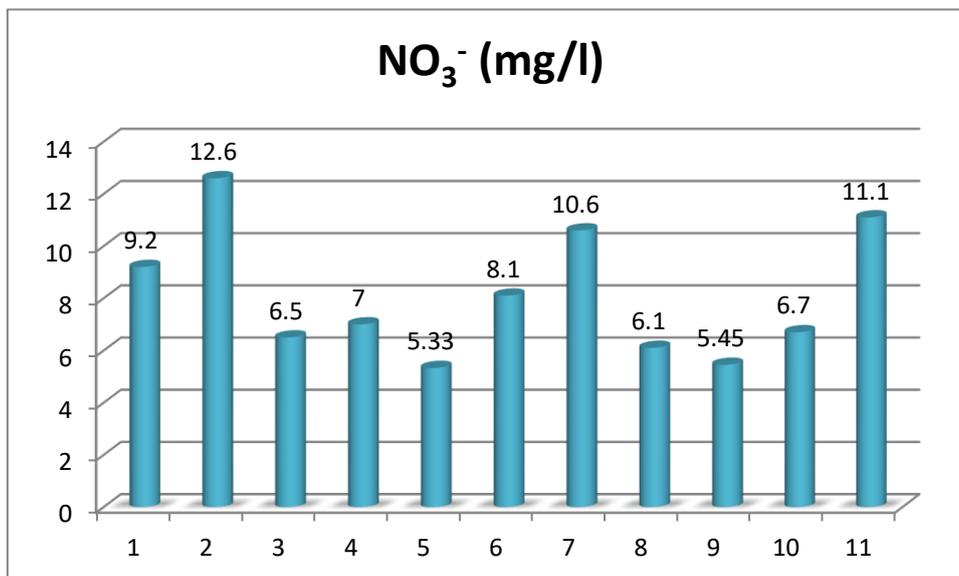


Figure 16 : La variation du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> des différents forages analysés

Les valeurs de nitrates ont généralement faible et varie de 5.33 mg/l à 12.6 mg/l pour les forages n° 5 et 2 successivement, la majorité des forages ont des valeurs admissible à l'irrigation selon la FAO (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> <10) sauf les forages n° 2, 7 et 11 ont supérieurs à l'énorme ce qui affecte négativement la qualité de l'huile d'olive

### Les bicarbonates

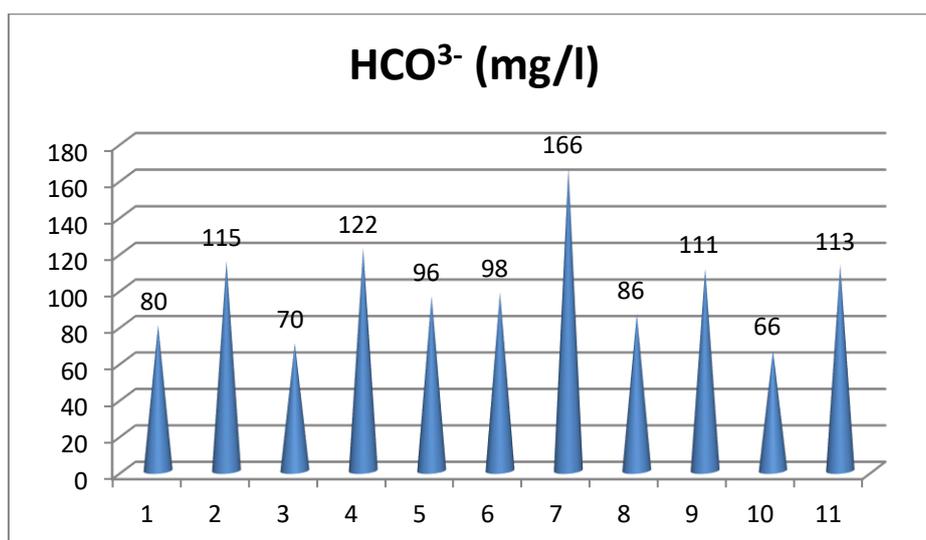
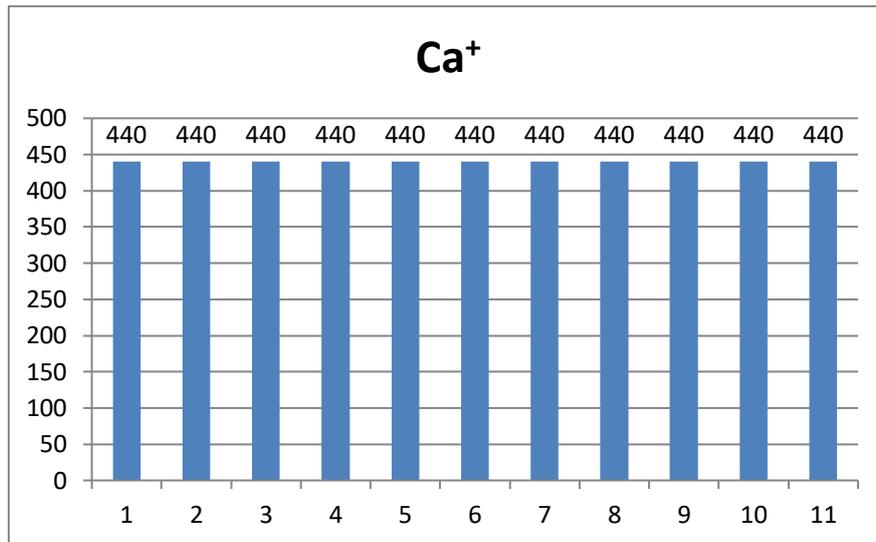


Figure 17: La variation du HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> de différents forages analysés

Les valeurs de bicarbonates sont généralement faible, elles varient de 66 mg/l à 166 mg/l pour les forages n°10 et 7 successivement, tous les forages ont des valeurs admissible à l'irrigation selon la FAO (<610).

