

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

**Faculté:** Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre.

**Département:** Biologie.

**Spécialité:** Eco-pédologie

**Thème :**

**Impact de la qualité physico-chimique des eaux  
d'irrigations du barrage Sidi M'Hamed Ben  
Taïba (SMBT) sur les sols agricoles**

**Soutenu le :** 22/06/ 2017

**Présenté Par :**

*Nom : LABADLIA*

*Prénom : Mohamed Amine*

*Nom : BENZERHOUDA*

*Prénom : Mahmoud*

**Devant les :**

### **Jury**

**President:** Mr. BENZAADA Mohamed

MAA

U. Khemis Miliana

**Promotrice :** M<sup>me</sup> HALLOUZ Faiza

MCB

U. Khemis Miliana

**Co-promotrice :** M<sup>elle</sup> KARAHACENE Hafsa

MAA

U. Khemis Miliana

### **Examineurs:**

M<sup>me</sup> ABDELBAKI Amina

MAA

U. Khemis Miliana

M<sup>me</sup> TOUHARI Fadhila

MCB

U. Khemis Miliana

*Année universitaire: 2016-2017*

# « Remerciements »

*Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la chance  
d'étudier et suivre Le chemin de la science*

*Et de nous avoir donné le privilège et la volonté pour accomplir ce modeste  
travail.*

*Un très grand merci à notre promotrice M<sup>me</sup> Hallouz F , Et notre  
Co-promotrice M<sup>elle</sup> KARAHACENE H pour avoir accepté de nous encadrer  
et de nous assister*

*Tout au long de la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

*Merci à tous les membres de jury qui ont accepté d'évaluer notre travail et à  
tous ceux qui nous ont accueilli et aidé à un moment ou à un autre au cours  
de ce travail.*

*Un très grand merci au personnel de laboratoire et un remerciement particulier à  
Amel responsable du laboratoire d'analyse physicochimique*

*Merci à toutes personnes qui nous connaît.*

*Et à toute la promotion 2017 d'éco pédologie.*



*Mohamed Amine*

*Mahmoud*

## « Dédicaces »

*A cœur vaillant rien d'impossible  
A conscience tranquille tout est accessible  
Quand il y a la soif d'apprendre  
Tout vient à point à qui sait attendre  
Quand il y a le souci de réaliser un dessin  
Tout devient facile pour arriver à nos fins  
Malgré les obstacles qui s'opposent  
En dépit des difficultés qui s'interposent  
Les études sont avant tout  
Notre unique et seul atout  
Ils représentent la lumière de notre existence  
L'étoile brillante de notre réjouissance  
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal  
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal  
Espérant des lendemains épiques  
Un avenir glorieux et magique  
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis  
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri  
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,  
Nous prions dieu que cette soutenance  
Fera signe de persévérance  
Et que nous serions enchantés  
Par notre travail honoré.*



# *Je dédie ce mémoire à ...*



*Mes chers parents, qui sont à l'origine de mon existence, que dieu les protèges, ils m'ont soutenu le long de l'élaboration de ce travail.*

*A mon très chère mère mon modèle à suivre qui m'a entouré d'amour et de tendresse et m'a appris la patience et le défit.*

*A mon très cher père qui m'encouragé et conseillé pendant mes plus pénibles moments et qui m'a guidé vers le droit chemin.*

*A mes très chers frères : Oussama ET Mourad.*

*A ma petite chère sœur : Assia.*

*A mes très chers cousins : Hichem ET Adel.*

*A tous les membres de la famille : « Labadlia » et « Yousfi ».*

*Encouragé par : Mon oncle Rabeh et Mon cher frère Moussa*

*A toute la section d'éco pédologie 2016/2017*

*A mes meilleures amies : Brahimi, Mouhamed, Hmed*

*Fatiha, Souad, Nesrine, Kawther*

*A tous les enseignants du primaire, du moyen, du secondaire et de l'université qui m'ont donné le gout des études.*

*Mohamed Amine*



# *Je dédie ce mémoire à ...* ✍️



*Mes chers parents, qui sont à l'origine de mon existence, que dieu les protèges, ils m'ont soutenu le long de l'élaboration de ce travail.*

*A mon très chère mère mon modèle à suivre qui m'a entouré d'amour et de tendresse et m'a appris la patience et le défit.*

*A mon très cher père qui m'encouragé et conseillé pendant mes plus pénibles moments et qui m'a guidé vers le droit chemin.*

*Consacrer ce travail à la femme unique en son genre par apport à mon cœur ,à la fille qui m'a donné la vie :N.Naima*

*A mes très chers frères Boualem et fares:*

*A ma petite chère sœur :F. ZAHRA*

*A tous les membres de la famille : « BENZERHOUDA » et « HABBI ».*

*A toute la section d'éco pédologie 2016/2017*

*A tous les enseignants du primaire, du moyen, du secondaire et de l'université qui m'ont donné le gout des études.*

*Mahmoud*

# Sommaire

**Table des matières**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale.....1**

**Etude bibliographique :**

## **Chapitre I : Généralités sur l'eau et sol**

**Introduction.....3**

**I. L'eau.....3**

**I.1. Définition.....3**

**I.2. Ressources en eau dans le monde .....4**

**I.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie .....4**

**I.4. Importance de l'eau .....4**

**I.5. Utilisations des eaux.....5**

**I.5.1 Usage Agricole.....5**

**I.5.2. Usage Domestique.....6**

**I.5.3. Usage Industriel .....6**

**I.5.4. Usage Municipal.....6**

**I.6.Généralité sur l'irrigation .....6**

**I.6.1 Définition .....6**

**I.6.2.Importance de l'irrigation .....7**

**I.6.2.1. Avantages.....7**

**I.6.2.2. Inconvénients.....7**

**I.7. Source principale de l'eau d'irrigation .....8**

**I.7.1.Eau de pluie.....8**

**I.7.2.Eau surface.....8**

I.7.3.Eau souterraine .....	8
I.8.Paramètre de la qualité de l'eau .....	8
I.8.1.Paramètres organoleptiques .....	9
A.Couleur .....	9
B.Odeur .....	9
I.8.2.Paramètres physiques.....	9
A. Température .....	9
B.Turbidité.....	9
C. pH (potentiel Hydrogène) .....	10
D. Conductivité électrique .....	10
I.8.3.Paramètres chimiques : .....	11
A.Salinité .....	11
B.Chlorure .....	11
C.Nitrate.....	11
D.Nitrite.....	11
E.Calcium.....	11
F.Magnésium .....	11
G.Sodium & Potassium.....	12
H.Phosphore.....	12
I.Sulfate .....	12
II. Sol.....	12
II.1.Définition .....	12
II.1.1.Définition générale .....	12
II.1.2.Définition écologique.....	12
II.2.Origines de la diversité des sols .....	13
II.3.Constituants du sol .....	13
II.3.1. La fraction minérale .....	13
II.3.2.Fraction organique.....	14
II.4. Propriétés du sol .....	14
II.4.1.Propriétés physiques .....	14
II.4.1.1.Organisation des particules : (structure, aération).....	14
II.4.1.2. Texture .....	15
1) La perméabilité du sol a l'eau et a l'air .....	15
2) Rétention de l'eau.....	15
II.4.2. Propriétés chimiques.....	15

II.4.2.1. pH .....	15
II.4.2.2. Capacité d'échange cationique (CEC) .....	16
II.4.2.3. Calcaire actif.....	16
II.4.2.4. Matière organique (MO) .....	16
II.4.2.5. Phosphore assimilable.....	16
II.4.2.6. Azote .....	17
II.5. Agriculture et la qualité de l'eau.....	17

## **Chapitre II : présentation de la zone d'étude**

I. Présentation de la wilaya de Ain Defla.....	18
I.1. Hydrologie.....	19
I.2. Géologie.....	20
I.3. Caractéristique pédologique .....	20
I.4. Agriculture.....	22
I.5. Trois superficies de Wilaya de Ain Defla.....	22
I.6. Superficies irriguées par mode d'irrigation (compagnes 2014/2015).....	23
I.7. Caractéristiques climatiques .....	24
I.7.1. Température: .....	24
I.7.2. Pluviométrie .....	25
I.7.3. Vent .....	26
II. Présentation de barrage sidi M'Hamed ben Taïba (SMBT) .....	27
II.1. Localisation du barrage .....	27
II.2. Principaux caractères.....	29
II.3. Etude hydrologique .....	29
III. Présentation de la plaine d'El-Amra .....	29
III.1. Principaux caractères.....	30

# Etude Expérimentale :

## Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Objectifs du travail .....	31
II. Le Prélèvement de l'eau .....	31
II.1. Plan d'échantillonnage .....	31
II.1.1. Date et Lieu des prélèvements.....	33
II.2. Matériel et techniques de prélèvement .....	33
II.2.1. Flaconnage .....	33
II.2.2. Conditionnement et transport des échantillons.....	34
III. Caractérisation physico-chimique de l'eau.....	34
III.1. Mesures in situ.....	34
III.2. Analyses au laboratoire .....	34
III.2.1. Les chlorures. ....	34
III.2.2. Le Calcium .....	34
III.2.3. Le magnésium .....	34
III.2.4. Le potassium et sodium.....	34
III.2.5. Les carbonates et bicarbonates .....	35
III.2.6. Matière en suspension (MES).....	35
III.2.7. Résidus secs .....	35
IV. Préparation des échantillons du sol.....	35
IV.1. Méthodes utilisés .....	35
IV.1.2. Prélèvement de sol .....	35
IV.1.3. Matériel utilisé.....	36
IV.1.4. Séchage des échantillons.....	37
IV.1.5. Broyage et tamisage .....	37
IV.2. Analyse physico-chimiques effectués sur le sol.....	38
IV.2.1. Analyse physique.....	39
IV.2.1.1. Granulométrie.....	39
IV.2.1.2. Porosité .....	41
IV.2.1.3. Humidité .....	41
IV.2.2. Analyse chimique .....	41

IV.2.2.1. Le potentiel hydrique (pH).....	41
IV.2.2.2. Conductivité électrique (CE) .....	43
IV.2.2.3. Matière organique (MO) .....	43
IV.2.2.4. Calcaire total .....	44
IV.2.2.5. Dosage des cations solubles sur l'extrait (1/5) .....	45
IV.2.2.6. Phosphore assimilable .....	45
IV.2.2.7. Azote.....	45
Conclusion.....	45

## **Chapitre IV : Résultat et discussion**

Introduction.....	46
I. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation.....	46
I.1. Résultats des analyses de l'eau in situ des différents points prélevés.....	46
I.1.1. Mesure du Température .....	46
I.1.2. Potentiel d'hydrogène .....	47
I.1.3. Conductivité électrique.....	48
I.1.4. Turbidité .....	48
I.1.5. Oxygène dissous.....	51
II. Résultats des analyses chimiques de l'eau.....	52
II.1. Calcium.....	52
II.2. Magnésium .....	52
II.3. Chlorure .....	54
II.4. Sodium.....	54
II.5. Potassium .....	55
II.6. Carbonate.....	56
II.7. Bicarbonate .....	56
II.7. Taux d'absorption du Sodium (SAR).....	57
II.8. Résidu Sec (RS) : .....	58
II.9. Mesure des matières en suspension).....	58
III. Résultats et discussions du sol.....	60
III.1. Analyse physico-chimique du sol avant et après irrigation. ....	60

III.1.1. Analyses physique.....	60
III.1.2. Mesure de la granulométrie du sol (%).....	60
III.1.3. Mesure de la porosité (%).....	61
III.1.3. Mesure de l'humidité du sol % .....	61
IV. Caractères chimiques du sol.....	62
IV.1. Mesure du pH du sol.....	62
IV.1.1 pHeau .....	62
IV.1.2. pH <sub>KCl</sub> .....	63
IV.1.3. Relation pHeau et pH <sub>KCl</sub> .....	64
IV.2. Mesure de la conductivité électrique du sol (ms/cm) .....	65
IV.3. Mesure de la matière organique .....	66
IV.4. Mesure de calcaire totale .....	66
IV.5. Mesure des cations solubles.....	67
IV.5.1. Mesure de calcium .....	67
IV.5.2. Mesure de magnésium .....	68
IV.5.3. Mesure de sodium .....	69
IV.5.4. Mesure de potassium .....	69
IV.5.5. Mesure de SAR.....	69
DISCUSSION GENERALE.....	70
Conclusion GENERALE .....	72
Références bibliographiques	
Annexe	

# Résumé

Notre travail repose sur l'étude des effets de la modification de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation, issue du barrage SMBT, de l'Oued Cheliff et de la STEP de Ain Defla, sur les propriétés physico-chimique d'un sol agricole du périmètre d'El Amra.

L'identification de la nature et de la gravité de ce changement a nécessité la réalisation d'échantillonnage de l'eau et du sol, et l'analyse des caractères, physico-chimiques de ces paramètres.

Les résultats, ainsi obtenus, indiquent qu'il y a une grande influence de la qualité des paramètres physico-chimique de l'eau d'irrigation sur le sol agricole de la zone d'étude, cette eau a modifié ses paramètres après irrigation. Le pH est neutre à légèrement alcalin et devient alcalin, la conductivité est peu salé et devient peu salé à salé. Ces sols sont pauvres en matière organique, cette dernière évolue en fonction des quantités d'engrais utilisés et les débris des végétaux (Humus), ce sol connaît une augmentation de la teneur en calcaire.

Malgré la présence des plusieurs paramètres physico-chimique de l'eau d'irrigation qui dépassent les normes tel que CE, Mg et  $\text{CO}_3$ , mais leur influence reste faible sur les sols.

En effet, les résultats obtenus mettent en évidence que le milieu agricole contient des teneurs non négligeables en quelques éléments minéraux d'origines anthropiques diverses qui agissent sur la qualité physico-chimique du sol.

**Mots clés** : barrage SMBT, STEP, Ain Defla, sol agricole, paramètres physico-chimique, engrais, eau d'irrigation

# *Abstract*

Our work is based on the study of the effects of changes in the physicochemical quality of irrigation water from the SMBT dam, the Oued Cheliff and the STEP de Ain Defla, on physicochemical properties of an agricultural soil of the perimeter of El Amra.

The identification of the nature and severity of this change necessitated the sampling of water and soil and the analysis of the physico-chemical characteristics of these parameters.

The results thus obtained indicate that there is a great influence of the quality of the physicochemical parameters of the irrigation water on the agricultural soil of the study area, this water modified its parameters after irrigation. The pH is neutral to slightly alkaline and becomes alkaline, the conductivity is slightly salty and becomes slightly salty to salty. These soils are poor in organic matter, the latter changes according to the quantities of fertilizer used and the debris of the plants (Humus), this soil increases the limestone content.

Despite the presence of several physicochemical parameters of irrigation water that exceed standards such as CE, Mg and CO<sub>3</sub>, their influence remains low on soils.

Indeed, the results obtained show that the agricultural environment contains not insignificant contents in a few mineral elements of various anthropic origins that affect the physicochemical quality of the soil.

Key words: SMBT dam, STEP, Ain Defla, agricultural soil, physicochemical parameters, fertilizers, irrigation water

# ملخص

يستند عملنا في دراسة تغير النوعية الفيزيوكيميائية لمياه الري الصادرة عن سد سيدي أمحمد بن طيبة , واد الشلف و محطة معالجة مياه الصرف على الخاصية الفيزيوكيميائية للتربة الفلاحية لمنطقة العامرة (عين الدفلى)

لتحديد طبيعة وخطورة هذا التغير قمنا بأخذ عينات من مصادر المياه و التربة

تشير النتائج إلى وجود تأثير كبير لمياه السقي على التربة الفلاحية في منطقة الدراسة , حيث شمل هذا التغير في التربة على درجة الحموضة حيث كانت من معتدلة إلى قاعدية جزئيا و أصبحت قاعدية , و درجة الملوحة من مالحة نوعا ما إلى مالحة , زيادة في نسبة الأملاح العضوية نتيجة عن الدبال , بقايا النباتات و الأسمدة و زيادة نسبة كربونات الكالسيوم.

و بالفعل بينت دراستنا ان البيئة الزراعية تحتوي على مستويات عالية من المواد المعدنية ذات أصل إنسان متنوع

## الكلمات المفتاحية

سد سيدي أمحمد بن طيبة

محطة معالجة مياه الصرف

مياه السقي

الميزات الفيزيوكيميائية

## *Liste des abréviations*

**FAO** : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture

**ANDI** : Agence National de Développement des investissements

**DSA** : Direction des Services Agricoles

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**INSID** : Institu National des Sols de l'Irrigation et du Drainage

**SMBT**: Barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba

**MRE** : Ministère des Ressources en Eau

**STEP**: Station d'Epuration des Eaux Usées

**SAT**: Superficie Agricole Totale

**SAU**: Superficie gricole Utile

**ASTM**: American Society for Testing Materiel

**RS**: Residu Sec

**SAR**: Sodium Absorbation Ratio

**MES**: Matieres en Suspension

**MO**: Matiere Organique

**CE** : Conductivite Electrique

**pH** :potentiel Hydrogène

**DA**: Densité apparante

**DR** : Densité réelle

**EDTA**: l'Acide Éthylène Diamintetracétique

**AgN03**: Nitrate d'argent

**Na+**: ion sodium

**k+** : ion potassium

**T°C** : température on degré Celsius

**Ca<sup>2+</sup>** : ion calcium

**Mg<sup>2+</sup>** : ion magnésium

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

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

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

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : ion Sulfates

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

# Listes des figures

<b>Figure 1 :</b> Répartition des ressources en eau dans le monde .....	3
<b>Figure 2 :</b> Situation géographique de la région de Ain Defla.....	18
<b>Figure 3:</b> Localisations géographiques des barrages de la wilaya de Ain Defla.....	19
<b>Figure 4:</b> Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif.....	20
<b>Figure 5:</b> Principales Nappes d'eau Souterraines .....	20
<b>Figure 6:</b> Carte d'occupation de sol de la wilaya de Ain-Defla .....	21
<b>Figure 7:</b> Répartition des classes d'occupation du sol .....	24
<b>Figure 8:</b> Evaluation de Température (T° moy, T° min, T° max) mensuelle durant (1979-2014).....	25
<b>Figure 9:</b> La variation de pluviométrie moyenne mensuelle durant la période (1979 à 2014).....	26
<b>Figure 10:</b> Vitesse de vents moyens mensuels en km/h .....	27
<b>Figure 11:</b> Situation géographique de barrage Sidi M'hamed Ben Taïba.....	28
<b>Figure 12:</b> Localisations géographiques de la région El-Amra .....	30
<b>Figure 13:</b> Plan d'échantillonnage .....	32
<b>Figure 14:</b> Plan des points des échantillons prélevés sur terrain.....	35
<b>Figure 15:</b> Matériels utilisé pour prélèvement les échantillons du sol .....	36
<b>Figure 16:</b> la méthode de séchage des échantillons du sol.....	36
<b>Figure 17:</b> Matériels utilisé pour Broyage et tamisage les échantillons du sol.....	37
<b>Figure 18:</b> Diagramme de texture.....	39
<b>Figure 19:</b> Variation des valeurs de la température selon les sources d'eaux prélevées.....	46
<b>Figure 20:</b> Variation des valeurs de pH selon les sources d'eaux prélevées.....	47
<b>Figure 21:</b> Variation des valeurs de la conductivité électrique selon les sources d'eaux prélevées.....	48
<b>Figure 22:</b> Les image des sources d'eaux prélevées (A B D).....	49
<b>Figure 23:</b> Les images des sources d'eaux prélevées (C).....	49
<b>Figure 24:</b> Les images des sources d'eaux prélevées (E).....	50
<b>Figure 25:</b> Les images des sources d'eaux prélevées (F) .....	50
<b>Figure 26:</b> Les images des sources d'eaux prélevées (G) .....	51
<b>Figure 27:</b> Variation des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des sources d'eaux prélevées .....	51
<b>Figure 28:</b> Variation des valeurs de la concentration de calcium selon des sources d'eaux prélevées.....	52
<b>Figure 29:</b> Variation des valeurs de la concentration de magnésium selon des sources d'eaux prélevées.....	53
<b>Figure 30:</b> Variation des valeurs de la concentration de chlorure selon des sources d'eaux prélevées.....	54
<b>Figure 31:</b> Variation des valeurs de la concentration de sodium selon des sources d'eaux prélevées.....	55
<b>Figure 32:</b> Variation des valeurs de la concentration de potassiumselon des sources d'eaux prélevées.....	55

<b>Figure 33:</b> Variation des valeurs de la concentration de carbonate selon des sources d'eaux prélevées.....	56
<b>Figure 34:</b> Variation des valeurs de la concentration de bicarbonate selon des sources d'eaux prélevées.....	57
<b>Figure 35:</b> Variation des valeurs du SAR de carbonate selon des sources d'eaux prélevées...	57
<b>Figure 36:</b> Variation des valeurs du Résidu Sec (RS) selon des sources d'eaux Prélevées....	58
<b>Figure 37:</b> Variation des valeurs de la matière en suspension (MES) selon des sources d'eaux Prélevées.....	59
<b>Figure 38:</b> Variation de la granulométrie du sol selon les échantillons prélevés.....	60
<b>Figure 39:</b> Variation du taux de la porosité des échantillons du sol prélevé.....	61
<b>Figure 40:</b> Taux de l'humidité des échantillons du sol prélevé .....	62
<b>Figure 41:</b> Variation de l'acidité actuelle du sol dans la parcelle étudiée avant et après irrigation.....	63
<b>Figure 42:</b> Variation de l'acidité potentielle du sol dans la parcelle étudiée avant et après irrigation.....	64
<b>Figure 43:</b> Relation entre pHeau et pHKCl selon les différentes échantillons prélevées du sol .....	64
<b>Figure 44:</b> Variation de la conductivité électrique du sol étudié avant et après irrigation.....	65
<b>Figure 45:</b> Variation des teneurs en matière organique du sol avant et après irrigation.....	66
<b>Figure 46:</b> Variation des teneurs en calcaire total du sol avant et après irrigation .....	66
<b>Figure 47:</b> Variation des teneurs en calcium du sol avant et après irrigation .....	67
<b>Figure 48:</b> Variation des teneurs en magnésium du sol avant et après irrigation .....	68
<b>Figure 49:</b> Variation des teneurs en sodium du sol avant et après irrigation .....	68
<b>Figure 50:</b> Variation des teneurs en potassium du sol avant après irrigations .....	69
<b>Figure 51:</b> Variation de SAR du sol avant et après irrigations .....	70

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1:</b> Ressources hydriques en Algérie .....	4
<b>Tableau 2:</b> Besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance .....	5
<b>Tableau 3:</b> Classes de turbidité usuelles (NTU, Néphélométrie Turbidité Unit).....	10
<b>Tableau 4:</b> Classification des eaux d'après leur pH.....	10
<b>Tableau 5:</b> Les types des pores .....	14
<b>Tableau 6:</b> Texture du sol dans les différentes communes de la wilaya d'Ain Defla.....	22
<b>Tableau 7:</b> Superficies de l'occupation du sol de la wilaya.....	23
<b>Tableau 8:</b> Caractéristiques générales de barrage SMBT .....	29
<b>Tableau 9:</b> Caractéristiques générales de la région El Amra .....	30
<b>Tableau 10:</b> Tableau des analyses du sol au laboratoire. ....	37
<b>Tableau 11:</b> Echelles d'interprétation de pH:extrait 1/2,5 .....	40
<b>Tableau 12:</b> Echelles de salinité en fonction de la conductivité électrique.de l'extait 1/5.....	41
<b>Tableau 13:</b> Echelles d'interprétation de la Matière organiques.....	42
<b>Tableau 14:</b> Echelles d'interprétation de Calcaire Total.....	43

## Introduction générale

Le sol et l'eau sont les deux ressources fondamentales de notre environnement naturel ainsi que de l'agriculture. L'accroissement de la population rendre ces de plus en plus rare ou bien conduit à leur exploitations excessive dans de nombreuse parties du monde. L'impérieuse nécessité de gérer continuellement ces ressources d'une manière efficiente est devenue une des taches cruciales de notre époque. Pour cette raison, il faut de plus en plus approfondir et diffuser la connaissance des projet et du comportement du système sol-eau en relation avec les conditions climatologique, la végétation et le cycle hydrologique (**Hillel, 1984**).

La qualité des eaux et des sols ont connu ces dernières années une grande dégradation, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée de ces ressources. L'apport de substances étrangères dans un écosystème modifie ces conditions naturelles, ainsi les concentrations des polluants peuvent atteindre des valeurs nettement plus élevées ce phénomène constitue donc une menace particulière pour l'être humain et d'autres maillons finaux de la chaine alimentaire (**Koller, 2004**).

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques.

Plusieurs champs agricoles ont également été détruits à cause de l'utilisation des eaux polluées des Oueds pour l'irrigation (**Debeiche, 2002**).

La dégradation de la qualité des sols à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (**Belaid, 2011**).

L'effet de la qualité de l'eau sur le sol et les cultures et d'aider dans le choix de solutions de remplacement appropriées pour faire face aux éventuels problèmes liés à la qualité de l'eau qui pourrait réduire la production dans des conditions d'utilisation en vigueur.

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'évaluer l'impact de la qualité de l'eau, sur le sol au niveau d'une zone à vocation agricole. La démarche adoptée consiste à échantillonner le sol et l'eau, ont fait l'objet des analyses in situ et au laboratoire.

Les résultats obtenus sont consignés dans le document en trois chapitres.

Le premier met le point sur l'état des connaissances concernant le sol, l'eau ainsi que leur interaction entre eux.

Le deuxième présente la zone sur laquelle l'étude (Ain Defla, El Amra et Barrage SMBT).

Le troisième se concentre sur les matériels et les méthodes utilisés pour l'évaluation la qualité physico-chimique de l'eau et du sol.

Le quatrième traite des résultats obtenus et leur discussion et nous terminerons ce document par une conclusion et quelques recommandations.

## Introduction

L'importance du système sol-eau dans la nature et dans la vie de l'homme a été reconnue depuis l'aurore de la civilisation, et depuis que l'homme a pris conscience de ses réactions avec son milieu (Hillel, 1984).

## I. L'eau

### I.1. Définition

Nom féminin du latin « Aqua », l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H<sub>2</sub>O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états ; solide, liquide, et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés (Michard, 2002)

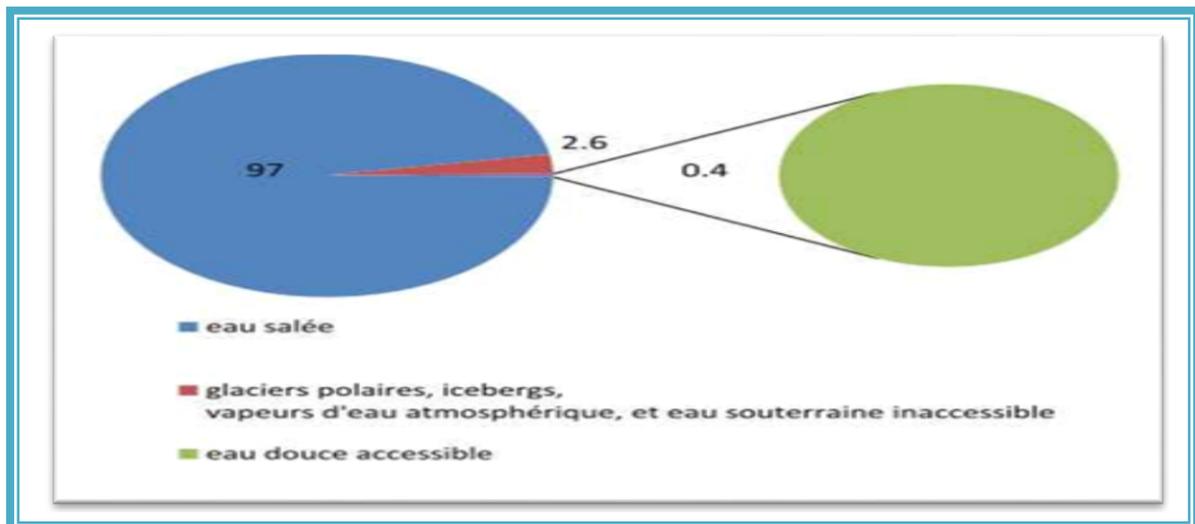


Figure 1: Répartition des ressources en eau dans le monde (Nebel & Wright, 1996)

## I.2. Ressources en eau dans le monde

L'eau recouvre 72 % de la surface terrestre et représente une réserve totale de 1350 milliard de km<sup>3</sup> dans la biosphère. Cependant l'eau se trouve en constant recyclage. L'eau douce ne représente que 2,5 % du stock total d'eau sur la planète (les 97,5 % restant étant salés) : or 2/3 de l'eau douce planétaire est concentrée dans les glaciers et la couverture neigeuse et 1/3 dans les nappes souterraines difficiles d'accès. Il ne reste que 0,3 % de l'eau douce (soit 0,007 % de la totalité de l'eau de la planète) dans les rivières, les ruisseaux, les réservoirs et les lacs. Seule cette infime partie est aisément disponible et se renouvelle relativement rapidement : 16 jours en moyenne pour une rivière, 17 ans pour un lac (**Mebarki, 2005**).

## I.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie

En Algérie, les ressources en eau douce sont rares et vulnérables et la disponibilité en eau potable par habitant est en décroissance inquiétante (**Bouziari, 2000**).

Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution du fait de concentration des rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs (**Kettab, 2001**).

Elles sont limitées et inégalement réparties, une pluviométrie totalise un volume annuel de 12,4 milliards m<sup>3</sup>.

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau (**Saidam, 2005**).

Il est noté qu'en 2006, 900 000 ha soit 10.5% de la SAU sont irrigués, et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (**Baghdali, 2007**).

**Tableau N°01:** Ressources hydriques en Algérie (**Bouziari, 2000**)

Désignation	Eaux mobilisables(%)	Eaux mobilisées (%)
Eau de surface	5.7	1.8
Eau souterraine	6.5	2.1
Total	12.2	3.9

## I.4. Importance de l'eau

C'est une source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique... L'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre (**NGÖ, 2008 et Regent**).

Et grâce à l'eau, cette dernière a connu un climat favorable et par la suite des conditions de vie adéquates pour tous les êtres vivants (**Andreae, 1970**).

## I.5. Utilisations des eaux

### I.5.1 Usage Agricole

Les agriculteurs se fient le plus souvent aux sources naturelles locales, plus qu'aux systèmes publics de distribution (**Masschelein, 1996**).

La majeure partie des prélèvements mondiaux est destinée à l'irrigation celle-ci est une pratique très ancienne connue depuis l'Antiquité.

Aujourd'hui dans le monde environ 15% des terres arables sont irriguées et cette proportion est beaucoup plus élevée dans certains pays comme le Pakistan (plus de  $\frac{3}{4}$ ) et l'Égypte (**Rouyrre, 2003**). L'irrigation aura pour effet de relever le niveau de production des terres et d'atténuer ou d'éliminer les aléas inhérents aux variations du climat et dans une certaine mesure aux autres particularités naturelles. L'inconvénient de l'eau d'irrigation est son incapacité à servir à d'autres usages (**Faby, 1997**).

Les plantes se servent de l'eau pour développer leurs tissus à l'aide du processus de la Photosynthèse et pour régulariser leur température, elles agissent à la manière des pompes tirant l'eau du sol et l'acheminant vers les feuilles, d'où elle s'évapore dans l'atmosphère, ainsi les variations de la quantité de l'eau du sol qu'utilisent les plantes se déterminent selon le type de la plante, la quantité de l'eau dans le sol pouvant être absorbée, ainsi que la quantité de l'eau que l'atmosphère peut tirer des plantes et du sol (**Mouvet & Baran, 2005**).

**Tableau N° 02:** Besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance (**Rejesk, 2005**).

Les plantations	Utilisation moyenne d'eau (mm <sup>3</sup> )	Période de croissance (jour)
Pomme de terre	508	140
Tomate	356	105
Blé de printemps	457	100
Avoine	406	95
Maïs cultivé	381	120
Pin	381	100
Luzernes	635	155
Graminées	610	150

Betteraves sucrières	559	155
Pois de conserverie	330	80

### I.5.2. Usage Domestique

L'utilisation domestique de l'eau recouvre principalement la consommation d'eau potable, les bains, la cuisine, les usages sanitaires et le jardinage, cette consommation représente 8 à 10 % de la consommation totale sur la planète. (NGÖ, 2008 et Regent).

### I.5.3. Usage Industriel :

Généralement les industries transformatrices sont les plus consommatrices en eau.

La plus grande part de l'eau qui est utilisée par l'industrie est épuisée dans les réserves naturelles (rivières) et 80 à 90% de celle-ci sert comme eau de refroidissement qui est, elle-même, restituée à 90% au milieu. Les besoins spécifiques de l'industrie sont énumérés dans la littérature ; 6 à 10 m<sup>3</sup> par tonne d'acier, 0,3 m<sup>3</sup> par tonne de pétrole raffiné, 40 à 80 m<sup>3</sup> par tonne de papier... Et dans l'industrie chimique ; 450 m<sup>3</sup> par tonne d'acide acétique et 900 m<sup>3</sup> par tonne de sulfate d'ammonium. L'importance relative des besoins industrielles par rapport à la consommation domestique est largement dépendante des conditions régionales. Aux abords des agglomérations développées, la consommation industrielle se situe entre 10 à 50% du total, les zones portuaire emploient souvent plus d'eau brute industrielle (Masschelein, 1996).

### I.5.4. Usage Municipal

En distribution urbaine, l'utilisation de l'eau est quantifiée entre 5 et 55% du total de la consommation, aux fins du nettoyage des rues, des fontaines publiques, de l'arrosage des parcs de l'extinction des incendies et en certains lieux publics ou qui appartiennent à l'état, de l'usage non facturé de l'eau (Masschelein, 1996).

## I.6. Généralité sur l'irrigation

### I.6.1 Définition

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi-arides (EL-Asslouj et al, 2007)

la qualité de l'eau d'irrigation est un facteur important et déterminant pour la production agricole (**Halitim, 1988**).

### **I.6.2.Importance de l'irrigation**

#### **I.6.2.1. Avantages**

Tant qu'on ne saura pas faire pleuvoir où et quand on veut, l'irrigation restera le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde.

En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus (et même dix en zone aride) de production (**Plauchu, 2003**)

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie (électricité, fuel, etc)

#### **I.6.2.2.Inconvénients**

L'irrigation présente deux inconvénients majeurs pour les milieux aquatiques. Elle est grande consommatrice d'eau et peut accélérer la désertification de certaines régions.

L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation qui peut être apprécié par la conductivité électrique (CE) et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière, due aux échanges ioniques, concerne surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol; il est évalué par le coefficient d'absorption du sodium (SAR) (**Devillers,j et Squilbin , 2005**).

Mal conduite, elle peut être néfaste pour les sols. Lorsqu'ils sont trop secs, l'infiltration de l'eau se fait mal et si l'apport est trop important, une grande partie de l'eau stagne ou ruisselle le long des pentes. En s'évaporant, l'eau stagnante laisse en dépôt les sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et doivent être abandonnés; c'est un phénomène que l'on observe surtout dans les régions arides et semi arides.

Quant au ruissellement de l'eau, il favorise l'érosion des sols, surtout lorsqu'ils sont secs. À l'inverse, des sols trop imbibés sont néfastes pour la plupart des végétaux dont il sa asphyxient les racines. Les sols doivent donc être convenablement drainés afin de permettre à l'eau en excès de s'évacuer. L'irrigation est l'activité qui consomme le plus d'eau, elle absorbe plus de 85 % de l'eau maîtrisée par l'homme (**Horning, 1973, Plauchu, 2004**).

### **I.7.Source principale de l'eau d'irrigation**

#### **I.7.1.Eau de pluie**

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des percipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (**Jean, 1986**).

#### **I.7.2.Eau surface**

Composées d'eaux de fleuve, de rivière, de marigot, ces eaux couvrent la terre. La terre « planète bleue » en raison de la présence d'eau, 97.5% de celle-ci consiste tout fois en eau salée dont l'essentiel est dans les océans et 2.5% seulement en eau douce et les barrages. (**Jean, 1986**)

#### **I.7.3.Eau souterraine**

Formées par les eaux d'infiltration, les eaux souterraines sont exemptes de pollution cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres source de pollution, le manque de protection, d'autre part, elles peuvent être chargées par les éléments, eaux saumâtres, (NaCl) eau dure (Ca<sup>2+</sup>), eau ferrugineuse (Fe<sup>2+</sup>) (**Joel, 2003**).

### **I.8.Paramètre de la qualité de l'eau**

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres organoleptique, physique, et chimique (**Devillersset al.,2005**).

### I.8.1. Paramètres organoleptiques

#### a. Couleur

La couleur d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0.45 µm. Elle est dite apparente quand les substances y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2009).

#### b. Odeur

Est un signe de pollution ou de la présence de matières organique en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire (Rodier, 2009).

### I.8.2. Paramètres physiques

#### A. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (Rodier, 2005).

L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'auto-épuration, et accroît la vitesse de sédimentation (Loup, 1974).

#### B. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matière colloïdale d'origine organique ou minérale, les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit). (Rejsek, 2002)

**Tableau N° 03:** Classes de turbidité usuelles (NTU, Néphélométrie Turbidité Unit) (**FAO, 1996**)

<b>Turbidité</b>	<b>Classification de l'eau</b>
NTU < 5	L'eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

### C. pH (potentiel Hydrogène)

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimique. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'anhydride carbonique, l'alcalinité et la température (Rodier.J.1984). L'eau renferme des ions  $H^+$  et  $OH^-$  libre (qui ne sont pas combinés pour donner des molécules de liquide). Le taux de concentration en ion  $H^+$  est le potentiel hydrogène (en abrégé pH) du milieu.(Loup.1974).

**Tableau N° 04 :** Classification des eaux d'après leur pH.( **Biase, D, 2000**)

<b>pH</b>	<b>Classification de l'eau</b>
pH=5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
Ph=8	Alcalinité forte, évaporation intense

### D. Conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et leurs concentrations. La température et la viscosité influent la conductivité, car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (**Rodier, 2009**).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau ; à partir de la détermination de la conductivité, on peut déduire la teneur en sels dissous car la conductivité représenté la mobilité de ses sels (**Rejsek, 2002**).

### I.8.3. Paramètres chimiques

#### a) Salinité

La salinité totale d'une eau correspond au totale des cations et des anions présents exprimés en mg/l (**Degrement, 1989**).

#### b) Chlorure

Très répandus dans la nature, généralement sous forme de NaCl, KCl ou CaCl<sub>2</sub>, les chlorures constituent 0.05% de la lithosphère.

Les chlorures présents dans une eau, peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation de l'eau à travers des terrains salés ;
- Infiltration d'eaux marines dans la nappe souterraine, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif ;
- Rejets humains, en particulier d'urine ;
- Industries extractives comme des mines de potasse ou des salines (**Rejsek, 2002**).

#### c) Nitrate

Les nitrates constituent les stades finals de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines (**Rejsek, 2002**).

#### d) Nitrite

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composants azotés. Ils s'insèrent dans le cycle d'azote l'ammoniaque et les nitrates, leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates (**Rejsek, 2000**).

#### e) Calcium

Une forte présence en calcium dans l'eau donne des eaux dures. En plus de son origine industrielle, le calcium peut provenir d'une origine naturelle par la dissolution du gypse, sous l'attaque chimique des roches carbonatées (**Rodier, 2009**).

#### f) Magnésium

Le magnésium provient d'une part, de l'attaque chimique par des roches magnésiennes, des basaltes et des argiles par le CO<sub>2</sub> et d'autre part, du lessivage des roches volcaniques, ainsi que par la dissolution de MgSO<sub>4</sub>, présents dans les terrains gypseux (**Rejsek, 2002**).

**g) Sodium & Potassium**

Le sodium est un élément très soluble et très fréquent dans les eaux ; il peut provenir à partir de plusieurs origines à savoir : la décomposition des sels minéraux tels que les silicates, le lessivage des formations géologiques riches en NaCl et des venues d'eaux salées dans les nappes, des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et domestique

Le potassium provient d'une part, des lessivages des engrais, des argiles et des roches volcaniques, et d'origine industrielle, d'un autre part (**Rodier, 2005**).

**h) Phosphore**

Le phosphore total est indispensable au développement des micro-algues en suspension ; la présence de phosphore en excès peut provoquer la prolifération des végétaux. Ce paramètre so us informe sur la dégradation qui est soit à l'eutrophisation (**Rodier.J ; 2005**).

**i) Sulfate**

Les sulfates peuvent être, d'origine naturelle à partir du gypse ou pyrite, d'origine industrielle ou à partir des produits de traitement agricole (**Rodier, 2005**).

**II. Sol****II.1.Définition****II.1.1.Définition générale**

La lithosphère se subdivise en couches horizontales successives aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques spécifiques (**Wingardner, 1995**).

Il assure différentes fonctions, du point de vue de l'histoire et de l'utilisation des sols ainsi que d'une perspective écologique et environnementale, le concept du sol enlace également les roches poreuses sédimentaires, les autres matériaux perméables, en plus de l'eau qu'ils contiennent et des réserves d'eau souterraine (**Camuzard, 2005**).

**II.1.2.Définition écologique**

Ecologiquement, le sol est un milieu tri-phasique avec une phase solide, minérale et organique, comprenant les éléments constituant la structure du sol, une phase liquide avec des éléments dissous « la solution du sol » et en fin une phase gazeuse remplissant les pores vides. Ce milieu, poreux, hautement réactif vis à vis de la phase liquide et intégrant des fractions présentant les propriétés des substances colloïdales est un lieu d'échanges fonctionnant comme un réacteur chimique. Grace au pouvoir adsorbant du sol et de ses capacités

d'échanges, il constitue le milieu nutritif essentiel des écosystèmes terrestres. Il demeure aussi le lieu privilégié des fonctions bio-transformatrices des écosystèmes, au regard du stockage et de la dynamique des flux du carbone et de l'azote mais aussi au regard de l'altération des minéraux donc des processus initiateurs de la pédogenèse, grâce à l'activité des microorganismes (**Berthelin, 1998 in Camuzard, 2005**).

## **II.2.Origines de la diversité des sols**

Les sols résultent de transformations affectant les matériaux de l'écorce terrestre. Les climats successifs, l'activité biologique et l'homme en sont les agents directement responsables ; leur effet dépend non seulement de la nature des roches et de leurs formations dérivées, mais aussi du relief et de la migration de la matière à l'état de solution ou de suspension dans l'eau (**Mirsal, 2004**).

L'organisation originelle des matériaux géologiques disparaît pour laisser place à une organisation entièrement nouvelle d'origine pédologique. Force est de constater que les sols actuels sont essentiellement un héritage du passé.

Le processus de différenciation d'un sol au dépend d'un matériau géologique est connu sous la dénomination de pédogenèse ; les facteurs de cette pédogenèse sont ; les matériaux originels, le climat, le relief, l'occupation végétale, le facteur temps et essentiellement les influences anthropique (**Mirsal, 2004**).

## **II.3.Constituants du sol**

Le sol est en majeure partie constitué en masse, comme en volume, de particules minérales de taille et de nature minéralogique différentes. Secondairement, il est formé de constituants organiques allant de fragments de végétaux ou d'animaux à des macromolécules organiques complexes (**Stengel, 2009**).

- Le sol est un corps vivant composé de deux fractions :

### **II.3.1. La fraction minérale**

La fraction minérale est principalement constituée de minéraux primaires (quartz, micas, feldspaths...) et de minéraux secondaires, les oxydes métalliques ou les argiles (**Duchaufour, 2001**). **Mirsal, (2004)** rapporte que la fraction minérale n'intervient pas ou peu dans la sorption des polluants organiques sauf quand la teneur en carbone organique du sol est faible.