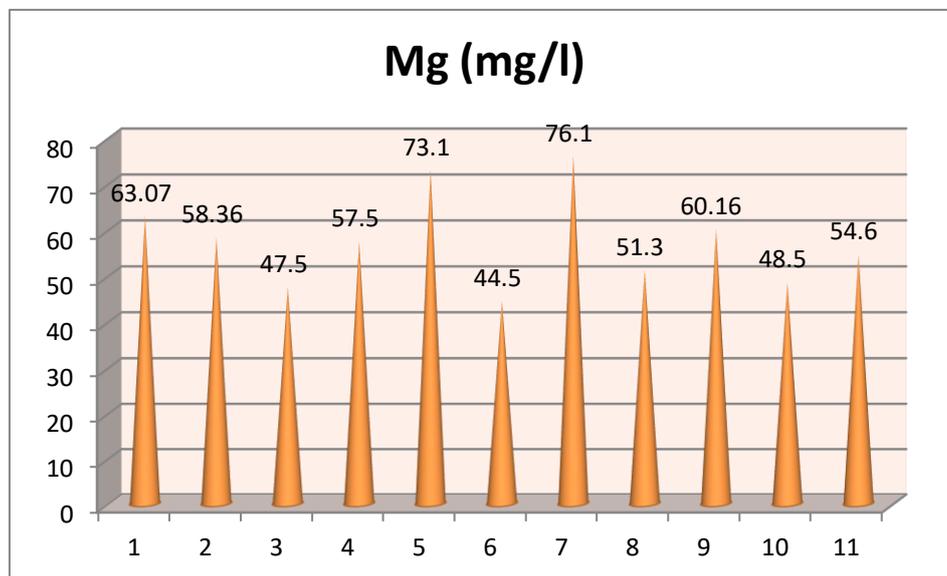
### Le Calcium



**Figure 18 : La variation de Calcium de différents forages analysés.**

Malheureusement les valeurs mesurées du calcium sont tous supérieur à la valeur admissible pour les eaux d'irrigation.

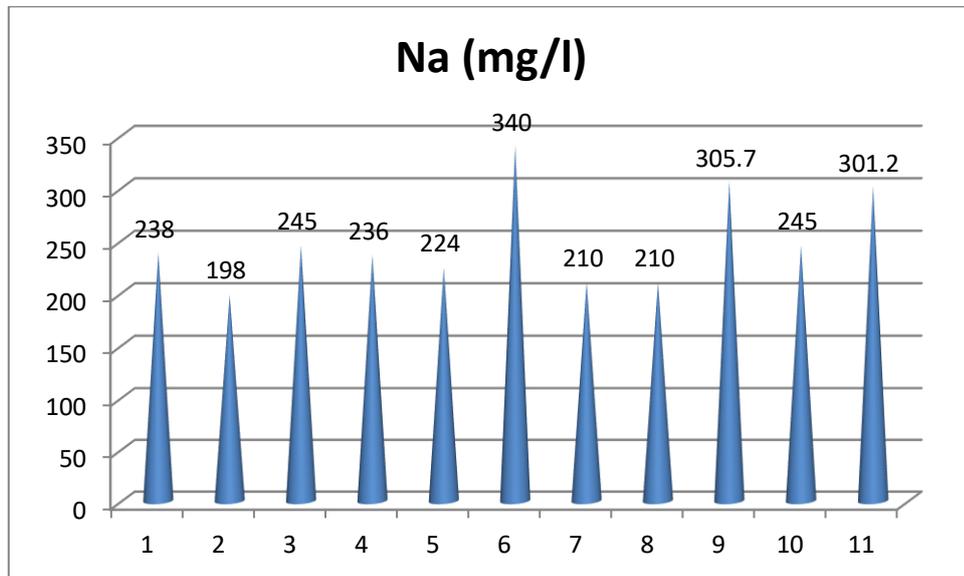
### Le magnésium



**Figure 19: La variation de magnésium de différents forages analysés**

Les valeurs de magnésium mesurées varient de 44.5 à de 76.1 mg/l correspond au forage n° 06 et 7 respectivement , les forages qui correspond à une valeur de Mg admissible à l'irrigation sont les forages 2,3,4,6,8,9,10 et 11 et le reste des forages ont des valeurs supérieur de 60.75 mg/l admissible à l'irrigation et les non admissible sont les forages 1 , 5 et 7 .

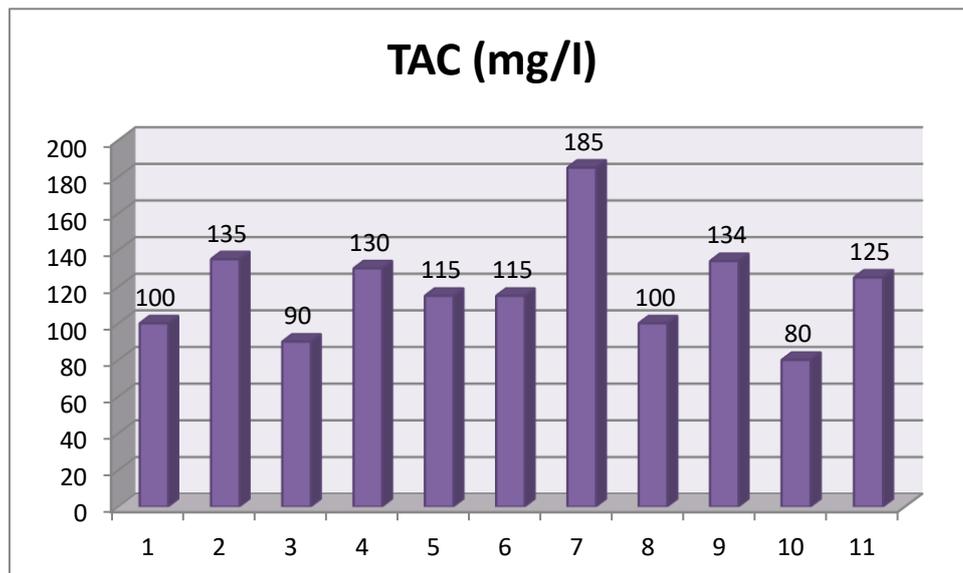
### Le Sodium



**Figure 20: La variation de Sodium de différents forages analysés**

Tous les mesures effectuées qui correspondent à tous les forages ont des valeurs faibles de sodium, admissibles à l'irrigation, une valeur minimale de forage n° 02 de 197.8 mg/l et une valeur maximale de forage n° 6 de 339.94 mg/l. Tous les valeurs de sodium sont sous l'énorme de la FAO.

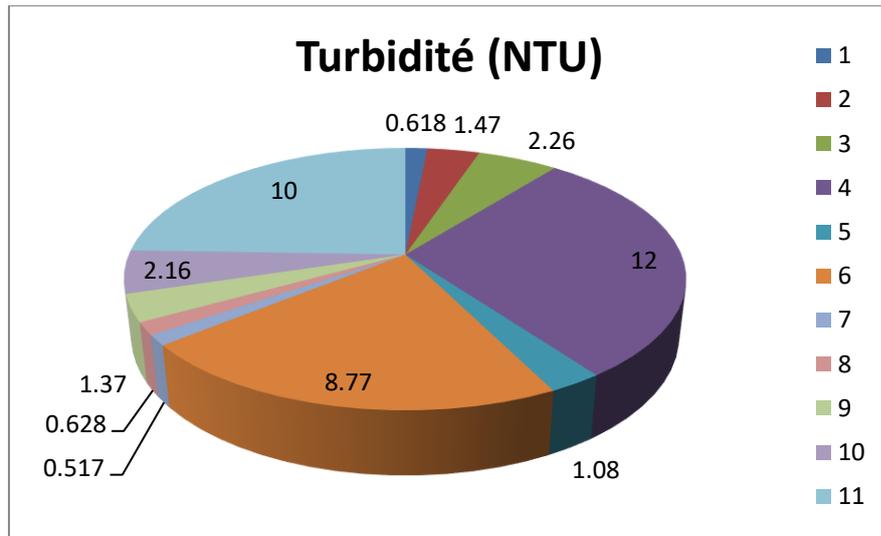
### Le TAC



**Figure 21 : La variation de TAC de différents forages analysés.**

Les valeurs de TAC varient de 80 mg/l à 185 mg/l correspondent au forage n° 10 et forage n° 7 respectivement.

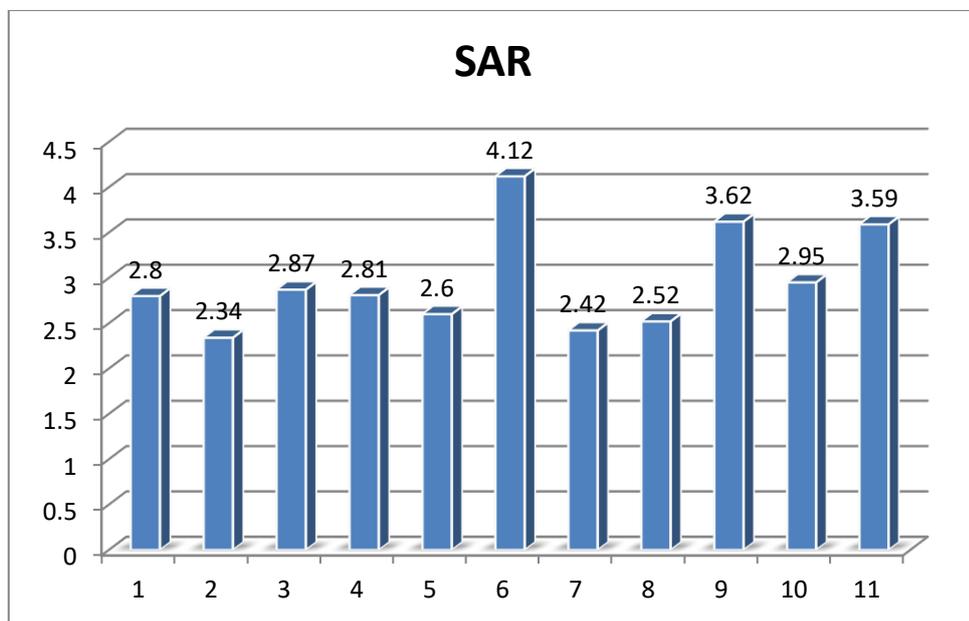
### Turbidité



**Figure 22 : La variation de la turbidité des différents forages analysés.**

La turbidité a des valeurs qui varient de 0.51 NTU comme une valeur minimale (forage n ° 7) allant jusqu'à 12 NTU comme une valeur maximale (forage n ° 04).