### II.3.2.Fraction organique

La fraction organique est formée en grande partie de cellulose, d'hémicellulose, de lignine et de tanins en plus faibles pourcentages, venant de la matière décomposée. Cette matière organique contient également de petites quantités de protéines et des fragments d'hydrates de carbone, des composés aminés, phénoliques ou aromatiques issus de l'activité biologique (Mirsal, 2004.). Galet, (2004) atteste que cette fraction intervient fortement dans la sorption des composés organiques tels que les HAP (hydrocarbure aromatique polycyclique).

### II.4. Propriétés du sol

La reconnaissance des sols est basée sur l'identification de leurs paramètres physicochimiques. Le mode de regroupement et d'assemblage des différentes particules qui les constituent, leur donne une texture et une structure caractéristique (Duchaufour, 1994).

#### II.4.1.Propriétés physiques

##### II.4.1.1.Organisation des particules :(structure, aération)

La structure désigne le mode d'assemblage des particules ; elle s'observe et se décrit à deux niveaux : à l'échelle macroscopique observable à l'œil nu et à l'échelle microscopique (microstructure ou micromorphologie).

La structure détermine la répartition dans l'espace de la matière solide et des vides (pores) dont certains sont occupés par l'eau, d'autres les plus grossiers, par de l'air (Tableau 5).

Cette répartition conditionne l'ensemble des propriétés physiques fondamentales du sol : aération et possibilités de respiration des racines, rétention, par les forces capillaires, d'une réserve d'eau utilisable par les plantes, en période sèche, ... etc(Duchaufour, 1994)

**Tableau N° 05 : Les types des pores (Du chaufour, 1994).**

Les pores	Taille des diamètres	Caractéristiques
Les pores grossiers	$D > 50 \text{ } \mu\text{m}$	Occupe par l'air
Les pores moyens	$D = 50 \text{ } \mu\text{m} \text{ à } 10 \text{ } \mu\text{m}$	Tantôt occupe par l'eau, tantôt par l'air
Les pores fins	$D = 10 \text{ } \mu\text{m} \text{ à } 0,2 \text{ } \mu\text{m}$	Retient l'eau capillaire
Les pores très fins	$D < 0,2 \text{ } \mu\text{m}$	Occupe par l'eau liée non absorbable par les racines

Le complexe argilo humique joue un rôle structural. Ce rôle est plus ou moins important selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type et la teneur en argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol et les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère (CALVET, 2003).

Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profond des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritive du sol (Soltner, 2000).

#### II.4.1.2. Texture

La texture du sol est la base (presque) de toutes les autres propriétés. C'est la propriété du sol qui traduit de manière globale la composition granulométrique de la terre fine (Gobat, 2010).

La texture constitue un caractère fondamental du sol, car elle influe sur :

##### 1) La perméabilité du sol a l'eau et a l'air

**Redliche & verdure** dans leur revue en **1975** parlent de l'indépendance du taux de la matière organique et la perméabilité. Le critère retenu pour mesurer la perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau exprimée en  $\text{cm}^3/\text{heures}$ . Le taux élève de matière organique n'implique pas forcément une bonne perméabilité. Cependant, son degré de décomposition a une influence sur cette dernière : plus la matière organique est décomposée, plus la perméabilité n'est faible et vice versa (Redlich & Verdure, 1975).

##### 2) Rétention de l'eau

Sous forme de vapeur et de liquide, l'eau occupe environ un quart du volume d'un sol. Quand ce dernier est saturé, l'eau qui percole à travers une tranche du sol le fait sous l'influence de la gravité. La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau, puisque ces deux fluides se partagent l'espace interstitiel (Blanc, 1985).

#### II.4.2. Propriétés chimiques

##### II.4.2.1. pH

Le pH est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ion  $\text{H}^+$ . Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces

absorbantes du sol (Mirsal, 2004).

#### II.4.2.2.Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique (CFC) est la capacité à fixer de façon réversible les cations échangeables ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) (Baise., 2000). Les cations sont liés aux feuillets d'argile par des forces de nature électrostatique et possèdent la propriété d'être échangeables. Ces cations échangeables se fixent à la surface des feuillets et assurent la liaison entre eux. L'intensité de ces liaisons dépend de la valence de ces cations, qui est probablement le facteur déterminant dans la capacité d'échange ou de remplacement des cations plus élevée qui peuvent remplacer facilement les cations de valeurs plus faibles (Calvet., 2003).

Par ordre de capacité de remplacement croissante, les ions se classent comme suit :



D'après cette série, le lithium est le plus facile à remplacer alors que l'aluminium est le plus difficile (Calvet., 2003).

#### II.4.2.3.Calcaire actif

La fraction de calcaire d'un sol capable de libérer assez facilement du calcium est appelée calcaire actif. Une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif. L'excès de calcaire actif nuit à certaines plantes. On considère généralement que des problèmes sérieux peuvent commencer à apparaître à partir de teneurs en calcaire actif voisines de 50 pour mille (Pousset, 2000).

#### II.4.2.4.Matière organique (MO)

Les classes d'appréciation de la teneur du sol en matière organique sont réalisées en fonction du taux d'argile.

En effet, la matière organique améliore la structure et diminue l'érosion du sol, a un effet régulateur sur sa température, permet au sol de stocker davantage d'eau et représente aussi un milieu de culture pour les organismes vivants, contribuant ainsi à améliorer significativement la fertilité du sol (Mirsal, 2004).

#### II.4.2.5.Phosphore assimilable

Le phosphore (P) est un élément essentiel de tous les organismes vivants. Chez les végétaux, il joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques comme la

croissance, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, il représente souvent un facteur limitant, par suite de sa faible concentration dans les sols (**Pousset, 2000**).

#### **II.4.2.6. Azote**

Contrairement à la plupart des autres éléments présents dans le sol, l'azote ne provient jamais de l'altération des roches sur lesquelles se sont élaborés les sols au cours du temps.

L'azote est souvent le nutriment limitant dans le sol. Il est recyclé plusieurs fois par les organismes avant son assimilation par la plante. Lorsqu'on ajoute de l'azote dans le sol, il faut le faire pour les microbes et non pour la plante. Il s'agit toujours de petites quantités (10-20 U/ha) à mettre juste avant le démarrage de l'activité des microbes (**Mirsal.A, 2004**).

#### **II.5. Agriculture et la qualité de l'eau**

Le secteur agricole est de loin le plus grand consommateur d'eau douce. En Asie et en Afrique, entre 85 et 90 % de toute l'eau douce sert pour l'agriculture. En 2000, selon les estimations, l'agriculture a représenté 67 % du volume d'eau douce total prélevé à l'échelle mondiale, et 86 % de l'eau consommée. Nous utilisons l'eau pour irriguer les cultures et bien qu'une forte proportion de l'eau d'irrigation soit récupérée, ses propriétés ont changé et elle contient des particules de sol et des composés dissous.

Bien qu'elle ne soit pas la seule activité ayant un impact négatif sur l'eau douce, l'agriculture y joue un grand rôle. L'eau de ruissellement pourrait contenir des pesticides, de l'engrais ou du fumier, ou il pourrait y avoir du lessivage d'azote dans l'eau souterraine, qui mènera à son rejet dans les plans d'eau de surface. Cela signifie que les contaminants dissous se trouveront finalement dans les lacs, les rivières ou les océans (**FAO, 2007**).

### I. Présentation de la wilaya de Ain Defla

La wilaya de Ain Defla se présente comme étant une zone reliant l'Est à l'Ouest, le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA- ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au Sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée l'Est en Ouest par Oued Cheliff, cours d'eau d'importance nationale, occupant de ce fait, une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant ainsi une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison entre Ouest de l'Est du pays.

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au Sud-Ouest de la capitale et s'étend sur une superficie de 4544,28 km<sup>2</sup> (ANDI, 2016).

La wilaya d'Ain Defla est limitée par 05 wilayas.

- Au **Nord**, elle est limitée par **Tipaza**.
- Au **Nord-Est** par la wilaya de **Blida**.
- A l'**Est** la wilaya de **Médéa**.
- A l'**Ouest** la wilaya de **Chlef**.
- Au **Sud** la wilaya de **Tissemsilt**.

La wilaya d'Ain Defla comprend 14 Daïra, qui regroupent 36 communes.

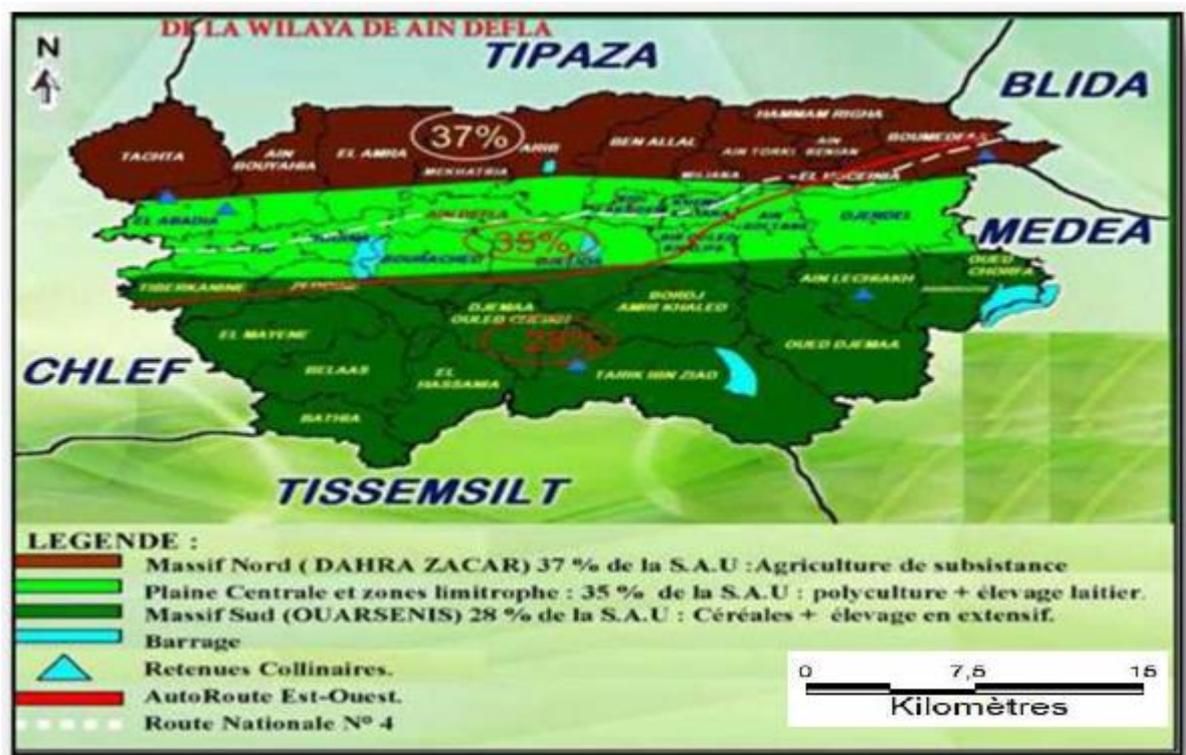


Figure N° 02 : Situation géographique de la région d'Ain Defla (DSA, 2016).

### I.1.Hydrologie

Les facteurs climatiques sont des phénomènes aléatoires qui déterminent de plus le comportement hydrologique des cours d'eau et de l'alimentation hydrique des nappes. Ils interviennent dans le bilan de l'écoulement, essentiellement par les précipitations et par les températures.

La wilaya d'Ain Defla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles.

En matière de barrage, la wilaya compte une superficie de 4544,28 km<sup>2</sup> (ANDI, 2016), de six plans d'eau sur son territoire, il s'agit des plans d'eau des barrages repartis sur différentes zones géographiques de la wilaya à savoir ; **Bouroumi, Ghrib, Deurdeur, Herraza, OuledMelouk** et **Sidi M'hamed Ben Taïba**, et quatre retenues collinaires destinées à l'irrigation, avec une capacité cumulée de 491Hm<sup>3</sup> (DSA, 2016).

Les ressources souterraines sont comprises dans 1237 forages avec un débit moyen 12 l/s par unité; 2074 puits avec un débit moyens 1.5 l/s par unité et des plusieurs nappes qui sen présenté dans la figure n° 4. (DSA, 2016).

Pour l'alimentation en eau potable, un barrage, 146 forages, 122 puits recensés, et plusieurs sources permettent l'alimentation de la population pour une dotation journalière de 162,67 l/j/hab, le Taux de raccordement est de l'ordre de 82,57 %. Pour Ce qui est, des eaux superficielles, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation. (DSA, 2016).

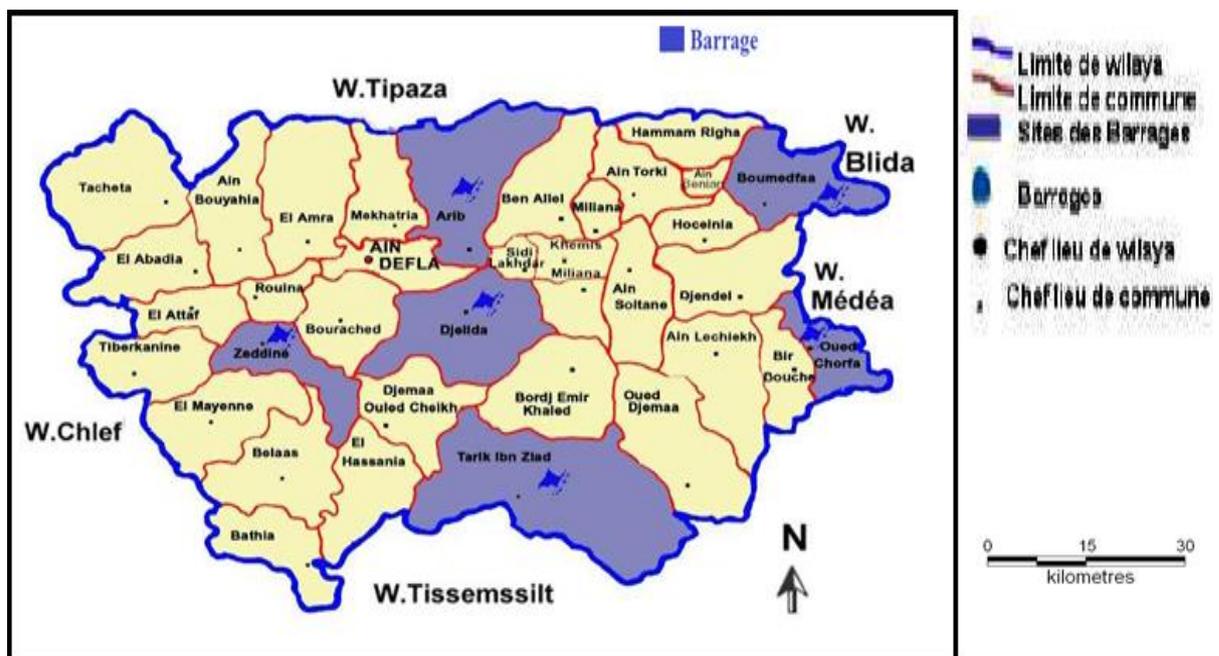


Figure N° 03: localisations géographiques des barrages de la wilaya d'Ain Defla (ANDI, 2016).

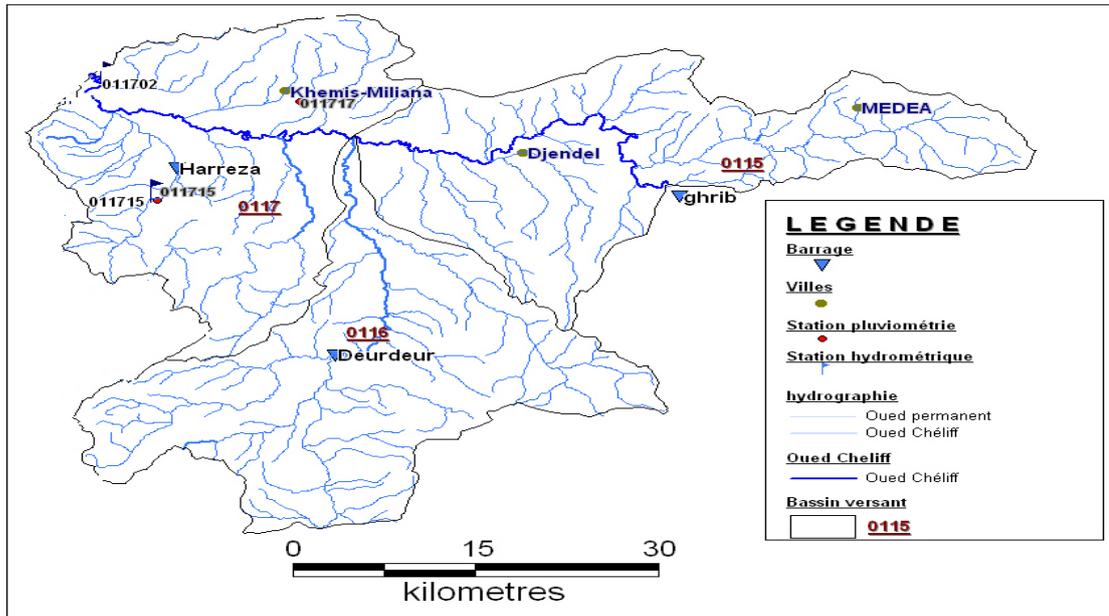


Figure N°04 : Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif (ANRH, 2016).

## I.2. Géologie

Du point de vue géologique, le territoire de la Wilaya est constitué notamment d'argiles feuilletées calcaires, de marnes et de calcaires tendres d'origine sédimentaire du crétacé inférieur et supérieur, parfois on y trouve des taches de sédiments triasiques présentées par les dolomites : très souvent les sédiments du crétacé inférieur et supérieur apparaissent en taches de structure mosaïque (DSA, 2016).

## I.3. Caractéristique pédologique

La wilaya d'Ain Defla est traversée dans toute sa longueur par le lit majeur du Cheliff, où les sols sont en général légers, meubles et fertiles. Nous distinguons une mosaïque de textures. Huit classes ont été décrites: les sols alluviaux non évolués, les sols engorgés par l'eau (appelés aussi sols hydromorphes), les sols calciques, sols alluviaux évolués, les sols colluviaux, les sols alluviaux des affluents mineurs, leurs sols très évolués (qui sont divisés en sols partiellement décalcifiés et sols décalcifiés lessivés) et les Mélange de sols.

La wilaya présente un sol meuble, fertile et de texture variable avec prédominance d'éléments fins (80%) dont plus de (45%) d'argile (DSA, 2016).

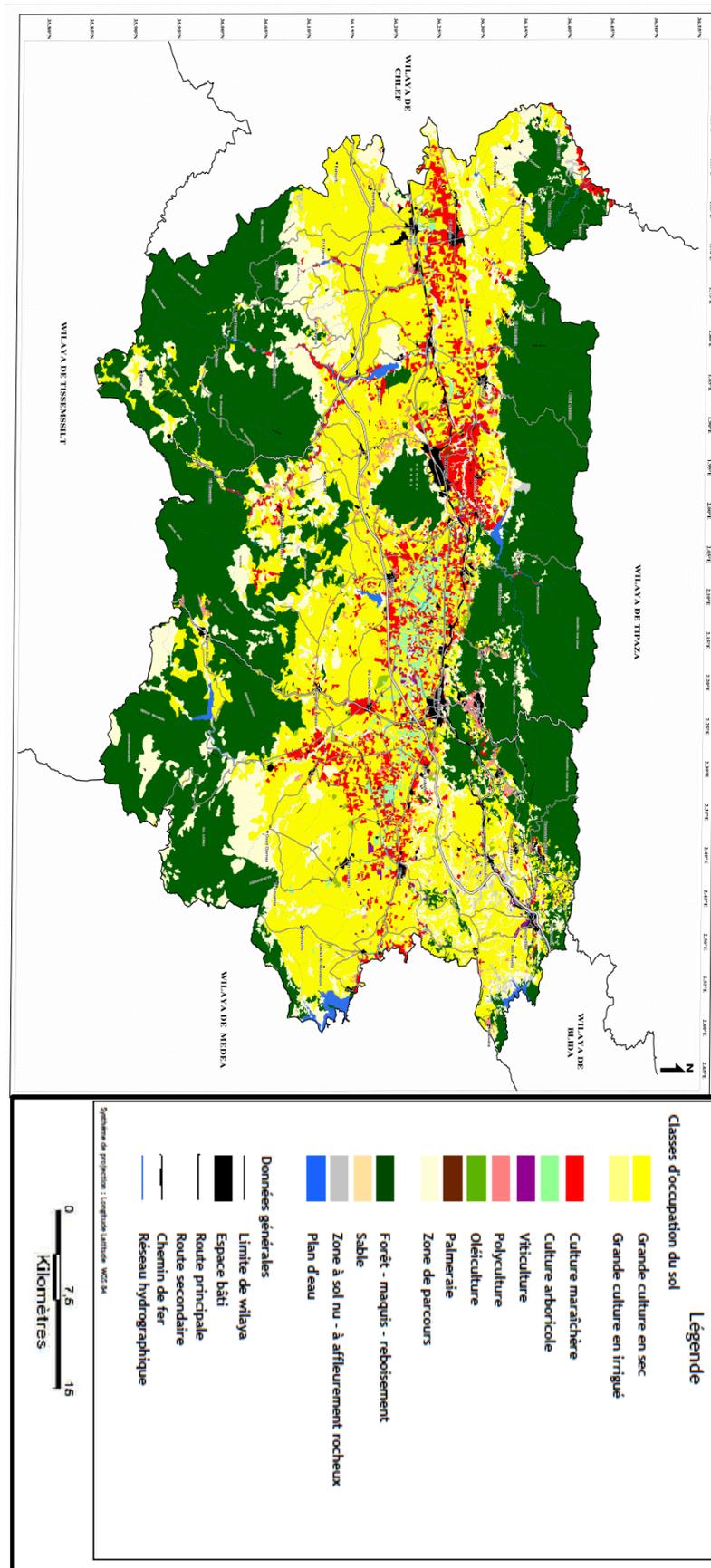


Figure N°06 : Carte d'occupation de sol de la wilaya d'Ain Defla (INSID, 2016).