### Le SAR



**Figure 23 : La variation du SAR de différents forages analysés.**

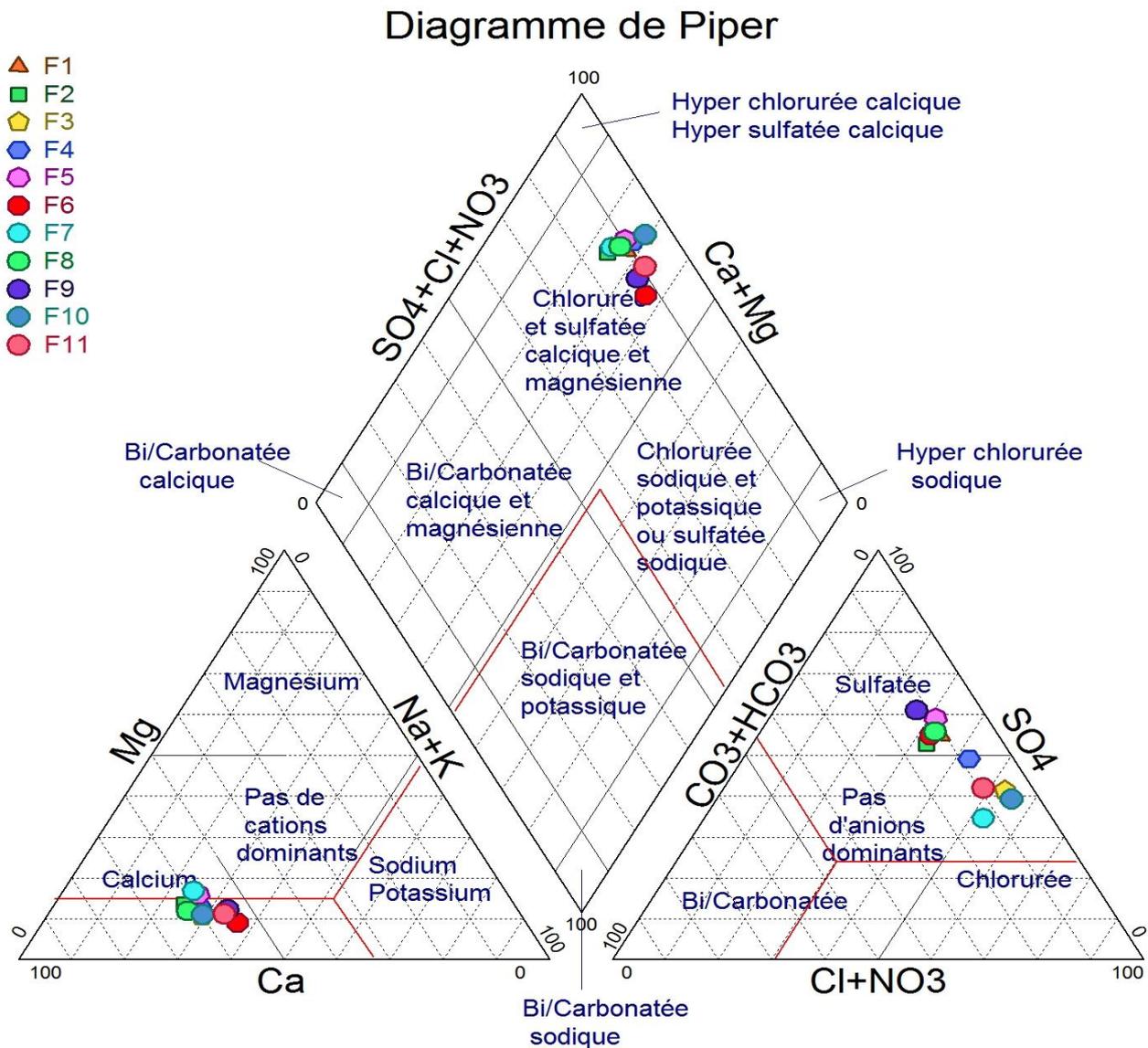
Les valeurs du SAR de différentes forages ont des valeurs inférieure à l'énorme des eaux d'irrigation, la valeur minimale est de 2.34 correspond au forage n ° 02 et la valeur maximale est celle de forage n ° 06 de 4.12. aussi tous les valeurs de SAR sont sous l'énorme de la FAO.

### II-3- Evaluation des eaux d'irrigation

## CHAPITRE II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### II-3-1- Classification selon Piper

Le diagramme de Piper est une des façons les plus classiques et les plus utilisées pour déterminer la composition chimique en élément majeur d'un eau. Il permet la représentation des ions et des cations sur deux triangles spécifiques, dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total des cations.