On distingue une mosaïque de textures (tableau 6) à savoir:

- Sols limono-argileux.
- Sols argilo-limoneux.
- Sols calci-magnésiques.
- Sols fer-sialitiques.
- Sols sablo-limoneux.

**Tableau 6** : Texture du sol dans les différentes communes de la wilaya d'Ain Defla. (D.S.A. d'Ain Defla, 2011)

Types de sol	Communes	Cultures	Elevages
<b>Sols limono-argileux</b>	El Attaf et Tiberkanine (avec un taux de sel élevé)	Vigne, céréales, fourrages, Agrumes, pomme de terre.	Bovins, Ovins.
	AinBeniane - Hoceinia - Boumedfâa -Techa - AinBouyahia -HamamRigha - Bourached - AinTorki	Rosacées,vigne, légumes secs, maraîchage, fourrage,céréales, pomme de terre, Oléiculture.	Aviculture.
<b>Sols argilo-limoneux</b>	Aribs- Sidi Lakhdar –Djelida- Ain Defla- Khemis- El Amra- Djendel (en partie).	Agrumes, Pomme de terre, Rosacées, céréales, fourrages en irrigué.	Bovins, ovins, apiculture, pisciculture.
<b>Sols calci-magnésique</b>	AinChiakh- OuedDjemâa - Tarik Ibn Ziad- Djemâa OuledChikh - Belâs – EL Maine - Bethia.	Rosacées, Figuier, céréales, pastèques, melon.	Apiculture.
<b>Sols fer-sialytiques</b>	Zeddine et Rouina (taux élevé) - EL Amra et EL Abadia(en partie) - Mekhatria (avec un taux élevé en sable) - El Hassania - Miliana - Ben Allel.	Artichauts, pomme de terre, céréales, Rosacées, Agrumes Cultures industrielles (betteraves).	Bovins, Ovins, Aviculture.
<b>Sols-sablo-limoneux</b>	BirOuldKhelifa- Bordj Emir Khaled -AinSoltane	Maraîchers, Céréales, cultures industrielles, Figuier, Rosacées, Oléiculture.	Bovins, Ovins, Aviculture, Apiculture.

#### I.4. Agriculture

La wilaya d'Ain Defla recouvre une superficie agricole totale (SAT) de 235 611 ha, soit 51.8% de la superficie totale de la wilaya. La superficie agricole utile (SAU) est de l'ordre de 181 676 ha soit 77.1% de la SAT.

Nombre totale des exploitations agricole représente 24500 dont privés 22200 d'une superficie de 183411 Ha (DSA, 2016).

La région d'Ain Defla en général, est à vocation agricole. Les cultures céréalières, les cultures maraîchères (principalement pomme de terre), l'arboriculture fruitière, les cultures industrielles occupent les sols de la plaine, alors que les zones de montagnes sont occupées par des cultures en sec (céréales et fourrages) et de l'élevage ovin et caprin.

#### I.5. Wilaya d'Ain Defla dévissée en trois superficies

a. Le massif Nord (Dahra Zaccar): qui représente 37% de la SAU agriculture de subsistance (DSA, 2016).

b. La plaine centrale représente 35% de la SAU: basé sur les polycultures et l'élevage laitier (DSA, 2016).

c. Le Massif Sud (Ouarnsis) représente 28% de la SAU: basé sur les céréales et l'élevage en extension (DSA, 2016).

#### I.6. Superficies irriguées par mode d'irrigation (campagnes 2014/2015)

A. Gravitaire: 7 915 Ha correspondent 17% de la superficie irriguée.

B. Aspersion: 32 201 Ha correspondent 70% de la superficie irriguée.

C. Goutte à goutte: 5 884 Ha correspondent 13% de la superficie irriguée (DSA, 2016).

**Tableau 7** : Superficies de l'occupation du sol de la wilaya. (INSID, 2016).

Occupation	Superficie (ha)	Taux (%)
Oléiculture	2260,08	0.5
Culture arboricole	7680,11	1.7
Polyculture	4212,21	0.9

Culture maraichère	26848,16	5.9
Grande culture en sec	149392,71	32.8
Viticulture	705,04	0.2
<b>Total occupation agricole</b>	<b>191098,31</b>	<b>42.02</b>
Zone à sol nu – àaffleurement rocheux	1499,78	0.3
Zone de parcours	60911,28	13.4
Forêt - maquis –reboisement	189759,56	41.7
Plan d'eau	4335	1
Espace bâti	7214,27	1.6
<b>Total occupation hors agricole</b>	<b>263719,89</b>	<b>58.98</b>
<b>Superficie totale</b>	<b>454818,2</b>	<b>100</b>

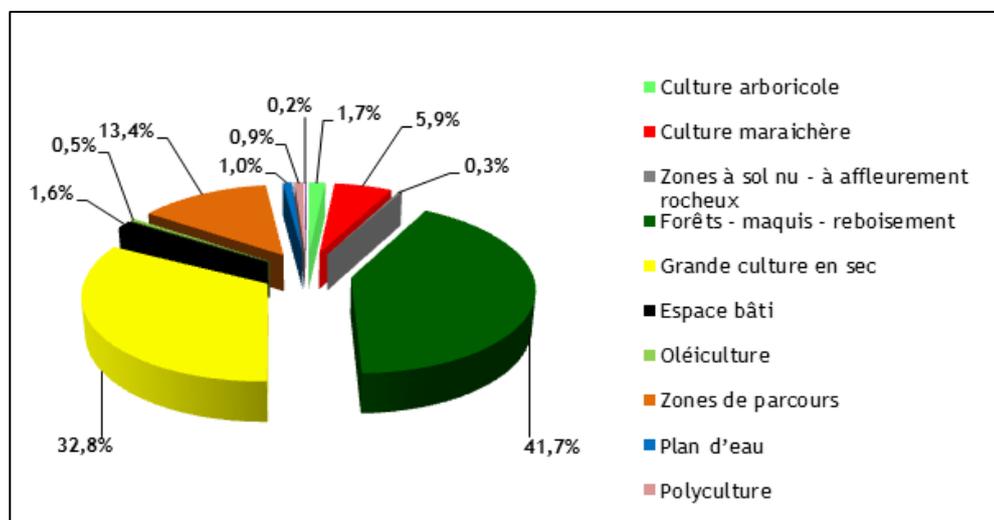


Figure 7: Répartition des classes d'occupation du sol (INSID, 2016).

### I.7. Caractéristiques climatiques

Le climat est un facteur limitant pour la production végétale et essentiellement en région méditerranéenne à saison contrastée, aussi l'économie générale des zones habituelles, il se

défini comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

La wilaya se caractérise par un climat de type méditerranéen semi-aride, généralement, un été s'étend sur 6 mois long et tempéré. L'hiver est plus froid et le printemps est court.

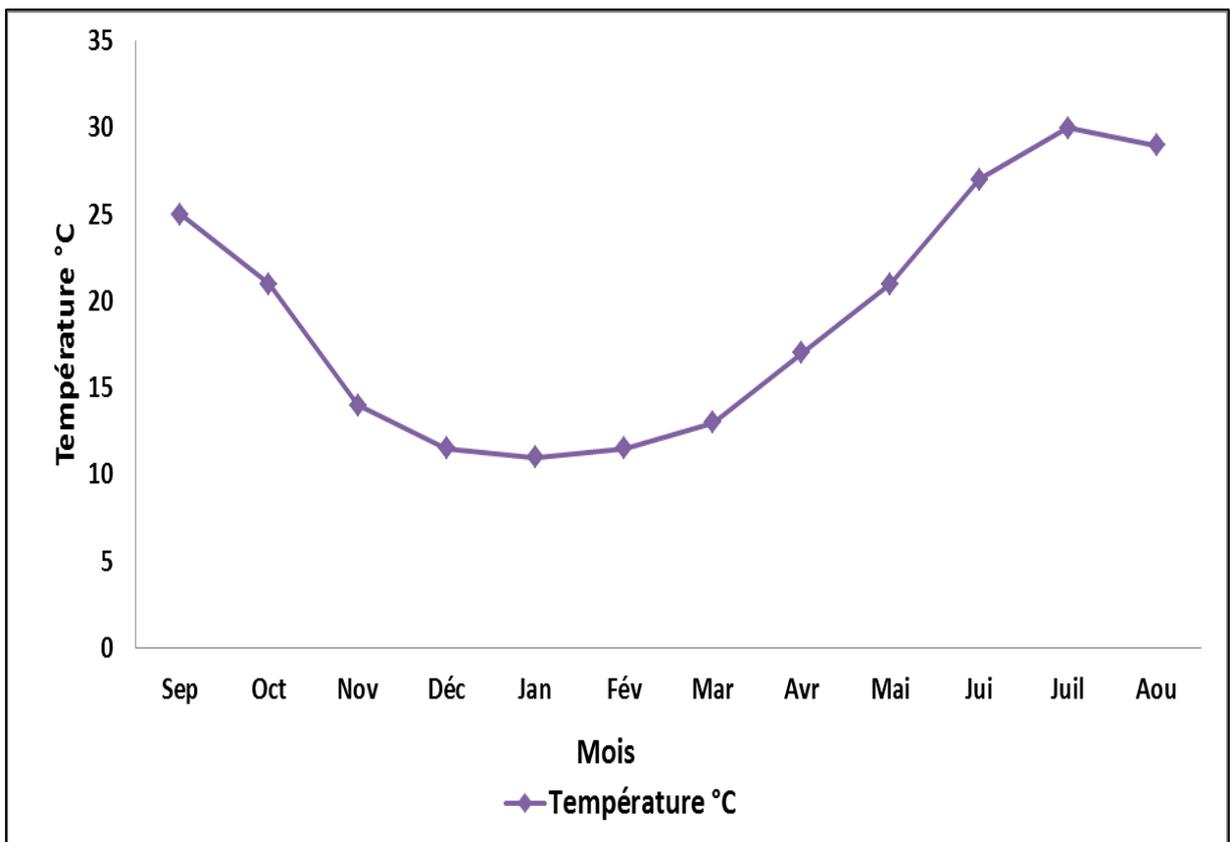
L'automne est très bref.

Les données climatiques disponibles pour la région de Ain Defla sont celle des observations effectuées au niveau des stations de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH, 2016). Les différents paramètres du climat sont les précipitations, la température, l'évaporation, l'humidité relative.

### I.7.1. Température

En hiver, les amplitudes thermiques peuvent être importantes, jusqu'à (+20°C). Il arrive que les températures soient égales ou inférieures à (0°C) au mois de janvier. Au mois d'Aout le maximum atteint (48°C) (DSA, 2015).

Les moyennes mensuelles de températures enregistrées dans la figure n°08

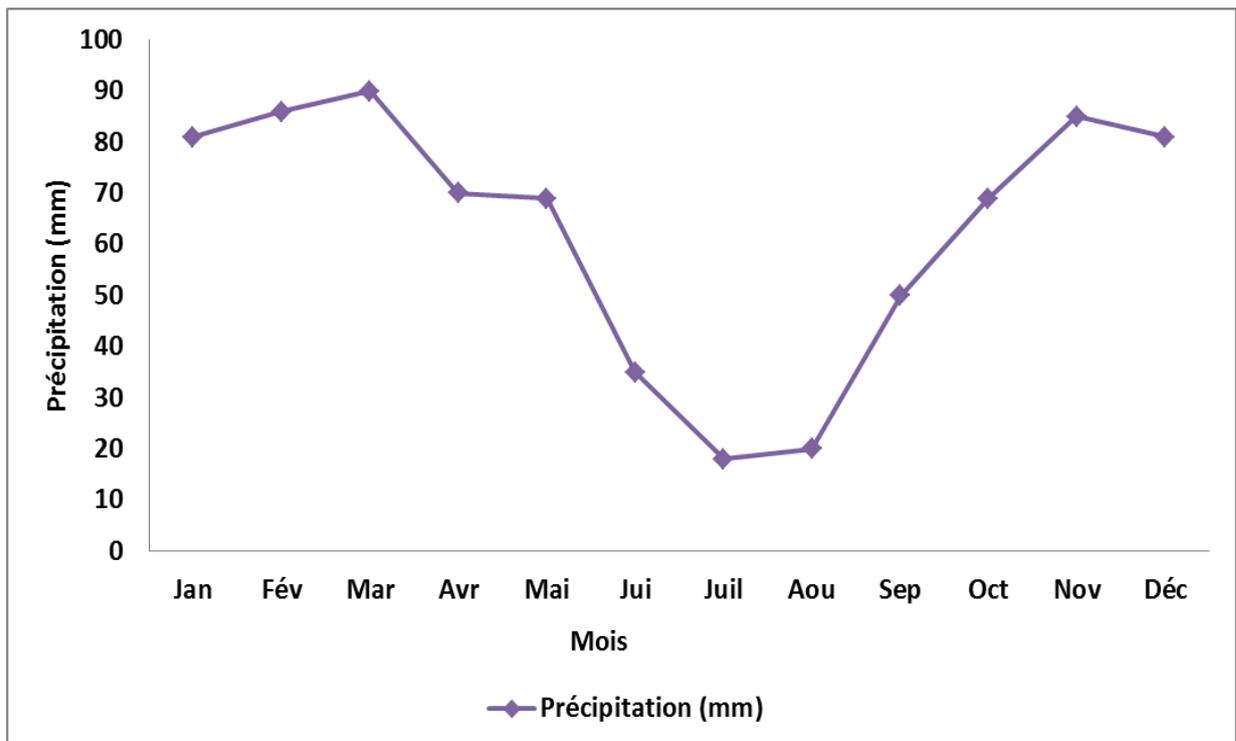


**Figure 8** : Evaluation de Température (T° moy) mensuelle durant (1979-2014) (ANRH, 2016).

### I.7.2. Pluviométrie

Nous engloberons sous le terme de précipitation toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide que sous sa forme solide : neige, gel.

Pour caractériser notre région de point de vue apport en eau météoriques, nous avons utilisé les données climatiques pour la période allant de 1979 à 2014 (figure 9).



**Figure N° 9** : La variation de pluviométrie moyenne mensuelle durant la période (1979 à 2014) (ANRH, 2016).

D'après la figure N° 9, la région d'Ain Defla enregistre une pluviométrie annuelle moyenne de 744,06 mm. Ces pluies sont concentrées durant la période allant de Novembre à Mars où elles représentent 77.13% des précipitations annuelles.

Le mois le plus pluvieux est le mois de Mars avec une pluviométrie mensuelle moyenne de 91,05 mm ; alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une pluviométrie mensuelle moyenne de 11,56 mm.

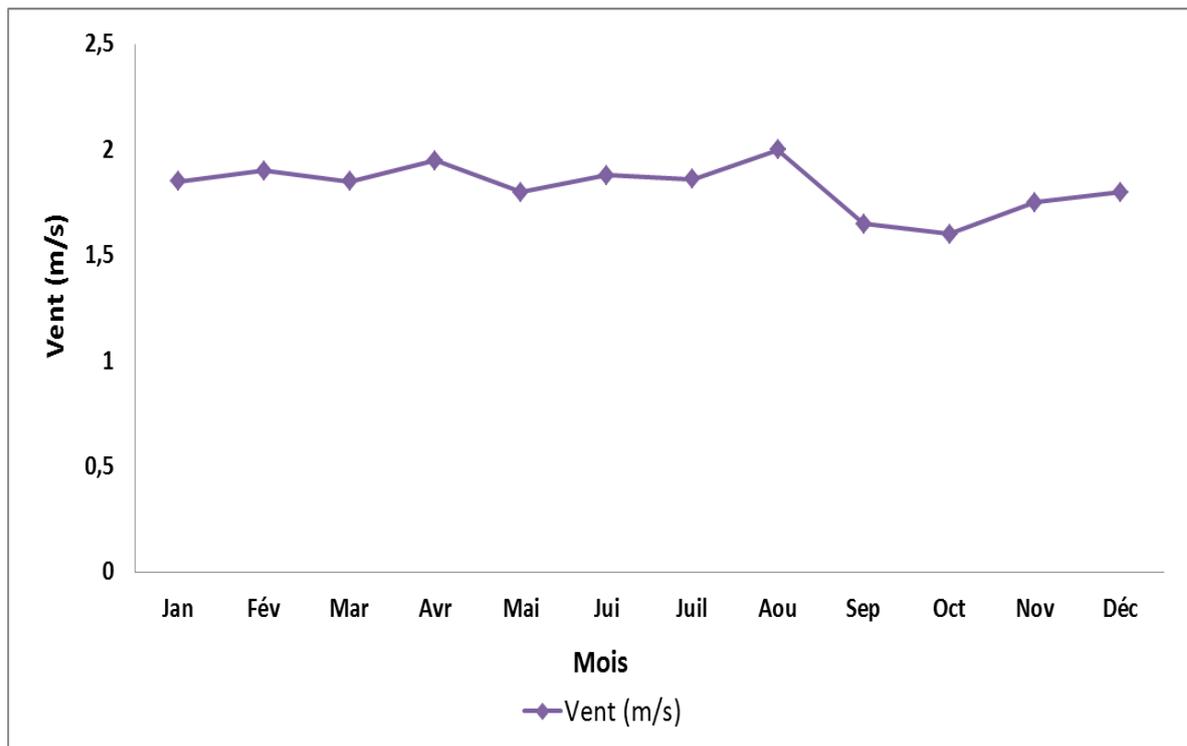
### I.7.3. Vent

Les vents de la région de AinDefla sont très fréquents et dont la vitesse varie entre 1,69 km/h à 2,07 km/h.

- Leur direction varie avec la saison.
- En hiver les vents dominants sont de direction Ouest.
- En été les vents dominant sont de direction Est.

Le maximum des forces des vents se situe au cours d'été, et le minimum se situe en hiver.

Les moyennes mensuelles de vent enregistrées dans le diagramme suivant:



**Figure N°10 : Vitesses moyennes mensuelles des vents (Km/h) (ANRH, 2016).**

## II. Présentation de barrage sidi M'Hamed ben Taïba (SMBT)

### II.1. Localisation du barrage

L'aménagement du SMBT est implanté sur Oued Ebda, affluent de la rive droite de Cheliff, à l'exutoire d'un bassin versant de 273 km<sup>2</sup> avec un apport annuel régularisable de 56 hm<sup>2</sup>.

L'aménagement est situé à 8 km au nord-est du chef-lieu de la wilaya de AinDefla ; dans la daïra d'El-amra commune de Arib

Le site se trouve sur l'Oued Ebda immédiatement au sud de la confluence de deux oueds situés au nord : Oued Ferhat et Oued El-had qui partent dans le bassin versant et s'étendent jusqu'aux montagnes de Djebel boumaâdet Djebel Zeccargharbi. (figure.11).



**Figure N° 11 : Vue de la digue du barrage Sidi M'hamed Ben Taïba (Google earth, 2017)**

∞ Le site du barrage est repéré par les coordonnées Lambert suivantes :

$$X=439603 \text{ m}$$

$$Y=335559 \text{ m}$$

$$Z=270,00 \text{ m}$$

Le barrage de SMBT est implanté dans une région à vocation agricole ,dont l'habitation de situe en dehors de la cuvette de barrage, la construction du barrage permet de mobiliser un volume de 75hm, il a permis de répondre à la double destination, à savoir :

A) Satisfaire les besoins agricoles des périmètres d'El-amra et d' Abadia d'une superficie nette de 8500 ha.

B) Assurer un complément d'eau potable de l'agglomération de Ain Defla et des villes de Arib, Khemis Miliana et Mkhatria.

## II.2. Principaux caractères

**Tableau N°08** : Caractéristiques générales de barrage SMBT

<b>Date mise en service</b> : 2005	<b>Précipitation moyenne annuelle</b> : 938 mm
<b>Superficie</b> : 237 km <sup>2</sup>	<b>Crue de projet</b> : 2647 m <sup>3</sup> /s
<b>Apport moy annuel</b> : 76 Hm	<b>Climat</b> : semi-aride
<b>Apport solide</b> : 500 T/AN/Km <sup>2</sup>	<b>Hauteur haut sol</b> : 52 m
<b>Superficie du bassin versant</b> : 194 Km <sup>2</sup>	<b>Volume régularisé</b> : 56 Hm <sup>3</sup> /an
<b>Capacité du barrage</b> : 75 Hm <sup>3</sup>	

(ANBT.2016)

## II.3. Etude hydrologique

Le bassin versant d'Oued Ebda fait partie du bassin du cheliff. Il se situe en rive droite de l'Oued Cheliff dans les monts du Zaccar. Sa superficie est de 273 km<sup>2</sup>. Les altitudes y varient de 270 m au droit du site à 507 m à djebel Zaccar el Gharbi, point culminant du bassin avec plusieurs sommets dépassant 1000 m.

Le réseau orographique du bassin (cuvette du barrage) est constitué par un cours d'eau saisonnière ou pérennes dont on peut citer parmi les plus importants :

- Oued Ferhat et Oued Belhassene qui drainent la partie NORD-OUEST de barrage.
- Oued Zeboudj qui draine la partie NORD.
- Oued El Had qui draine la partie Nord-est.

## III. Présentation de la plaine d'El-Amra

El Amra est une ville algérienne, située dans le daïra d'El Amra et la wilaya de Ain Defla.

La ville s'étend sur 250 km<sup>2</sup> et compte 31 073 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 124,3 habitants par km<sup>2</sup> sur la ville.

Entourée par Rouina, AïnDefla et Beni Milleuk, El Amra est située à 7 km au nord-est de Rouinala plus grande ville à proximité. (DSA, 2016).