**Figure 24 :** Classification des eaux des forages analysées selon Piper.

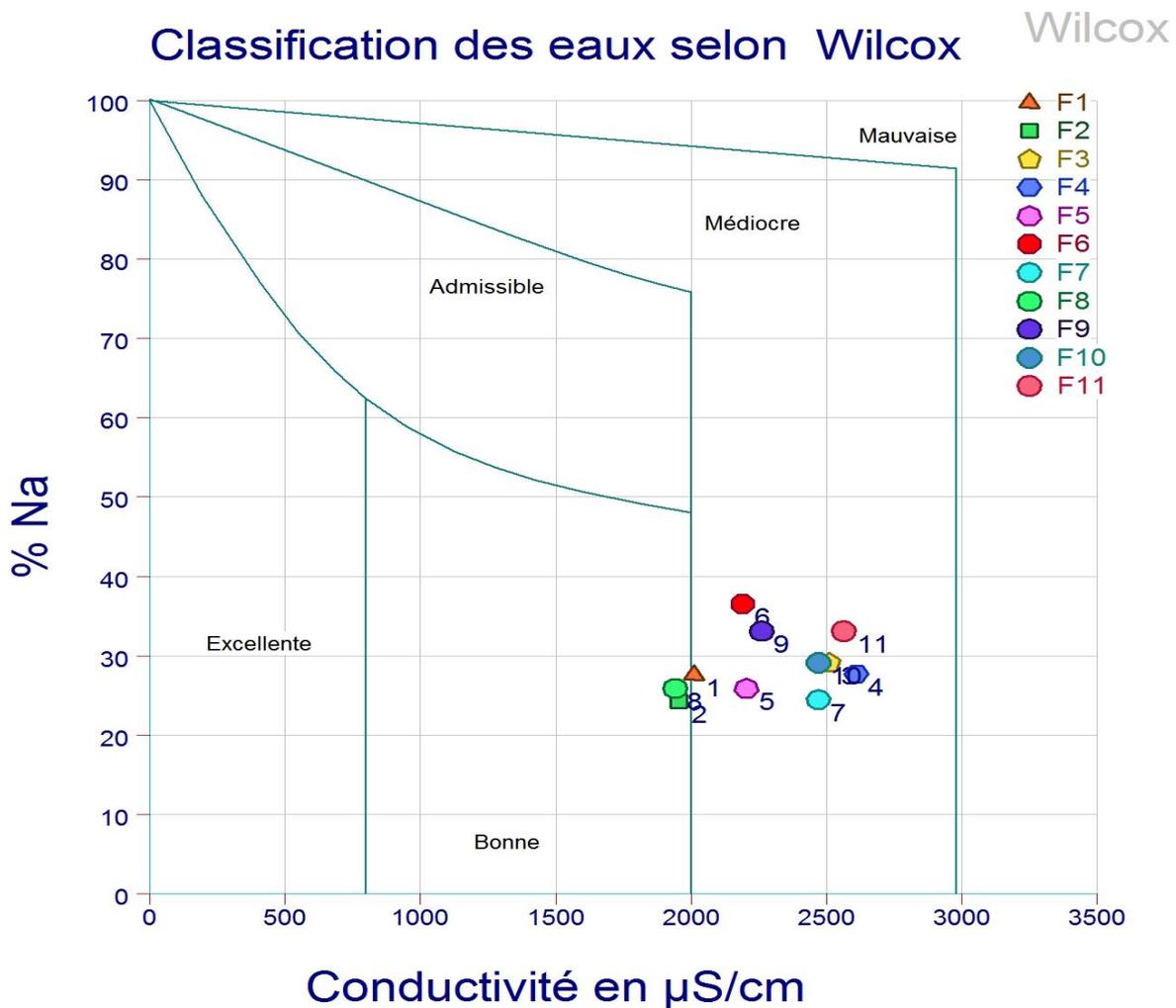
Selon la figure 24 , montre que les eaux étudiées présentent une dominance totale de la famille :

- Sulfatée ;
- Chloruré et sulfatés calcique et magnésienne ;
- Calcium

## CHAPITRE II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Donc les anions les plus dominants sont les sulfates et pour les cations dominants sont celles du Calcium.