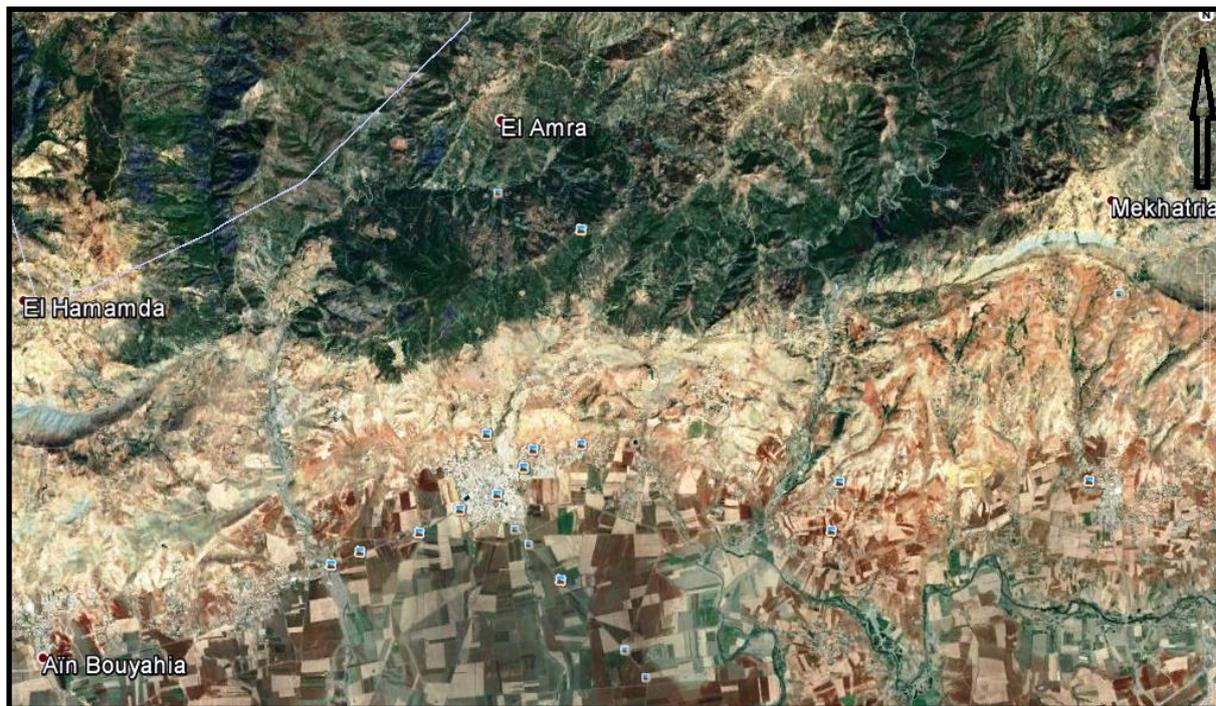


Figure N°12 : localisations géographiques de la région El Amra (Google earth, 2017).

### III.1. Principaux caractères

Tableau N°09 : Caractéristiques générales de la région El Amra

<b>Latitude en degrés décimaux:</b>	36.26518
<b>Longitude en degrés décimaux:</b>	1.8737
<b>Latitude en degrés, minutes et secondes:</b>	36° 16' 55" Nord
<b>Longitude en degrés, minutes et secondes:</b>	1° 52' 25" Est
<b>Hauteur dessus du niveau de la mer:</b>	211 m, 692.26 ft, 8307.09 in
<b>Caractéristique géographique:</b>	P (Lieu Populated fonction du type)
<b>Caractéristique code de désignation:</b>	P.PPL (lieu habité)

(ANBT 2016)

## Introduction

Les eaux d'irrigation par leur composition peuvent avoir une influence sur le sol (**Coutinet, 1965**).

- Les échantillons des eaux ont été prélevés au niveau de barrage SMBT, oued Ebda, l'oued Cheliff et l'eau arrivés aux parcelles étudiées, et d'échantillons du sol prélevés à une parcelle agricole de la plaine d'El-Amra qui a été irriguée par ces eaux, suivie d'une analyse physique et chimique.

## I. Objectifs du travail

- ∞ La partie expérimentale de ce projet de fin d'étude a été réalisée selon l'objectif suivant :

d'étudier la qualité des eaux d'irrigation de barrage SMBT et leur impacts sur les propriétés physico-chimiques du sol, afin de remédier à ce fléau et trouver des solutions radicales pour améliorer la qualité des eaux d'irrigation.

Cet objectif est basé sur deux travaux nécessaires, à savoir :

**1<sup>er</sup> Travail :** Analyses (in situ qui prennent des mesures par multi-paramètre et au laboratoire de chimie de l'université de Djilali Bounaama, Khemis Miliana) des propriétés physico-chimiques de sept échantillons d'eau prélevés de barrage SMBT, oued Ebda, l'oued Cheliff et l'eau arrivés aux parcelles étudiées.

**2<sup>er</sup> Travail :** Analyses (in situ qui prennent des mesures par multi-paramètre et au laboratoire de chimie de l'université de Djilali Bounaama, Khemis Miliana) des propriétés physico-chimiques du sol prélevé d'une parcelle agricole de la région d'El Amra.

## II. Le Prélèvement de l'eau

### II.1. Plan d'échantillonnage

Dans le cadre du suivi de l'état de la qualité physico-chimique de l'eau de l'irrigation et leur impact sur le sol agricole, nous avons fait des prélèvements qui ont été choisis en fonction des sources des eaux de l'irrigation. Pour cela cinq points ont été choisis pour faire nos prélèvements.

**\*Plan de prélèvement**

**A B C D E F G : les point des sources d’eux prélevées**



**G : point d’source d’eaux prélevées au niveau de la parcelle étudiée.**

**Figure 13 : Plan d’échantillonnage (Google Earth 2016-2017)**

(A) Eau de barrage SMBT

(B) Eau d’Oued Ebda.

(C) Eau d’Oued Chelif.

(D) Eau des rejets de la station d'épuration (Ain defla).

(E) Echantillon au niveau du point d'intersection des eaux de rejet de la station d'épuration avec les eaux d'Oued Cheliff.

(F) Echantillon au niveau du point d'intersection (point de confluence) d'Oued Ebda avec Oued Cheliff

(G) Eau d'irrigation au niveau des parcelles agricoles privées.

### II.1.1. Date et Lieu des prélèvements :

∞ Nous avons effectué les prélèvements correspondant en date du : 15/04/2017

∞ Les analyses physico-chimiques et ont été réalisées au laboratoire de chimie 03 de l'Université de Djilali Bounaama (Khemis- Miliana).

### II.2. Matériel et techniques de prélèvement

Les étapes de l'échantillonnage influence directement la qualité des résultats obtenus. Des précautions élémentaires sont alors nécessaires afin de minimiser les risques associés à la contamination et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons (CEAE, 2005).

Le prélèvement de l'échantillon d'eau peut s'effectuer de plusieurs façons selon la taille du cours d'eau et l'accessibilité au site, dans notre cas des barrages et les oueds. L'idéal est de prélever au centre du cours d'eau sur 15 à 50 cm de profondeur et de façon à éviter les effets du bord (oxygénation trop près de la surface, mise en suspension de matière solide trop près du fond...), en faisant face au courant d'eau. C'est ce qu'on appelle échantillonnage ponctuel (AELB, 2003 et AQUA-REF. 2011).

#### II.2.1. Flaconnage

Tous nos prélèvements ont été effectués dans des contenants en verre d'une capacité de 1 litre préalablement décontaminés par nettoyage au méthanol puis à l'acétone, ensuite rincés plusieurs fois avec l'échantillon pour assurer la représentativité de l'échantillon. Sur le goulot de chaque flacon rempli, nous avons placé une feuille d'aluminium afin d'empêcher tout contact entre l'échantillon et le bouchon en plastique (AQUA-REF. 2011).

### II.2.2. Conditionnement et transport des échantillons

Tous les flacons ont été immédiatement étiquetés pour éviter tout risque de confusion sur l'identité des échantillons (lieu et date de prélèvement) puis sont transportés au laboratoire dans une glacière propre ou ils sont conservés à environ 4°C jusqu'au dosage.

## III. Caractérisation physico-chimique de l'eau

### III.1. Mesures in situ

La température, le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ (sur site) à l'aide d'un appareil (Multi paramètre). En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés in situ (**Rodier J. 2008**).

### III.2. Analyses au laboratoire

Les échantillons des eaux sont analysés au laboratoire chimie 3 de l'Université de Djilali Bounaama (Khemis Miliana) et en se référant aux méthodes d'analyse chimique décrites par Rodier (**Rodier J. 2008**).

NB : Les protocoles des analyses chimiques et les calculs sont donnés dans l'annexe.

**III.2.1. Les chlorures** Le dosage des ions  $\text{Cl}^-$  se fait par une solution titrée de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ , 0.02N) en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_7$ ), les chlorures vont se précipiter sous forme de chlorure d'Argent ( $\text{AgCl}$ ).

**III.2.2. Le Calcium** Le dosage du calcium se fait par complexométrie en présence de la soude ( $\text{NaOH}$ ), le murexide comme indicateur coloré et nous titrons par l'acide éthylène diamine tétra acétique (E.D.T.A.).

**III.2.3. Le magnésium** Les ions  $\text{Mg}^{2+}$  sont dosés par complexométrie (E.D.T.A) après l'ajout de la solution tampon et le NET comme indicateur coloré.

**III.2.4. Le potassium et sodium** : Le dosage se fait par un photomètre à flamme dont le principe se base sur la décomposition des atomes  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  lors de leur passage dans la

flamme après une certaine série d'étalonnage avec des concentrations différentes afin de déterminer la teneur des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  dans l'eau étudiée.

**III.2.5. Les carbonates et bicarbonates** Le dosage des  $\text{HCO}_3^-$  se fait par acidimétrie à l'aide d'une solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0.02N en présence de l'indicateur coloré le vert de Bromocrésol et phénolphtaléine dans la solution des carbonates.

**III.2.6. Matière en suspension (MES)** Ce sont des particules visibles à l'œil nu qui contribuent à la turbidité de l'eau, elles sont mises en suspension par l'action de la turbulence, et seulement une fraction est décantée lorsque l'eau devient dormante (AFNOR N° 90-101).

### III.2.7. Résidus secs

Après avoir récupéré la matière en suspension à l'aide d'un papier filtre, les incinérer dans un four à moufle à température de  $480^\circ\text{C}$ .

## IV. Préparation des échantillons du sol.

### IV.1. Méthodes utilisés

Nous avons fait des analyses de sols pour la parcelle étudiée dont le but est d'apporter des données et des informations sur le sol de la wilaya d'Ain Defla en particulier la région d'El Amra.

∞ Cette étude a été réalisée en 3 étapes :

#### IV.1.2. Prélèvement de sol

Le sol d'une parcelle agricole est prélevé par la tarière, dont 12 trous à différentes profondeurs comprise entre 20 à 80 cm (48 échantillons) ont été installés, le premier prélèvement est réalisé en date du 16/12/2016 (avant irrigation) et le deuxième prélèvement effectué en date du (13/04/2017) (après irrigation), ces échantillons ont été divisés en deux parties (60% et 40%), 60% d'échantillons ont été séchés à l'air libre pendant 3 jours, puis broyés et tamisés à 2mm de diamètre, et conservés dans des sacs en plastique bien fermés dans un endroit sec et propre et les 40% restant ont été analysés directement (**Figure 14**).



**Figure N° 14 :** plan des points des échantillons prélevés sur terrain (Google earth, 2017)

**IV.1.3. Matériel utilisé :** les échantillons ont été prélevés par l'utilisation de la tarière, et conservés dans des sacs en plastique bien fermés (figure 15).



**Photo :** la tarière



**Photo :** les sacs de conservation

**Figure 15 :** matériel utilisé pour relèvement des échantillons du sol (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2016).

**IV.1.4. Séchage des échantillons:**

Les échantillons ont été séchés dans un endroit sec (air libre) à température ambiante, et à l'étuve à 105°C pendant 24 heures (figure 16).



**Séchage dans l'étuve**



**Séchage à l'air libre**

**Figure N° 16 :** la méthode de séchage des échantillons du sol (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2016).

**IV.1.5. Broyage et tamisage :** les échantillons ont été broyés avec un mortier, et le tamisage a été effectué avec un tamis de 2 mm (figure 17).



**Photo : le mortier**



**Photo : le tamier (2mm)**

**Figure N° 17 :** Matériels utilisés pour le Broyage et tamisage des échantillons du sol. (cliché Labadlia et Benzerhouda , 2017).

**IV.2. Analyse physico-chimiques effectués sur le sol**

Sur la fraction (60%) broyée et tamisée, nous avons effectué des analyses de paramètres physico-chimiques au laboratoire chimique 01 de l'Université de Khemis Miliana, et sur la fraction non traitée (40%), nous n'avons effectué qu'une seule analyse qui est la densité et l'humidité.

Le tableau suivant montre les différentes mesures et analyses effectuées.

**Tableau N° 10** : Les analyses du sol effectué au laboratoire.

<b>Paramètres mesurés</b>	<b>Méthodes de mesure des analyses</b>
<b>Potentiel D'hydrogène (pH)</b>	Extrait dilué (1/2,5) ; pH-mètre
<b>Conductivité électrique (CE)</b>	Extrait dilué (1/5) ; Conductimètre
<b>Matière organique (M.O)</b>	Méthode ANNE
<b>Calcaire totale</b>	Calcimétrie
<b>Granulométrie</b>	Méthode de STOCK (par pipette de ROBINSON)
<b>Humidité</b>	Séchage à l'étuve à 105°C
<b>La porosité</b>	la densité apparente $D_a$ et la densité réelle $D_r$
<b>Dosage des cations solubles <math>Ca^{2+}</math> et <math>Mg^{2+}</math>.</b>	l'extrait dilué (1/5)
<b><math>Na^+</math> et <math>K^+</math></b>	Photomètre a flamme

### IV.2.1. Analyse physique

#### IV.2.1.1. Granulométrie

L'analyse granulométrique est une définition de la texture du sol à partir de la répartition pondérale des particules classées par dimension. Parmi les constituants du sol, il y a lieu de distinguer deux fractions : les éléments grossiers (pierres, graviers, fragments organiques) et la terre fine (sable de 2 à 0,05 mm, le limon de 0,05 à 0,02 mm et l'argile inférieure à 0,002 mm).

Dans certains cas il est intéressant d'apprécier la proportion des éléments grossiers que contient le sol, compte tenu du rôle qu'ils jouent (réserve en eau, dilution du stock des éléments assimilables, réduction de la cohésion et du tassement) (**Gagnard et Huguet.,1988**).

Le prélèvement des argiles et des limons fins a été effectué à l'aide de la pipette Robinson, les sables fins et grossiers ont été récupérés par tamisage, les limons grossiers ont été déduits par différence. (**Oumerzouk et Bouharas, 1993**).et la texture en fin de compte, est obtenue grâce a un triangle des textures voir (figure 18), dont les trois cotes correspondent respectivement aux pourcentages des éléments du sol calculés (**Godwin et al., 2013**).

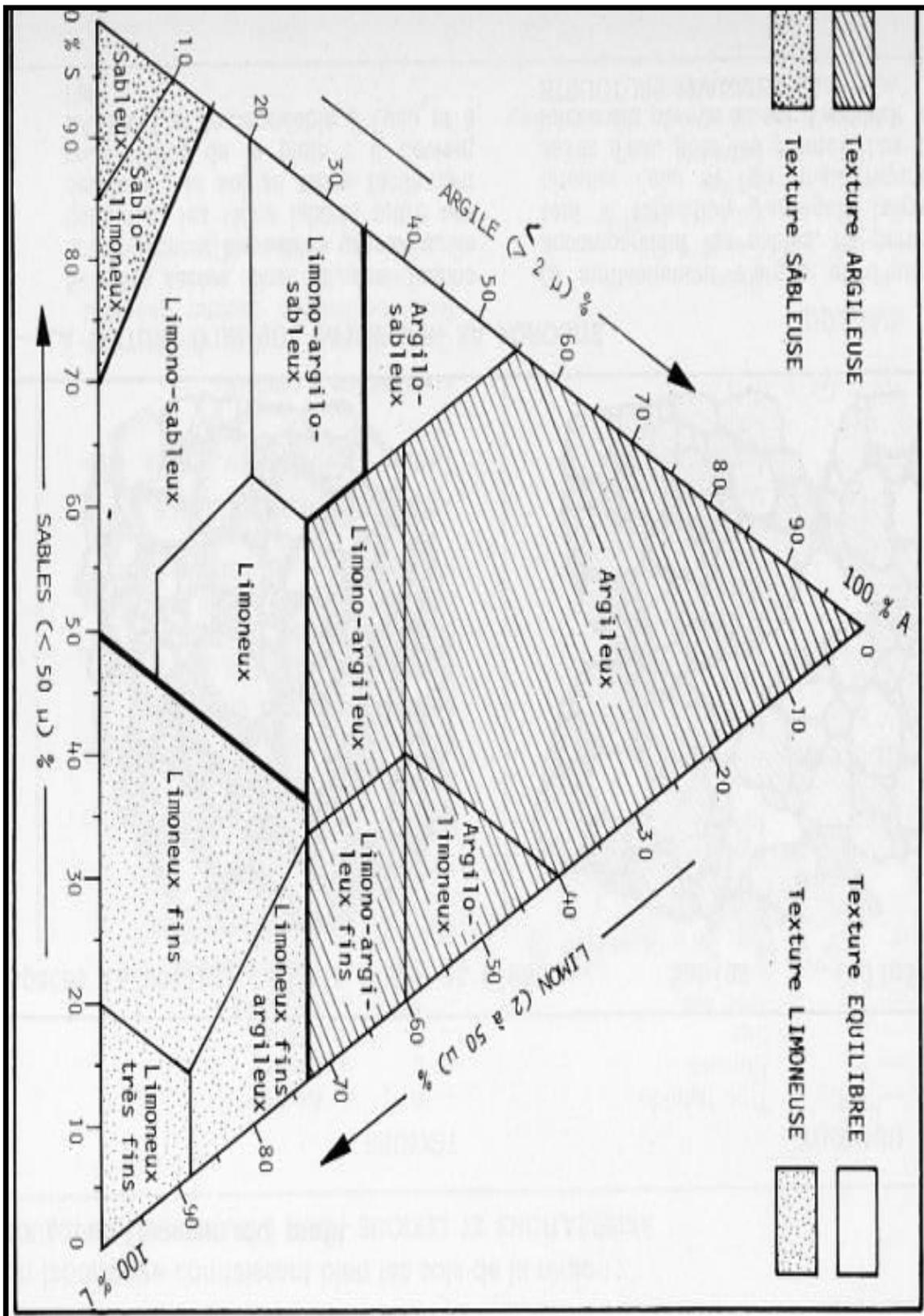


Figure N° 18: Diagramme de texture (Jamagne, 1980)

#### IV.2.1.2. Porosité

La partie de l'espace porale qui est à l'origine de la diminution de la porosité totale des blocs de terre et due aux fissures et aux canalicules est appelée la porosité structurale, elle comprend deux paramètres, la densité apparente  $D_a$  et la densité réelle  $D_r$  (**Delaunois, 1976**).

##### A. Densité apparente ( $D_a$ )

Sachant que la densité apparente des sols varie entre 1,00 g/cm<sup>3</sup> et 1,80 g/cm<sup>3</sup>. (**KAURICHEV, 1980 in BOUDJEMAA, 2007**), elle représente la masse totale de l'agrégat/volume total de l'agrégat ; La «  $D_a$  » indique l'état ou la condition du sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus. (**Duthil, 1970 in BOUDJEMAA, 2007**).

Mettre un agrégat de sol (10 à 15 g), dans l'étuve pendant 24 heures à une température de 105°C, l'entourer d'un fil à coudre de poids négligeable puis peser l'agrégat ( $P_1$ ), plonger l'agrégat dans une solution de paraffine dissoute, pendant 5 à 10 minutes, peser l'échantillon avec la paraffine, replonger l'agrégat enrobé de paraffine dans une éprouvette de 100 ml contenant un volume connu ( $V_t$ ) d'eau distillée et noter la différence. Elle est calculée selon la formule (**Dans Annexe 19**).

##### B. Densité réelle ( $D_R$ )

Elle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol, et représente la masse du solide / le volume du solide, elle est généralement comprise entre 2,5 g/cm<sup>3</sup> et 2,6 g/cm<sup>3</sup>. (**Morel, 1989**). Elle est calculée selon la formule (**Dans Annexe 19**).

#### IV.2.1.3. Humidité

L'humidité au champ correspond à la teneur en eau d'un échantillon de sol à un moment donné, notamment au moment où a été réalisé le prélèvement. Exprimée en pourcentage, l'humidité est obtenue par différence de poids de l'échantillon, après dessiccation à 105 °C, pendant 48 heures. Elle est calculée selon la formule (**Dans Annexe 19**).

### IV.2.2. Analyse chimique

#### IV.2.2.1. Le potentiel hydrique (pH)

Par définition, il est l'unité de mesure de la concentration en ions hydrogènes, permettant d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il existe plusieurs méthodes de mesure du pH (**Dajoz, 1985**).

**Tableau N° 11:** Echelles d'interprétation de pH : extrait 1/2.5 (Baize, 2000).

<b>pH ≤ 5</b>	<b>fortement acide</b>
<b>5 &lt; pH ≤ 6</b>	<b>franchement acide</b>
<b>6 &lt; pH ≤ 6.6</b>	<b>légèrement acide</b>
<b>6.6 &lt; pH ≤ 7.4</b>	<b>Neutre</b>
<b>7.4 &lt; pH ≤ 7.8</b>	<b>légèrement alcalin ou légèrement basique</b>
<b>pH &gt; 7.8</b>	<b>alcalin ou basique</b>

#### ❖ Principe

La méthode la plus exacte pour mesurer le pH d'un sol consiste à utiliser un « pH mètre » électrique qui donne directement la valeur du pH quand on plonge des électrodes en verre dans une solution obtenue en mélangeant une part d'échantillon du sol avec deux parts d'eau distillée (Duchaufour, 2001).