### II-3-2-Classification selon Wilcox :

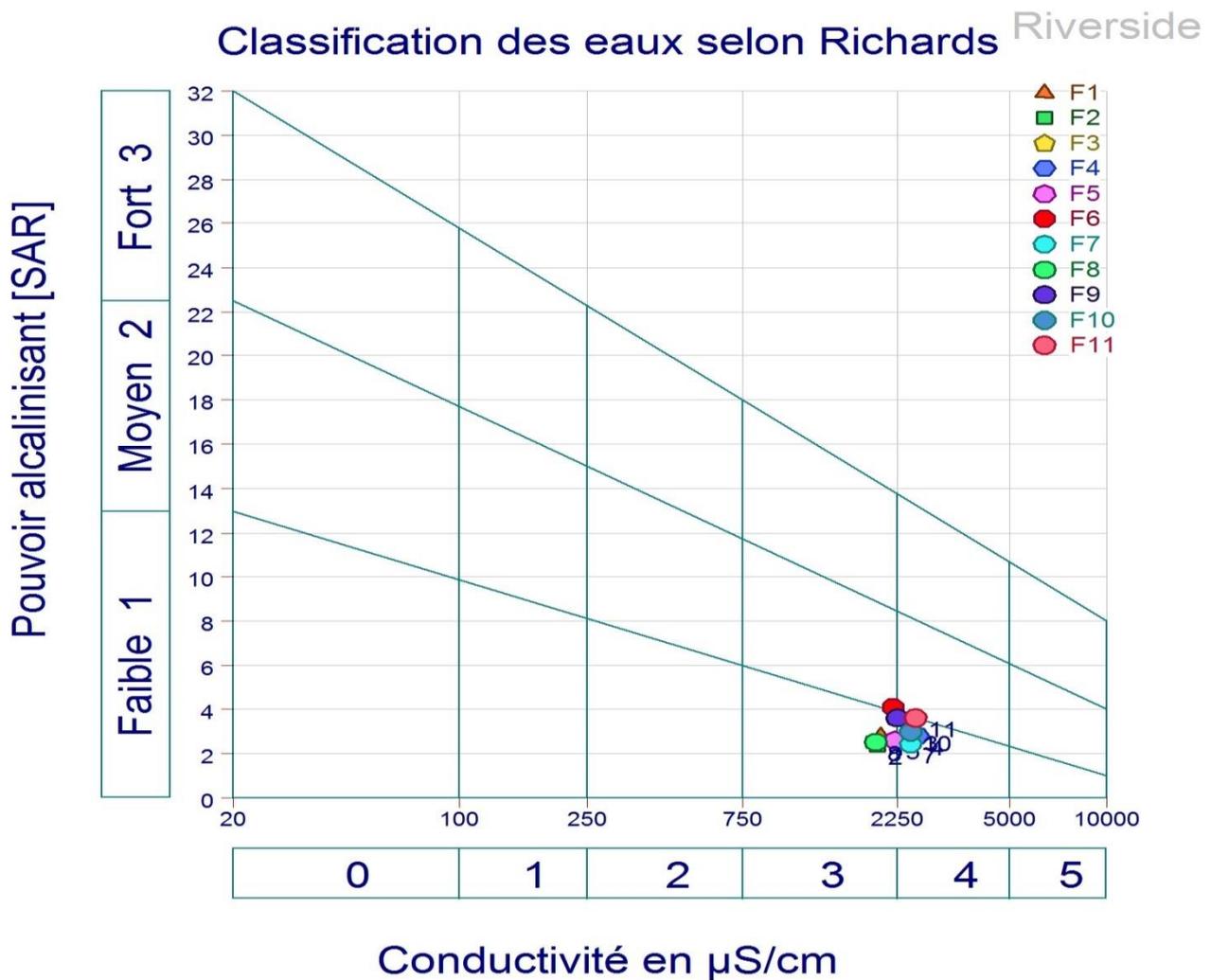


**Figure 25** : Classification des eaux des forages analysées selon Wilcox.

D'après Résultatstrouvésparl'utilisationdu diagrammede Wilcox on a :

Presque les majorités des eaux sont classées en qualité médiocre avec un pourcentage de 90.8 % (forage 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, et 11), seulement 9.2 % des eaux sont classés admissible (Forage 2 et 8).

### II-3-3-Classifications selon Richards :



**Figure 26 :** Classification des eaux des forages analysées selon Richards.

D'après le diagramme de Richards, les échantillons d'eau d'irrigation sont regroupés dans trois classes qui ont :

- Classe C3 S2 : F1, F2 et F8
- Classe C3 S2 : F6
- Classe C4 S1 : F3, F4, F7 et F10

# Conclusion

## Conclusion

L'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation, mais cette technique qui modifie considérablement la géochimie du sol, peut être dangereuse. En effet, les eaux d'irrigation sont plus souvent chargées de sels qui peuvent engendrer de la salinité de sol.

D'après cette étude expérimentale qui adresse aux analyses physiques et chimiques des eaux d'irrigation dont sont prélevées de 11 échantillons de la zone de Sidi Salah de la wilaya de Biskra, d'après une exploitation privée, occupée par une plantation oléicole et de plantation du melon sous les multi chapelles, irriguée par des eaux des forages par un système de Goutte à Goutte.

Pour les eaux étudiées on peut conclure que le PH est varié de 7.25 à 7.42 sont légèrement alcalins avec une conductivité électrique varié (2.45 à 4.78 mS /cm), les valeurs de conductivités mesurées de forages 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11 et 12 ont des valeurs de CE non admissible à l'irrigation et seulement les forages 2, 7 et 10 qui ont des valeurs sous l'énorme de la FAO. Tandis que les valeurs du SAR des tous les échantillons des eaux analysées sont sous l'énorme admissible des eaux d'irrigation.

En outre, selon Piper les eaux étudiées présentent une dominance totale de la famille :

-Sulfatée ;

Chloruré et sulfatés calcique et magnésienne ;

-Calcium.

Selon Wilcox, 90.8% des eaux sont classées en qualité médiocre et seulement 9.2% sont classées admissible.

Et en fin, selon Richards, les eaux sont classées en : D'après le diagramme de Richards, les échantillons d'eau d'irrigation sont regroupés dans trois classes qui ont :

-Classe C3 S2 : F1, F2 et F8

- Classe C3 S2 : F6

Classe C4 S1 : F3, F4, F7 et F10.

De ce fait, notre travail est une initiation à l'identification des caractéristiques des eaux d'irrigation de la région de Sidi Salah –Biskra, Il mérite d'être suivi et complété par d'autre étude complémentaire étudiant l'effet de l'irrigation par ces eaux sur le sol et la culture

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques :

- 1-PNUE, 1991. Pollution des eaux douces. Bibliothèque de l'environnement PNUE/GEMS. N° 6. Nairobi.
- 2-Bhatia R. et M. Falkenmark, 1992. Water resource policies and the urban poor: innovative approaches and policy imperatives. Document d'information, ICWE, Dublin, Irlande.
- 3-Mohamed Zine BELHADJ.2017.Qualité des eaux de surfaces et leurs impacts sur l'environnement dans la wilaya de Skikda, Doctorat en sciences hydrauliques.153p.
- 4-ZEREG Salah, 2019. Impacts de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines des régions semi-arides. Cas de la région de Tébessa. Doctorat en sciences hydrauliques.167p.
- 5-LARBI Brahim ,2014. Évolution d'un sol sableux soumis à l'irrigation en milieu saharien. Magister en Sciences Agronomiques.115p.
- 6-MASMOUDI Ali ,2012.problèmes liées à l'irrigation dans la région saharienne: Cas des oasis de Ziban. Mémoire de doctorat en sciences hydrauliques .137p.
- 8- RODIER.J.LEGUBE.B MERLET.N et Coll, 2005.L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .8<sup>ème</sup>edition.Ed : DUONOP. Paris.
- 9 - POPOFF,G ,1991. Journal français d'hydrologie.22.06p.
- 10 -RODIER, J.LEGUBE,B. MERLET,N ,et Coll,2009.L'analyse de l'eau ,eaux naturelles, eaux résiduaires ,eau de mer .9<sup>ème</sup>edition,Ed : DUONOP.Paris 33-35-40-50p.
- 11- OMS 1984, Guide pratique pour l'eau potable et l'assainissement rural et suburbain.
- 12- BOUMEDIYOU, F.Z., et FEKIH.M, 2014.Etude de la qualité de l'eau « Exquise » destinée à l'irrigation des terres d'El Fhoul. Mémoire de Master en agronomie .université Abou Bekr Belkaid.Tlemcen,86p.
- 13- WHO, 1994.Directive de qualité de l'eau de boisson .Edition 22 : Critères d'hygiène Genève.
- 14- JEAN JUC CELLERIC.2002.La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau .Paris.
- 16- BOUKHOBZA.2009 : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau (Foundrou) d'Ainkihal (Ain T'émouchent).Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie .Université de Tlemcen.
- 17- LEPELTIER. S, 2005.Un bon état écologie des eaux.
- 18- BERIERE, G.2000.Distribution et collecte des eaux .Edition 2.Ecole polytechnique de Montréal,3-19p.
- 19- CASTANAY.1982.Hydrologie principe et méthodes. Ed Dunod.227p.
- 20- RODIER, J.,LEGURE,B.,MERLET,N.,et coll.1996.L'analyse de l'eau naturelles eaux résiduaires ,eau de mer,Ed :DUONOP,Paris,1394p.
- 21- COUTURE,I .2006.Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ.Montérégie-Est AGRIVISION 2003-2004,8p.

- 22- HISCOCKK-M,LIOYDJ-WetLERNERD-N;1991-Review of natural and artificial nitrification of groundwater, Wat.Res, pp 9, 25.**
- 23- COUTUREI; 2006 (b) - Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation Colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement 10 février 2006, Hôtel Mortagne ,Boucherville, pp 2-5.**
- 24- MAYNARD D-N et HOCHMUTHG-J; 1997-Knot's Handbook for Vegetable growers, 582p.**
- 25- ELSASSP; 2005- Etude géographique des longues salées du bassin potassique, synthése de travaux 2002-2005, rapport BRGM/RP-54275-FR, 35p.**
- 26- HARIVANDIA; 1999 – Interpreting turf grass irrigation water test result, water journal of California, publication 8009, Univ of California, division of agriculture and natural resources, 9p.**
- 27- DOUAOUI A et HARTANI T; 2007- Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chéiff. Actes de l'atelier régional SIRMA. Tunis, pp**
- 28-KLOPPMANNW,BOURHANE, et ASFIRANEF;2011-Méthodologie de diagnostic de la salinité des masses d'eau. emploi des outils géochimiques. isotopiques et géophysiques. BRGM/RP-600026-FR,16p.**
- 29- NancyM.,1997-La qualité de l'eau d'irrigation: un facteur à ne pas négliger, Pp33-34.**
- 30-LANDREAU A et MONITION L;1977-nouvelle évaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation, 77 SGN628HYD, p3.**
- 31- SEDRATI N; 2011 - Origine et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-Sud Est Algérien. Thèse de doctorat, Univ Badji Mokhtar – Annaba, pp 1-138.**
- 33- FAO, 1985.**
- 34-James B. Beard, Turf Management for golf Courses, 1982, Macmillan Publishing page 642.**
- 35-Farnham et al, Waste water Reuse for golf course irrigation adapté de Westcot et Ayers,1984.**
- 36-HALITIMA.,1988-Lessons des régions arides d'Algérie.Ed.O.P.U,Alger.384p.**
- 37-CHAUDEJ et LECLE.RC.,1999-Ecophysiologie végétale.283p.**
- 38 -Mezerdi.Y, La situation phytosanitaire dans les exploitations agricoles dans la région de M'ziraa, état des lieux et perspectives. Mémoire master agronomie option production végétale.2019.**
- 39-BOU TELDJOU F ,2020, Evaluation de la qualité des eaux souterraines par combinaison des méthodes hydrogéochimique, statistiques et géostatistique: Cas de la plaine de Ain Oussera.**
- 40-KRIMA K , 2019, Evaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation cas (la cuvette de Ouargla).mémoire de master Génie civile option hydraulique,Ouargla,64p.**