#### ➤ Le pH<sub>EAU</sub>

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre/eau normalisé (1/2.5).

Le travail consiste à former une suspension de 20 g de sol dissous à l'aide d'un agitateur pendant 30 minutes dans 50 ml d'eau distillée. Après l'agitation la lecture du résultat se fait après 5 minutes de repos de la solution avec « pH mètre ».

#### ➤ Le pH<sub>KCl</sub>

Il exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle. C'est un indice d'expression des degrés de saturation du complexe adsorbant, ainsi que la nature chimique des ions fixés. Dans notre étude, nous avons mesuré l'acidité d'une suspension de chlorure de potassium (KCl 1N), avec un rapport terre /solution normalisé. (Delcour, 1981).

Le travail consiste à former une suspension de 20 g de sol dissous à l'aide d'un agitateur pendant 30 minutes dans 50 ml de solution de kcl 0.02N. Après l'agitation la lecture du résultat se fait après 5 minutes de repos de la solution avec « pH mètre ».

**IV.2.2.2. Conductivité électrique (CE)**

Selon (**Du chauffour, 1965**) la conductivité électrique relate les teneurs en différents sels solubles contenues dans un milieu donne. Ces sels peuvent contenir des ions de sodium, de calcium, de magnésium, de chlore et autres.

**Tableau N° 12:** Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (**Aubert, 1978**).

CE mS/cm à 25°C	Degrés de salinité
CE ≤ 0 6	Sols non salés
0 6 < CE ≤ 1 2	Sols peu salés
1 2 < CE ≤ 2 4	Sols salés
2 4 < CE ≤ 6	Sols très salés
CE>6	Sols extrêmement salés

❖ **Principe**

∞ On détermine la conductivité électrique de la manière suivante :

On procède à la mise de 10 g de terre fine dans un bécher de 100 ml, on rajoute 50 ml d'eau distillée, et on met le bécher sous agitation pendant une demi-heure. Après repos de 5 minutes on mesure la conductivité électrique à l'aide du « conductimètre » qui est exprimé en milli siemens / cm (mS /cm) (**Petard, 1993**).

**IV.2.2.3. Matière organique (MO)**

Les classes d'appréciation de la teneur du sol en matière organique sont réalisées en fonction du taux de carbone.

La détermination de la matière organique est effectuée, par la méthode de Anne : le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique (**Petard., 1993**).

Le calcul du pourcentage de carbone organique se fait par le titrage direct de bichromate de potassium avec la solution de Mohr (sulfate double d'ammonium et de fer)

**Tableau 13 : Echelles d'interprétation de la Matière organiques (I.T.A, 1975 in HAFOUDA, 2005)**

MO (%)	Sol
MO < 1	Très pauvre
1 < MO < 2	Pauvre
2 < MO < 4	Moyen
MO > 4	Riche

#### IV.2.2.4. Calcaire total

Parmi les différents éléments chimiques qui entrent dans la composition du sol, le « calcaire » joue un rôle essentiel non seulement dans la nutrition des plantes mais encore dans la pédogenèse (Du chauffour, 1984).

**Tableau 14: Echelle d'interprétation de Calcaire Total (BAISE, 2000).**

CaCO <sub>3</sub> (%)	Sol
CaCO <sub>3</sub> < 1%	Non calcaire
< 1 CaCO <sub>3</sub> < 5%	Peu calcaire
5 < CaCO <sub>3</sub> < 25%	Modérément calcaire
25 < CaCO <sub>3</sub> < 50%	Fortement calcaire
50 < CaCO <sub>3</sub> < 80%	Très fortement calcaire
CaCO <sub>3</sub> > 80%	Excessivement calcaire

#### IV.2.2.5. Dosage des cations solubles sur l'extrait (1/5)

##### A. Calcium, magnésium, carbonate et bicarbonate

S'effectue sur l'extrait de sol par le dosage volumétrique. (**Mode opératoire dans l'Annexe 11**)

##### B. Sodium et potassium.

S'effectue sur l'extrait de solle sodium et le potassium ont été analysés par photomètre à flamme. (**Mode opératoire dans l'Annexe 11**)

#### IV.2.2.6. Phosphore assimilable

Les mesures du phosphore ont été faites par colorimétrie. L'extraction a été effectuée sur le phosphore assimilable selon la méthode Olsen. Cette méthode permet de déterminer le phosphore alcano-soluble extrait par (NaHCO<sub>3</sub>) 0,5N a pH=8,5 (Mathieu et Pieltan, 2003). Le dosage est basé sur la formation d'un complexe de l'acide phosphorique et l'acide molybdique (Petard., 1993). Dans un milieu où il y a le phosphore, l'addition de l'acide ascorbique provoque par chauffage une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ortho phosphate. La lecture se fait au colorimètre à une longueur d'onde de 660 nm. (**Non disponible**).

#### IV.2.2.7. Azote

L'azote (N) stimule la croissance de la plante et est responsable de sa coloration verte. C'est le facteur de rendement le plus important, car il entre dans la composition des protéines, de la chlorophylle et d'enzymes essentiels à la photosynthèse (captation de la lumière par la plante) et de la respiration (**Pierzynski *et al.*, 2005**).

**NB :** Les calculs des analyses physico-chimiques du sol sont donnés dans l'annexe.

### Conclusion

Les analyses faites au laboratoire ont été effectuées par les méthodes d'extraction de l'extrait du sol et par les méthodes volumétrique et photomètre à flamme pour les paramètres physico-chimiques de l'eau.

Ces analyses de sols sont des procédures visant à caractériser la composition et les qualités physicochimiques des sols. Ce sont des applications de la pédologie permettant d'avoir une idée sur l'impact de l'irrigation sur les sols.

## Introduction

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation de barrage SMBT et leur impact sur le sol agricole (cas d'El-Amra), permis obtenir les résultats suivant.

### I. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau des sept sources. La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés.

En ce qui concerne les eaux étudiées, les analyses ont permis de révéler les résultats ci-dessous qui seront comparés aux normes (FAO.1982).directive pour interprétation de la qualité de l'eau pour irrigation.

Nous avons réalisé deux types d'analyses : analyse in situ et analyse au laboratoire.

Résultats des analyses in situ :

#### I.1. Résultats des analyses de l'eau in situ des différents points prélevés.

Les paramètres physico-chimiques effectués sur l'eau in situ son :La température, le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous.

##### I.1.1. Mesure du Température

Les valeurs de la température sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

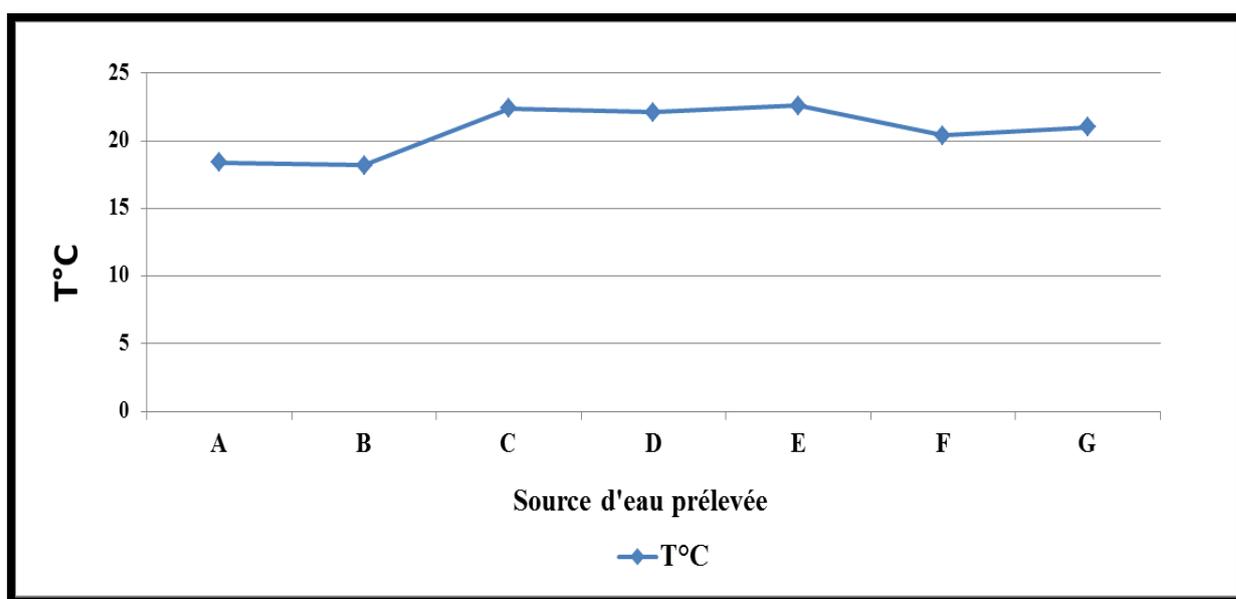


Figure N° 19 : Variation des valeurs de la température selon les sources d'eaux prélevées.

La température de notre eau étudiée varie entre 18.4 C° et 22.8 C°, la valeur minimale est observée au niveau du barrage Arib (SNBT) avec 18.4 C° et aussi d'Oued Ebda avec 18.2C°, et la valeur maximale est observée au niveau d'Oued Cheliff avec 22.8 C°. Les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

### I.1.2. Potentiel d'hydrogène :

Les valeurs de pH sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

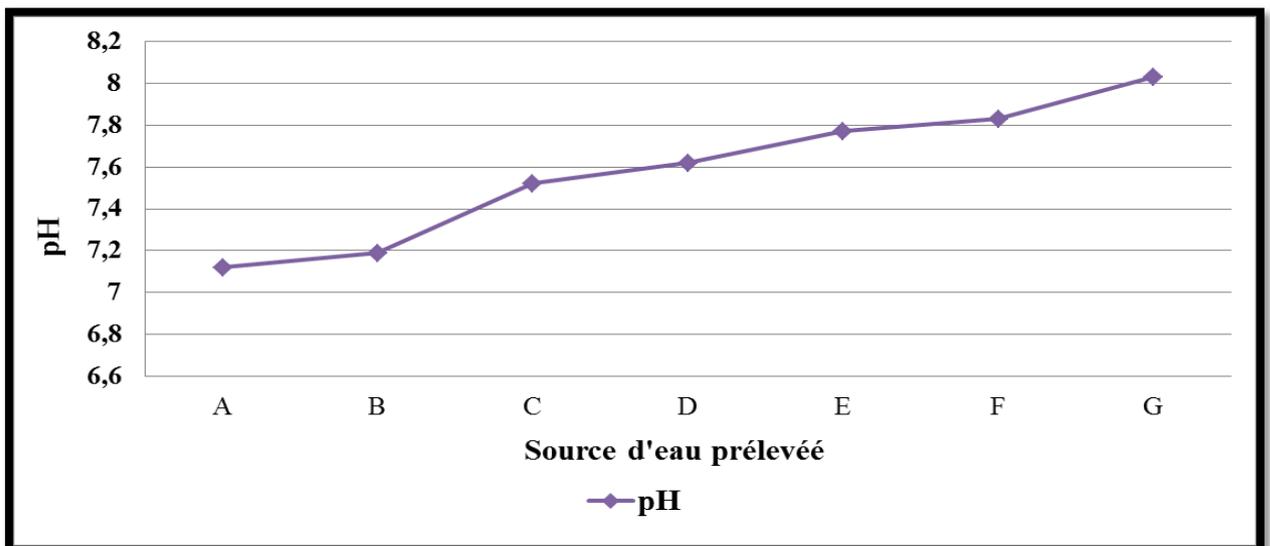


Figure N° 20 : Variation des valeurs de pH selon les sources d'eaux prélevées.

C'est l'un des paramètres les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Rodier, 2008)

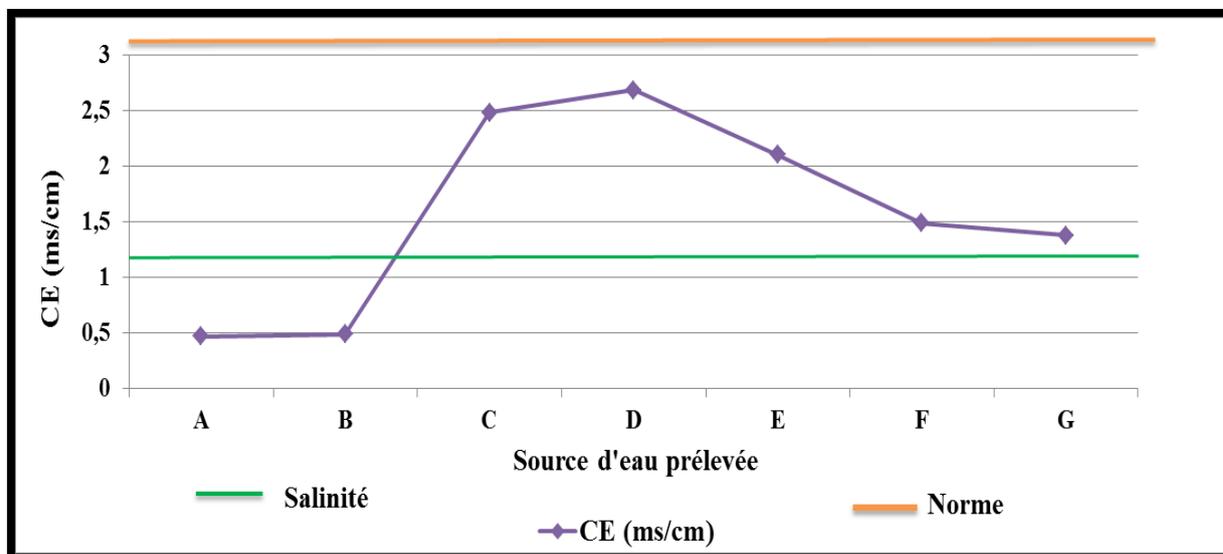
Selon le graphe ci-dessus, le pH obtenu pour les eaux analysées varie entre 7.12 à 8.03, ceci est conforme aux normes FAO qui fixent des valeurs de pH de 06.05 à 08.04.

La valeur de pH observée au niveau des sources (A) et (B), sont 7.12 et 7.19, ce qui indique que cette eau est neutre.

Légèrement alcalin aux niveaux des sources (C), (D), (E), (F), la valeur de pH est de 7.52, 7.62, 7.77, 7.83, et l'alcalinité est plus prononcée dans la source d'eau (G). Ceci est dû aux fortes concentrations de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>.

### I.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :



**Figure N° 21** : Variation des valeurs de la conductivité électrique selon les sources d'eaux prélevées.

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (Frank et Kenner, 1992).

La lecture des résultats de graphe ci- dessus montrent que :

Les eaux analysées présentent des valeurs comprises entre 0,47 et 2,68 ms/cm qui restent conformes à la norme FAO qui donne une valeur comprise entre 0 à 3 Ms/cm à 25°C.

-Pour les eaux des sources (A) et (B), les valeurs sont 0,47 ,0,49 ms/cm, ce qui indique que cette eau est non salée, de bonne qualité pour l'irrigation

-Pour les eaux des sources (C) (D) (E) (F) (G), les valeurs sont 2,48, 2,68, 2,1, 1,49, 1,38 ms/cm, c'est-à-dire que cette eau est salée, les valeurs ainsi obtenues ne présentent aucun risque actuel, mais peuvent devenir très néfaste pour les sols.

### I.1.4. Turbidité

Les sources des eaux (A) (B) (D) sont des eaux claires, non turbides et transparentes. Sauf les sources (C) (E) (F) et (G), ce sont des sources turbides (marron à marron claire) et la cause de cette turbidité de ces sources, revient aux rejets direct des ordures et des déchets industrielles et ménagères dans les Oueds



Source A

Source B

Source D

Figure N° 22 : Les images des sources d’eaux prélevées A ,B, D (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2017)



Source C

Figure N° 23: les images des sources d’eaux prélevées C (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2017).



Source E

Figure N° 24 : les images des sources d’eaux prélevées E (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2017).



Source F

Figure N° 25 : les images des sources d’eaux prélevées F (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2017).



Source G

Figure N° 26: les images des sources d'eaux prélevées G (cliché Labadlia et Benzerhouda, 2017).

### I.1.5. Oxygène dissous

Les valeurs d'Oxygène dissous sont mentionnées dans le graphique suivant :

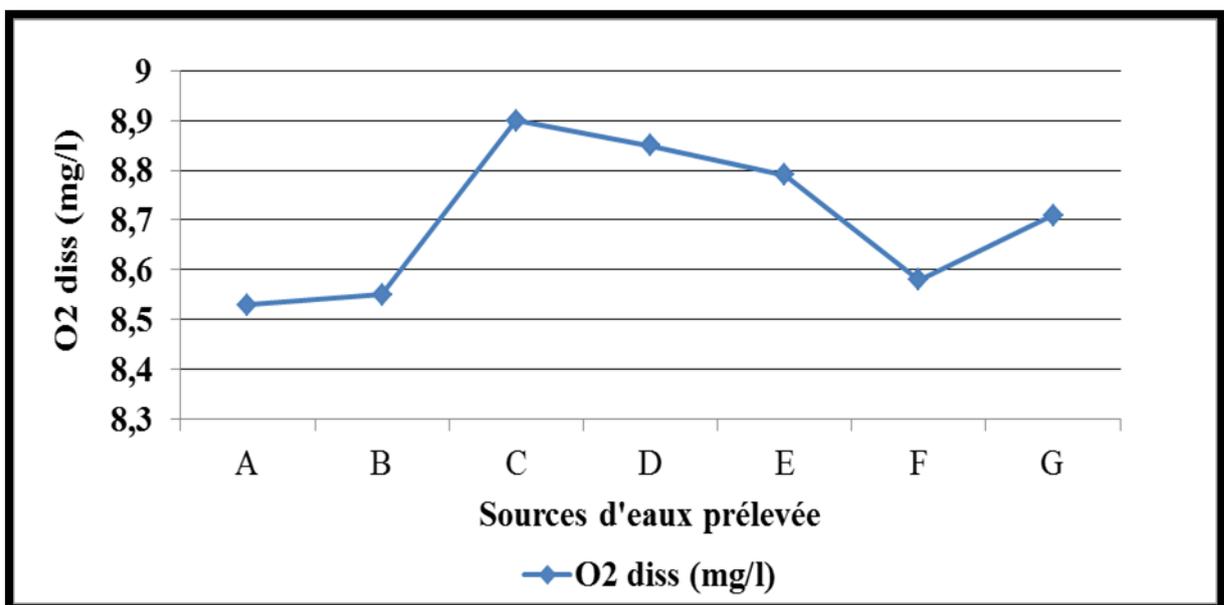


Figure N° 27 : Variations des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des sources d'eau prélevée.

Les eaux des sources prélevées présentent des valeurs comprises entre 8.30 à 10.60 mg/l qui restent conformes à la norme de FAO.

## II. Résultats des analyses chimiques de l'eau

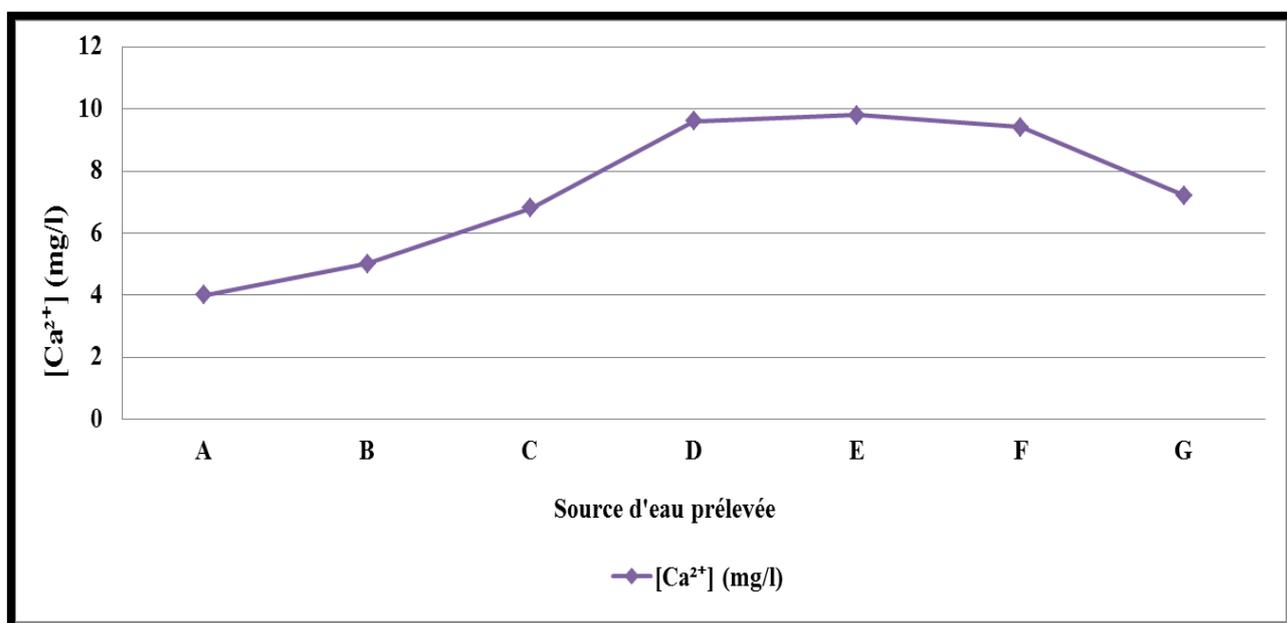
### II.1. Analyses des différents points prélevés

Les paramètres physico-chimiques effectués sur l'eau Analyses au laboratoire son :

Calcium, Magnésium, Chlorure, Sodium, Potassium, Carbonate, Bicarbonate, Résidu Sec (RS), Matières en suspension (MES).

#### II.1.1. Calcium

Les valeurs de la concentration de calcium sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

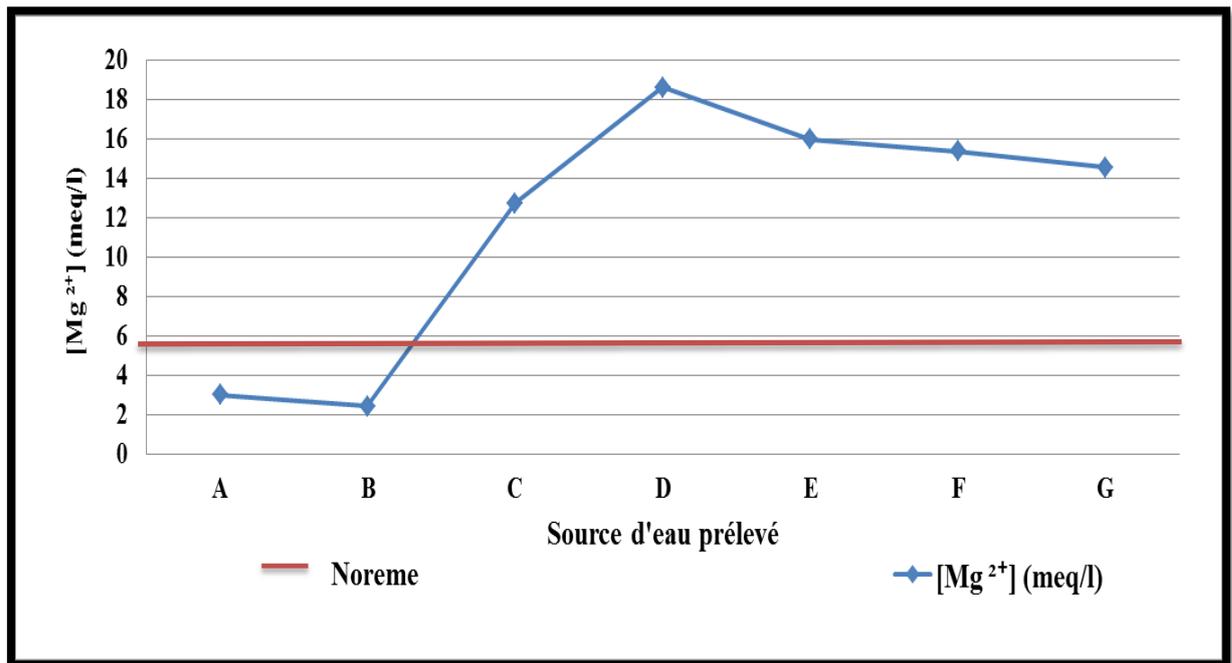


**Figure N° 28 :** Variation des valeurs de la concentration de calcium selon des sources d'eaux prélevées.

Le calcium est généralement l'élément dominant dans les eaux, les eaux prélevées et analysées affichent des valeurs comprises entre 4 meq/l et 9.81 meq/l, donc toutes ces valeurs répondent à la norme de la FAO qui indique une fourchette de 0 à 20 meq/l.

### II.1.2.Magnésium

Les valeurs de la concentration de calcium sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :



**Figure N° 29 :** Variation des valeurs de la concentration de magnésium selon des sources d'eaux prélevées.

En général, les sources d'eau prélevée présentent des teneurs de concentration de magnésium variant entre 2.43 et 18.63 meq/l.

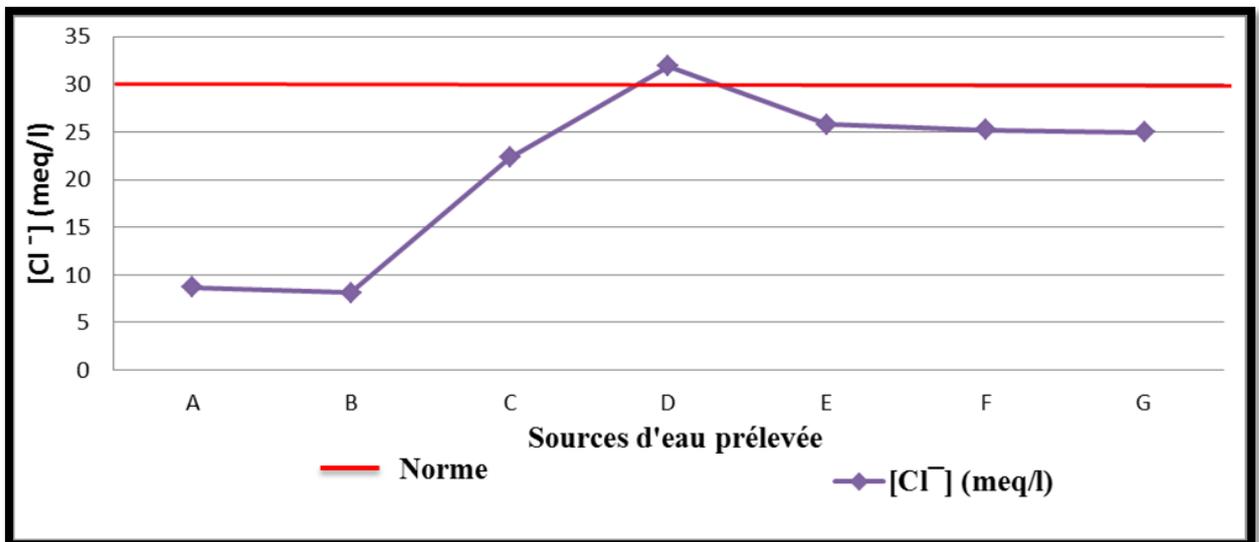
Les eaux des points (A) et (B) affichent des valeurs de magnésium comprises entre 2.43 et 3.03 meq/l, ce qui répond aux normes de FAO, par conséquent les points (C) (D) (E) (F) (G) ont des concentrations qui dépassent les normes (0-5meq/l) avec des teneurs de concentration de magnésium variant entre 12.75 à 18.63 meq/l.

On a observé aussi que la valeur de [Mg<sup>2+</sup>] au niveau du point de prélèvement d'eau des rejets de la station d'épuration (D) est plus élevée avec une valeur de 18.63meq/l, ce qui indique que ce point d'eau présente une pollution de Mg<sup>2+</sup>, ceci est due probablement à cause des déchets industriels, des rejets des eaux usées, l'utilisation des fertilisants industriels des sols agricoles (les apports des produits chimique), ou la composition des roches sédimentaires traversées par ces eaux.

### II.1.3. Chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés (Rodier 2008).

Les valeurs de la concentration de calcium sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :



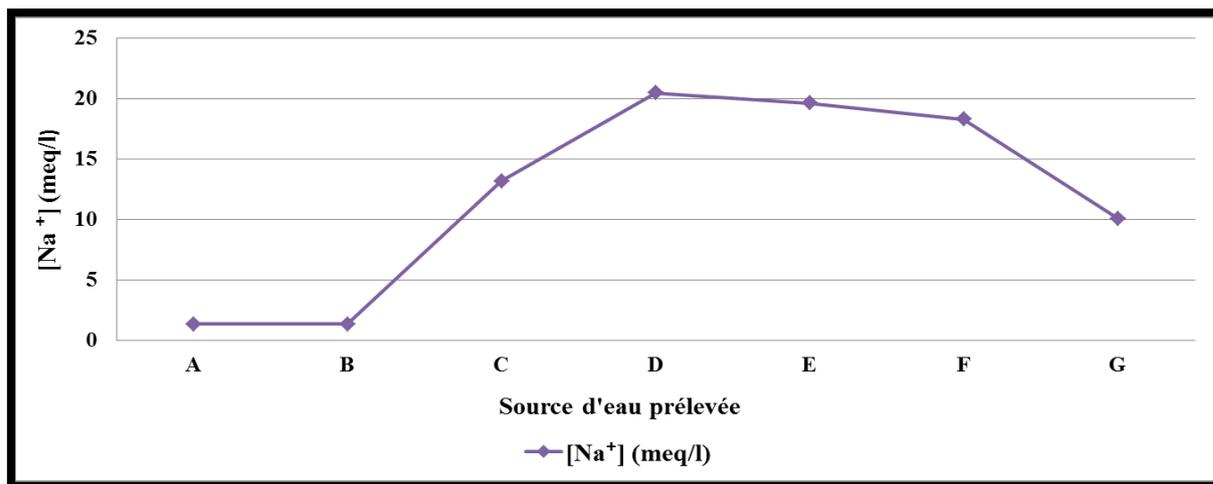
**Figure 30 :** Variation des valeurs de la concentration de chlorure selon des sources d'eaux prélevées.

La teneur en chlorure des sources d'eau prélevées comprise est entre de 8.14 meq/l et 8.68 meq/l au niveau de la source (A) et (B), ces valeurs répondent aux normes de la FAO, et les autres sources (C) (E) (F) (G), les teneurs augmentent comparées aux teneurs des deux sources (A et B) mais ne dépassent pas les normes qui affichent respectivement les valeurs de 22.3, 25.78, 25.24, 24.97 meq/l, par contre la teneur en chlorure de la source d'eau du point (D) affiche une valeur de l'ordre de 31.9 meq/l ce qui dépasse la norme de la FAO qui donne une norme de 30 meq/l, ce qui indique que cette eau est polluée en chlorure qui peut être due aux processus d'épurations (STEP).

### II.1.4. Sodium

Le sodium est généralement trouvé dans l'eau avec des concentrations faibles.

Les valeurs de la concentration de sodium sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

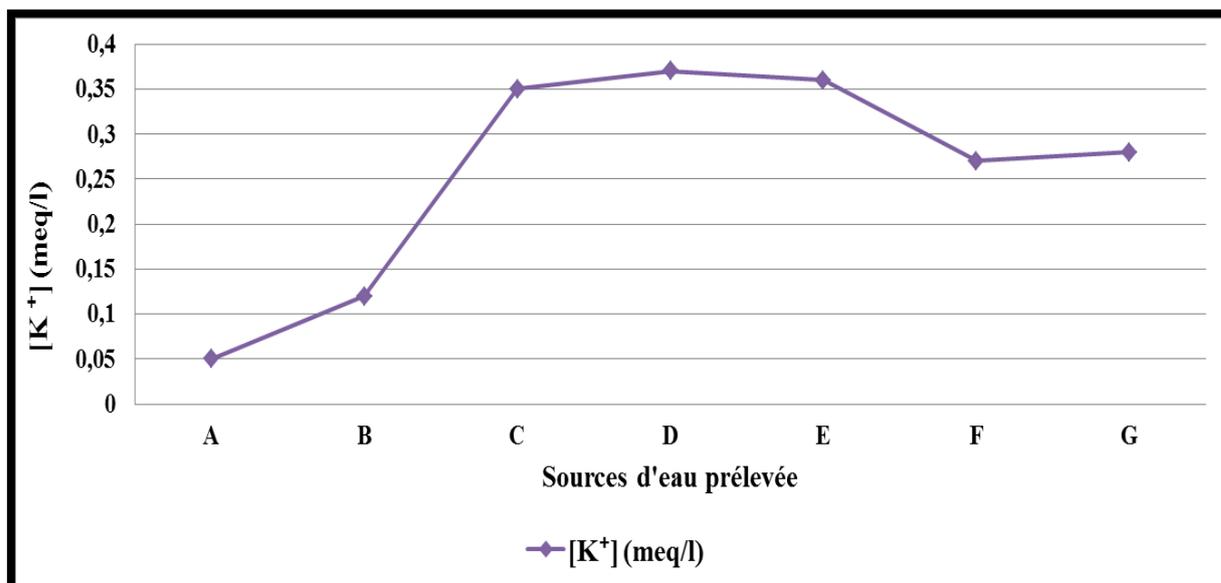


**Figure N° 31 :** Variation des valeurs de la concentration de Sodium selon des sources d'eaux prélevées.

Toutes les valeurs de sodium des sources des eaux prélevées répondent aux normes exigées par la FAO (40 meq/l), mais à différentes concentration qui sont comprises entre 1.33 et 20.44 meq/l, on remarque que les deux points (A) et (B) ont des teneurs en sodium très faibles de l'ordre de 1.33 meq/l par rapport aux autres points d'eau avec une valeur plus élevée au niveau de la source d'eau (D) qui est de 20.44 meq/l.

### II.1.5. Potassium

Les valeurs de la concentration de potassium sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

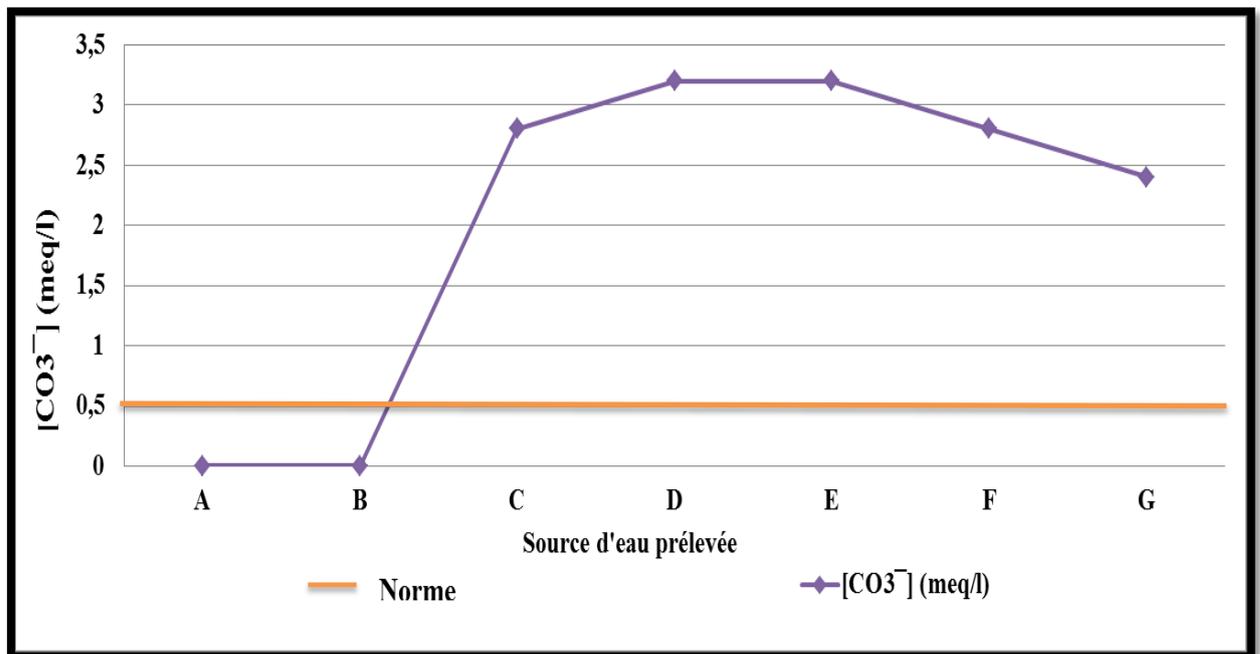


**Figure N° 32 :** Variation des valeurs de la concentration de potassium selon des sources d'eaux prélevées.

Les valeurs de concentration de potassium dans nos sources d'eau prélevées varient entre 0.05 à 0.37 meq/l, ces valeurs ne dépassent pas les normes de la FAO qui sont fixées entre 0 à 2 meq/l.

### II.1.6. Carbonate

Les valeurs de la concentration de carbonate sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :



**Figure N° 33 :** Variation des valeurs de la concentration de carbonate selon des sources d'eaux prélevées.

D'après les résultats relatives à la concentration de carbonate, on remarque que les valeurs varient entre 0 à 3.2 meq/ l.

Les concentrations de carbonate des sources d'eau prélevées des points (A) et (B) sont conformes aux normes de FAO qui sont fixées à 0.1 meq/l, mais les autres sources d'eau (C) (D) (E) (F) et (G), leurs concentrations dépassent les normes avec des concentrations très élevées de carbonate variant de 2.4 à 3.2 meq/l. Ces valeurs enregistrent l'accumulation de carbonate dans eaux d'irrigation.

### II.1.7. Bicarbonate

La teneur en bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (Frank et Kenner , 1992).

Les valeurs de la concentration de carbonate sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

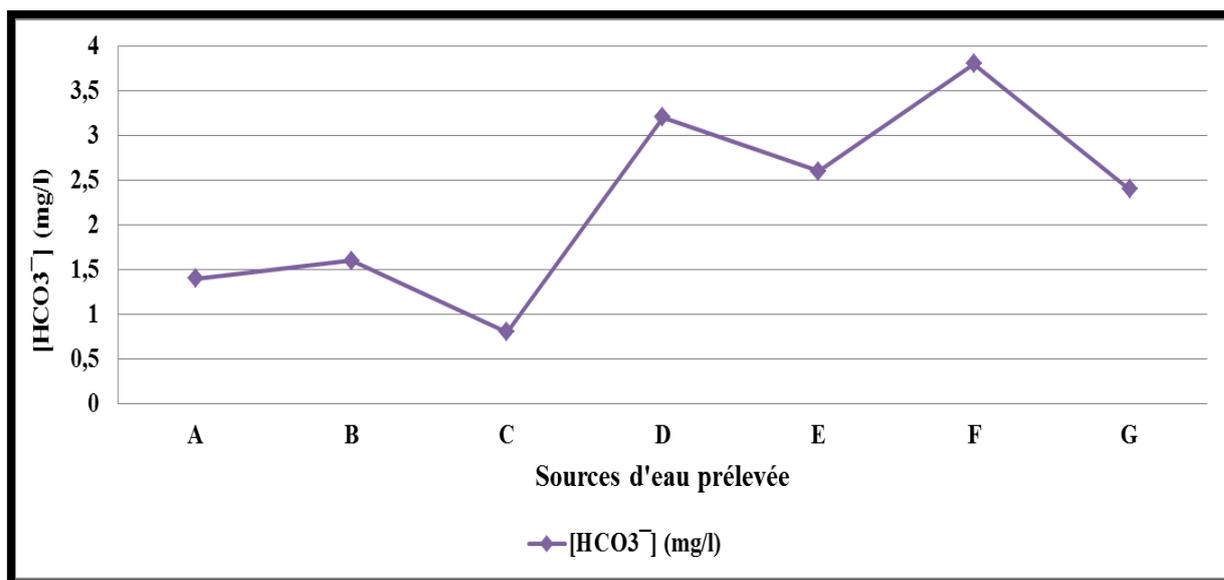


Figure N° 34 : Variation des valeurs du bicarbonate de carbonate selon des sources d'eaux prélevées.

Les normes de la FAO fixent une valeur pour ce paramètre de 10 meq/l, en effet, la majorité des sources d'eau prélevées sont bicarbonatées, correspondant ainsi aux normes FAO, avec des valeurs comprises entre 1.4 à 3.8 meq/l, ces valeurs ainsi obtenues ne présentent aucun risque sur la qualité des eaux.

#### II.1.8. Taux d'absorption du Sodium (SAR).

Les valeurs de la concentration de SAR sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

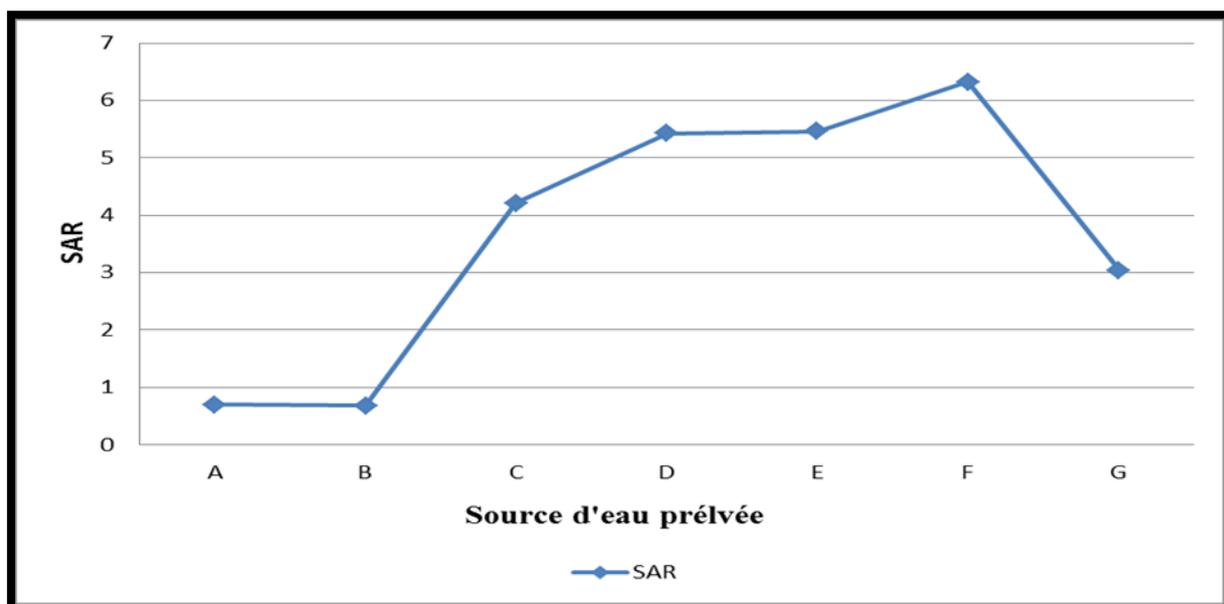
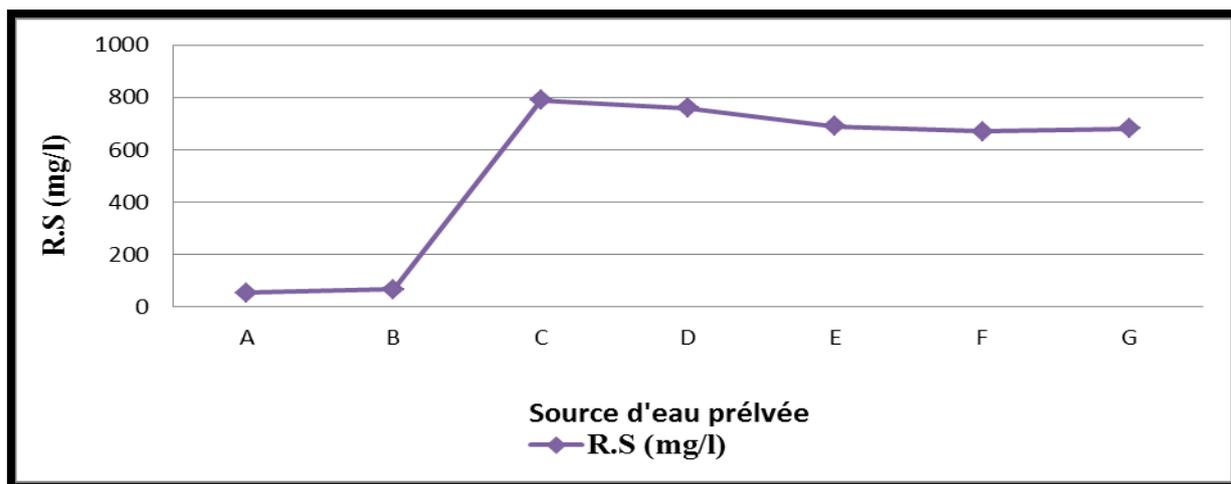


Figure N° 35 : Variation des valeurs du SAR selon des sources d'eaux.