## Annex :

Les forages									
Paramètres			<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
<b>T (°C)</b>			16	16.1	16.5	16.4	16.4	16.7	16.5
<b>Le Ph</b>			7.35	7.42	7.24	7.41	7.42	7.39	7.33
<b>CE(mS/cm)</b>			3.79	2.45	4.78	4.01	3.36	2.8	3.41
<b>Anions</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>mg/l</b>	142	142	395	355	177.5	142	383.4
		<b>méq/l</b>	4	4	11.12	10	5	4	10.80
	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>mg/l</b>	318.01	325.6	420.7	560.2	460	335.9	348
		<b>méq/l</b>	6.62	6.78	8.76	11.67	9.58	6.99	7.25
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>mg/l</b>	9.2	12.6	6.5	7	5.33	8.10	10.6
		<b>méq/l</b>	0.15	0.20	0.10	0.11	0.08	0.13	0.17
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>mg/l</b>	00	00	00	00	00	00	00
		<b>méq/l</b>	00	00	00	00	00	00	00
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>mg/l</b>	80	115	70	122	96	98	166
		<b>méq/l</b>	1.31	1.88	1.14	2	1.57	1.6	2.72
	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>mg/l</b>	0	0	0	0	0	0	0
		<b>méq/l</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cations</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>mg/l</b>	>440	>440	>440	>440	>440	>440	>440
		<b>méq/l</b>	>22	>22	>22	>22	>22	>22	>22
	Mg	<b>mg/l</b>	63.07	58.36	47.5	57.5	73.1	44.5	76.1
		<b>méq/l</b>	5.25	4.86	3.95	4.79	6.09	3.7	6.34
	Na <sup>+</sup>	<b>mg/l</b>	238	198	245	236	224	340	210
		<b>méq/l</b>	10.34	8.60	10.65	10.26	9.73	14.78	9.13
<b>TAC</b>			100	135	90	130	115	115	185
<b>Turbidité (NTU)</b>			0.618	1.47	2.26	12	1.08	8.77	0.517
<b>SAR</b>			2.8	2.34	2.87	2.81	2.6	4.12	2.42

Les forages			F8	F9	F10	F11
Paramètres						
T (°C)			16.2	16.3	16.6	16.5
Le Ph			7.25	7.33	7.35	7.42
CE(µS/cm)			3.19	2.35	4.05	4.01
Anions	Cl <sup>-</sup>	mg/l	140	140	395	345
		méq/l	3.94	3.94	11.12	9.71
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	330.15	440.1	380.5	410
		méq/l	6.87	9.16	7.92	8.54
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	6.10	5.45	6.7	11.1
		méq/l	0.1	0.08	0.10	0.18
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	00	00	00	00
		méq/l	00	00	00	00
	HCO <sub>3</sub>	mg/l	86	111	66	113
		méq/l	1.4	1.81	1.08	1.85
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0	0	0	0
		méq/l	0	0	0	0
Cations	Ca <sup>2+</sup>	mg/l	>440	>440	>440	>440
		méq/l	>22	>22	>22	>22
	Mg <sup>2+</sup>	mg/l	51.3	60.16	48.5	54.6
		méq/l	4.27	5.01	4.04	4.55
	Na <sup>+</sup>	mg/l	210	305.7	245.1	301.2
		méq/l	9.13	13.29	10.65	13.09
TAC			100	134	80	125
Turbidité (NTU)			0.628	1.37	2.16	10
SAR			2.52	3.62	2.95	3.59

## Le Résumé

L'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation, mais cette technique qui modifie considérablement la géochimie du sol, peut être dangereuse. En effet, les eaux d'irrigation sont plus souvent chargées de sels qui peuvent engendrer de la salinité de sol. De ce fait, notre travail basé sur la caractérisation de la qualité des eaux d'irrigation par des analyses physico-chimiques des onze forages destinés à l'irrigation d'olivier, l'analyse des données recueillies par l'analyse des eaux et les valeurs de la qualité des eaux d'irrigation. En effet, l'intérêt de notre recherche est de montrer la classification de qualité d'eau d'irrigation.

## الملخص

الزراعة ممكنة فقط بفضل الري ، لكن هذه التقنية التي تعدل بشكل كبير الكيمياء الجيولوجية للتربة ، يمكن أن تكون خطيرة. في الواقع ، غالبًا ما تكون مياه الري محملة بالأملاح التي يمكن أن تسبب ملوحة التربة. لذلك ، يعتمد عملنا على توصيف جودة مياه الري من خلال التحليلات الفيزيائية والكيميائية للآبار الاحدى عشر المخصصة لري أشجار الزيتون ، وتحليل البيانات التي تم جمعها من خلال تحليل المياه وقيم جودة مياه الري. في الواقع ، فإن اهتمامنا هو إظهار تصنيف جودة مياه الري.

## Abstract

Agriculture is only possible thanks to irrigation, but this technique which considerably modifies the geochemistry of the soil, can be dangerous. Indeed, irrigation water is more often laden with salts which can cause soil salinity. Therefore, our work based on the characterization of the quality of irrigation water by physico-chemical analyzes of the eleven boreholes intended for the irrigation of olive trees, the analysis of the data collected by the water analysis and the irrigation water quality values. Indeed, the interest of our research is to show the classification of irrigation water quality.