D'après les résultats concernant le SAR, on constate que la proportion du sodium adsorbée est comprise entre 0,7 et 6.32, conformes aux normes de la FAO, ce qui affirme qu'il y a un très faible apport de sodium aux deux sources d'eaux des points (A) et (B) avec des valeurs de 0.7 et 0.68 (meq/l)

### II.1.9. Résidu Sec (RS) :

Les résultats de quantités des résidus secs sont mentionnés dans le graphique ci-dessous :

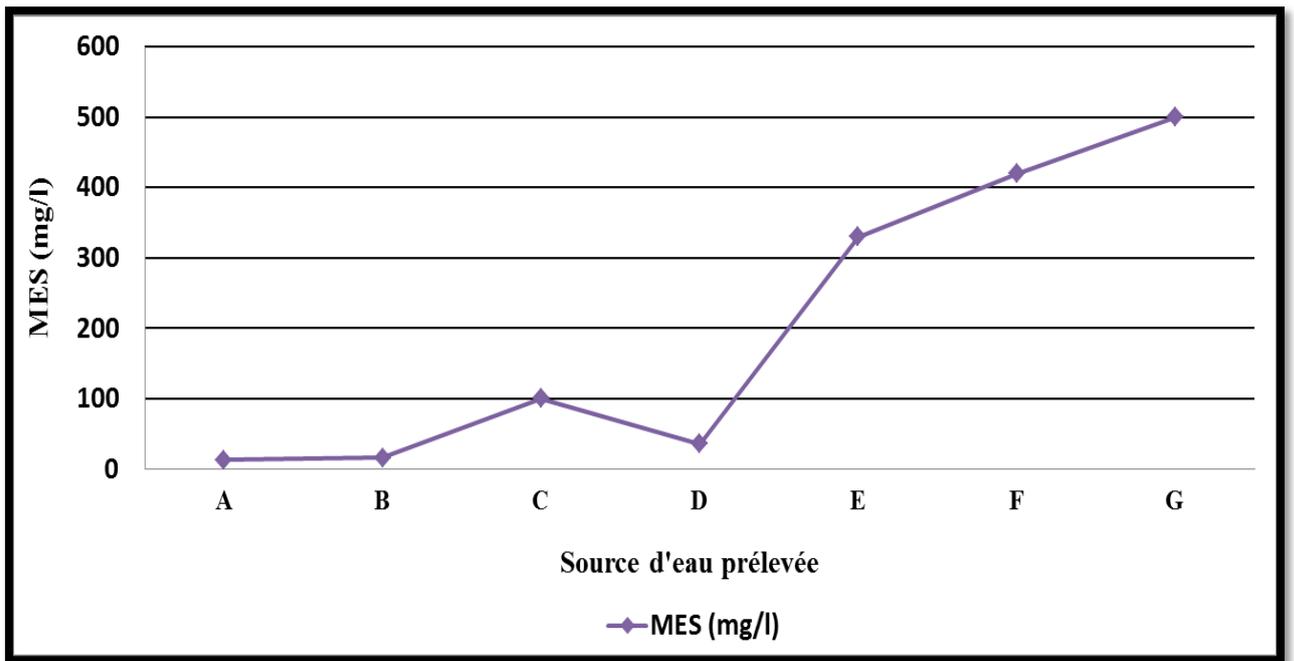


**Figure N° 36 :** Variation des valeurs du Résidu Sec (RS) selon des sources d'eaux Prélevées.

Le résidu sec représente la quantité d'éléments minéraux contenus dans les matières en suspensions de l'eau, nos sources d'eau prélevées ne dépassent pas les normes de la FAO. Dans les deux sources premières, on observe des valeurs allant de 46 et 68 mg/l, et au niveau des sources (C, D, E, F et G), les valeurs de RS enregistrent un maximum variant entre 720 à 800 mg/l, ce qui laisse à dire que ces valeurs montrent que notre eau contient des sels solubles de moyennes quantités, donc ces eaux ne présentent aucun risque immédiat pour son utilisation en irrigation.

### II.1.10. Mesure des matières en suspension présentes dans l'eau (MES) (mg/L).

Les résultats de la quantité de matières en suspension obtenues par cette analyse sont indiqués dans le graphique suivant :



**Figure N° 37 :** Variation des valeurs de la matière en suspension (MES) selon des sources d'eaux Prélevées.

Les MES affichent une valeur faible de 13, 16 et 36 mg/L dans les sources d'eaux A, B et D. Mais dans les sources d'eaux prélevées aux niveaux C, E, F et G la quantité de MES est plus élevée avec une valeur variée entre 100 à 500 mg/l, ceci due à des rejets de déchets et la présence des matières en suspension accumulées à cause des érosions du sol.

### Résultats et discussions du sol

Les mesures des paramètres physico-chimiques effectués sur les échantillons du sol ont permis d'obtenir les résultats suivants :

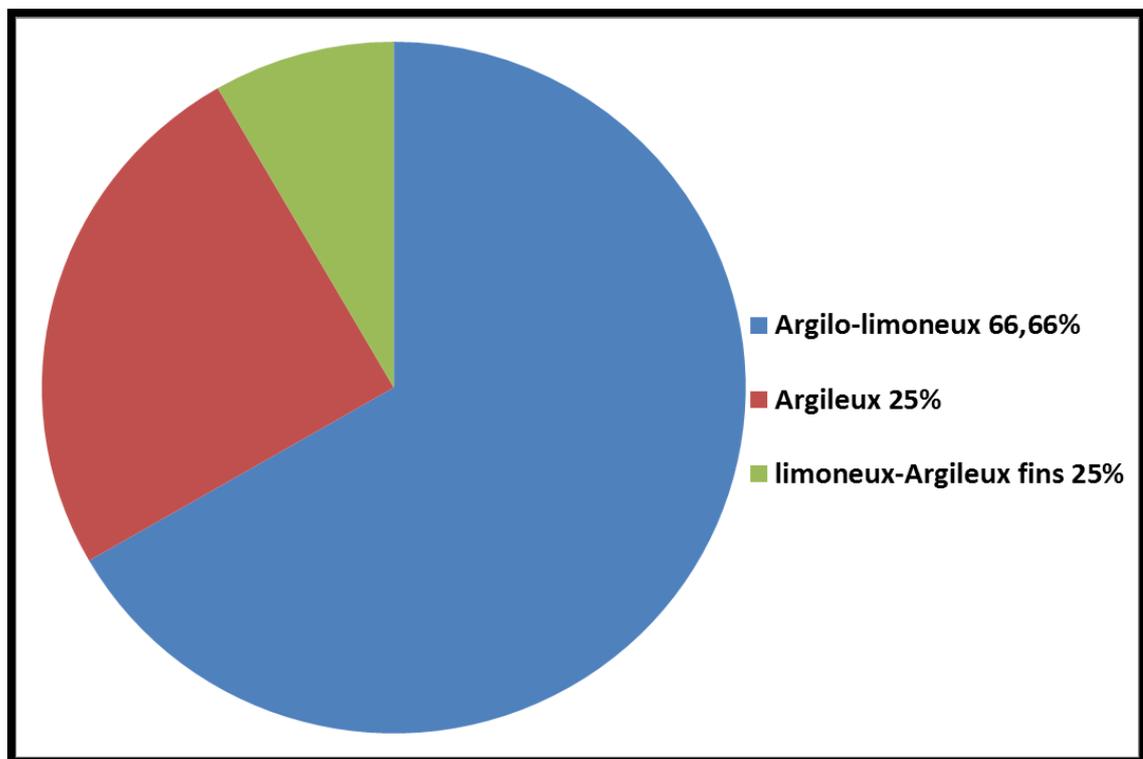
### III. Analyse physico-chimique du sol avant et après irrigation.

#### III.1. Analyses physique

Les paramètres physiques déterminés sur nos échantillons du sol sont : la granulométrie, la porosité et humidité.

#### III.1.1. Mesure de la granulométrie du sol (%)

La granulométrie permet la séparation des constituants minéraux du sol, et par conséquent les classer selon leur structure dans le graphique ci-dessous :



**Figure N° 38:** Variation de la granulométrie du sol selon les échantillons prélevés

(Avant et après irrigation).

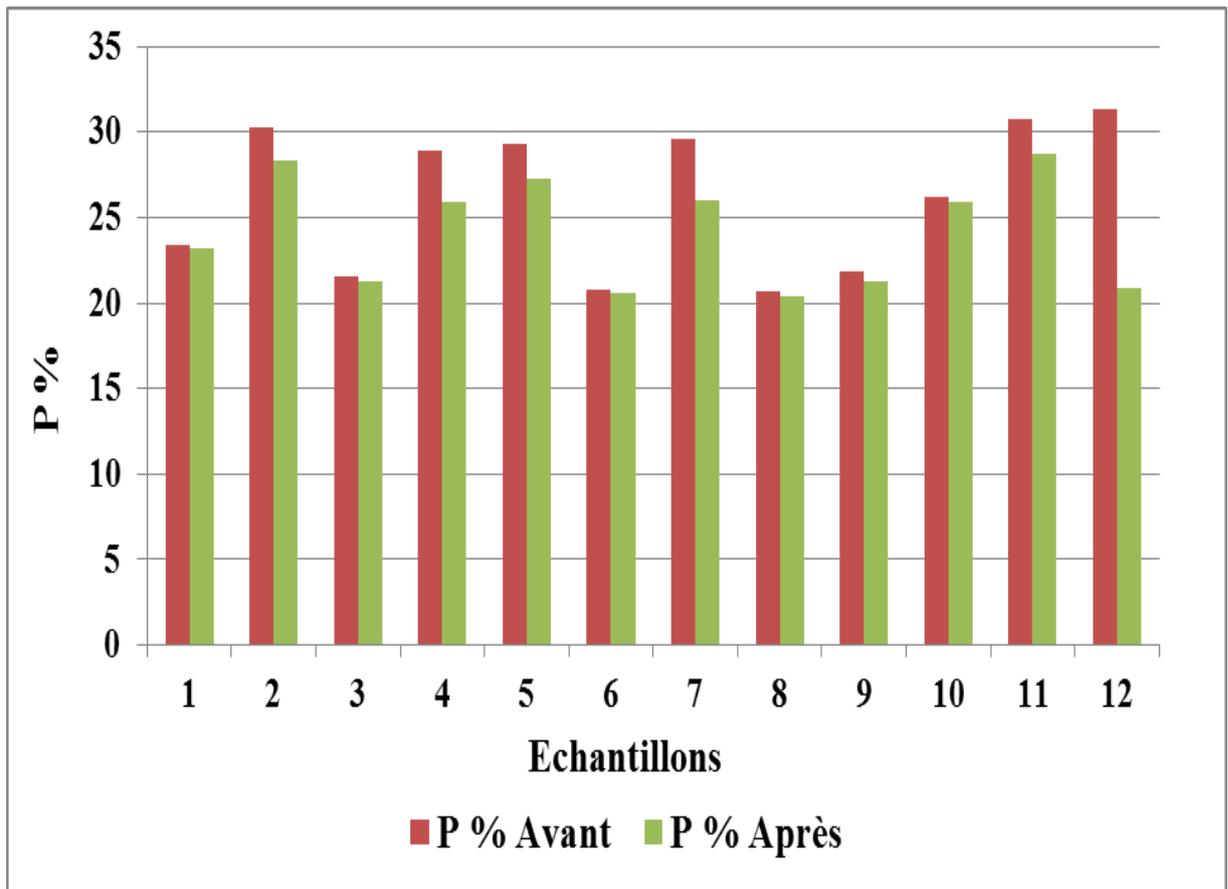
Les valeurs obtenues montrent que la plupart des échantillons du sol sont argilo-limoneux à 66.66% et a une texture argileux à limoneux-argileux fins de 25%.

La texture ne change pas beaucoup après l'irrigation elle reseté même texture (Argilo-limoneux).

L'analyse granulométrique a montré la distribution granulométrique des sols selon la taille des particules et les proportions des éléments minéraux, c'est ainsi que nous avons trouvé la dominance des particules fines, qui indique qu'il y a une bonne capacité de rétention en eau par les microporosités.

### III.1.3. Mesure de la porosité (%)

La teneur en eau et la porosité du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous :



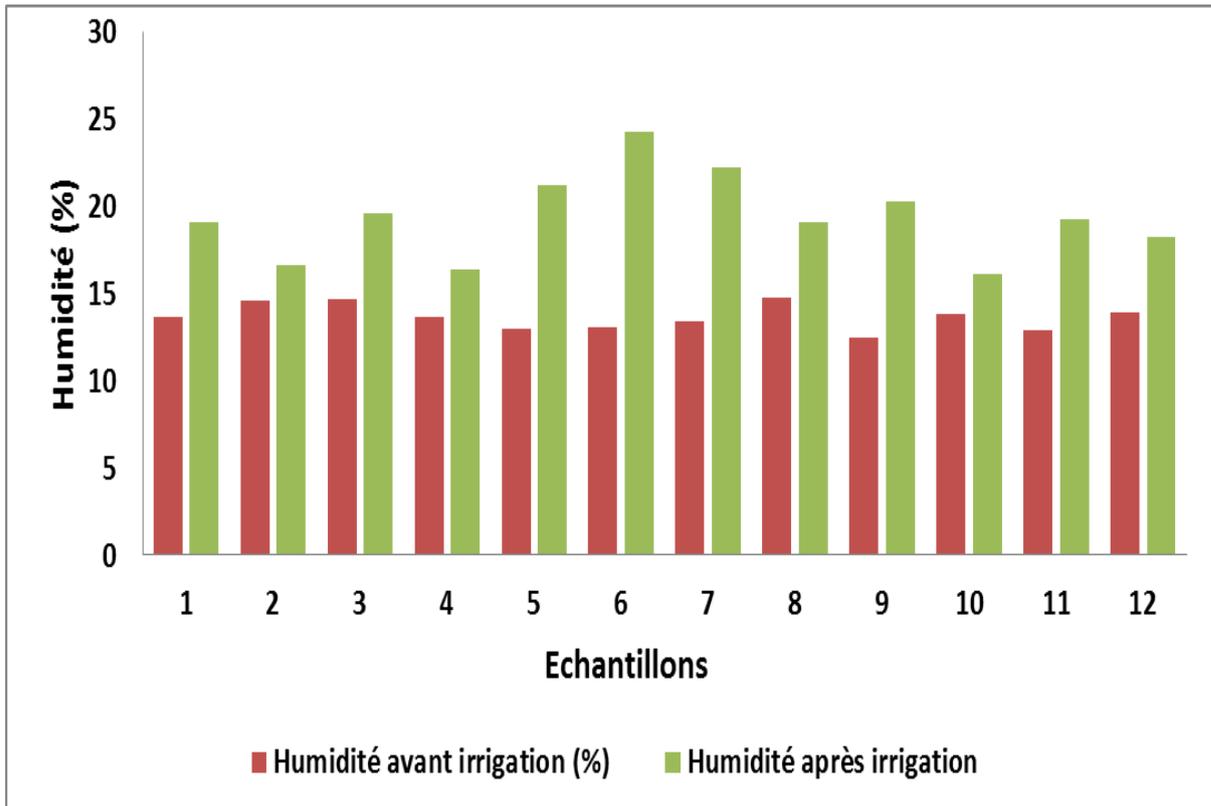
**Figure N° 39 :** Variation du taux de la porosité des échantillons du sol prélevé.

La porosité constitue le vide existant dans un sol, selon le graphique ci-dessus les teneurs des porosités comprises entre 20.67 et 31.30, et après l'irrigation ces teneurs ne changent pas beaucoup et enregistrent des valeurs variées entre 20.41 et 28.87, donc la majorité de nos sols ont une bonne porosité.

Ceci est dû à la texture du sol et sa teneur en matière organique.

### III.1.3. Mesure de l'humidité du sol %

La quantité d'eau retenue par le sol est exprimée dans le graphique ci-dessous :



**Figure N° 40** : Taux de l'humidité des échantillons du sol prélevé.

L'humidité constitue l'eau retenue par le sol, selon le graphique ci-dessus le taux d'humidité avant irrigation varié entre 12.45% et 14.79 % avec une capacité de retentions faible (<15%), et augmente après irrigation qui varié entre 16.1% et 24.27% avec une capacité de rétention moyenne (15-25%), ceci due à l'irrigation et la texture du sol argilo-limoneux.

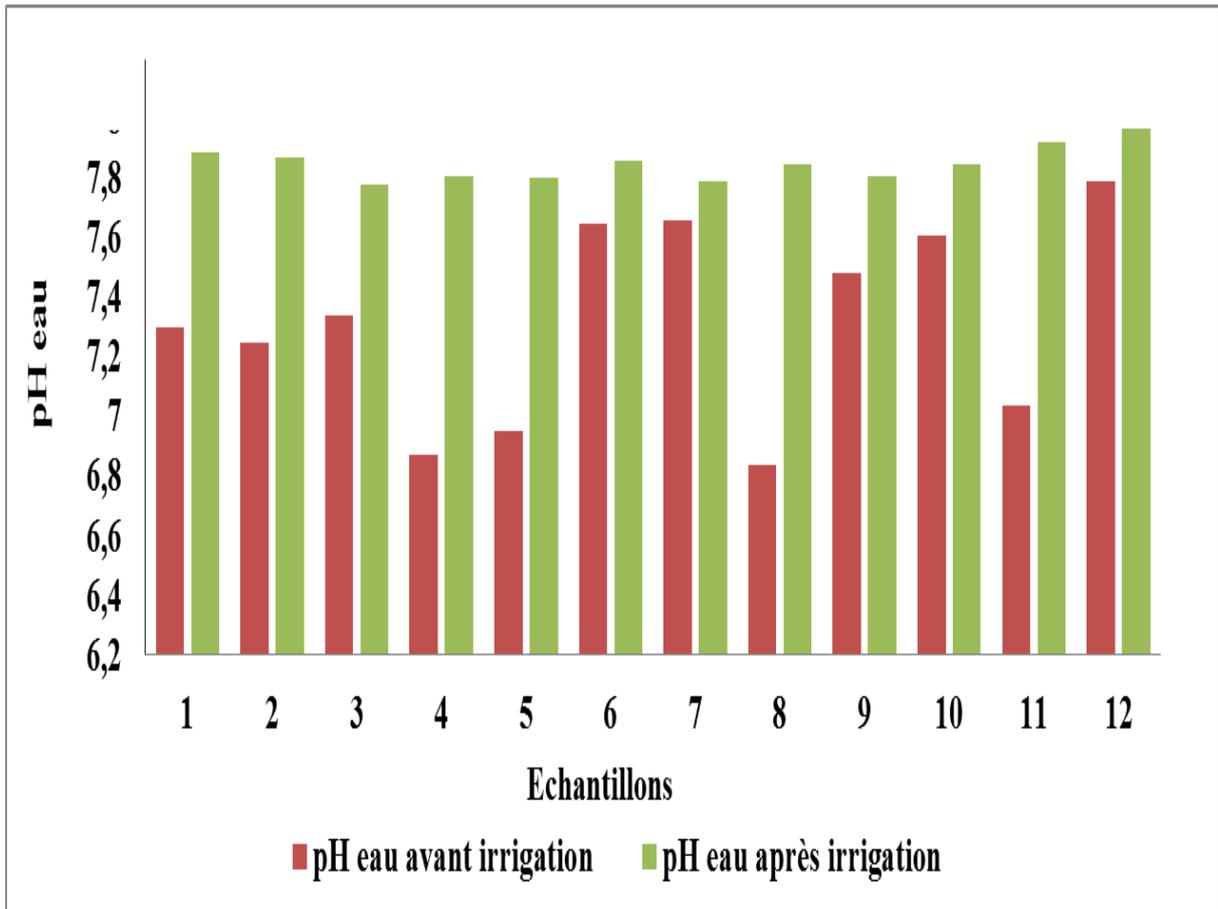
#### **IV. Caractères chimiques du sol**

Nos paramètres chimiques effectués sur le sol des 2chantillons étudiés sont : l'acidité actuelle, l'acidité potentielle et la conductivité électrique. Matière organique, Calcaire totale, Sodium et Potassium, Calcium et magnésium.

##### **IV.1. Mesure du pH du sol**

###### **IV.1.1 pH<sub>eau</sub>**

Les valeurs pH<sub>eau</sub> obtenues sont mentionnées dans les deux graphiques ci-dessous :



**Figure N° 41 :** Variation de l'acidité actuelle du sol dans la parcelle étudiée avant et après irrigation.

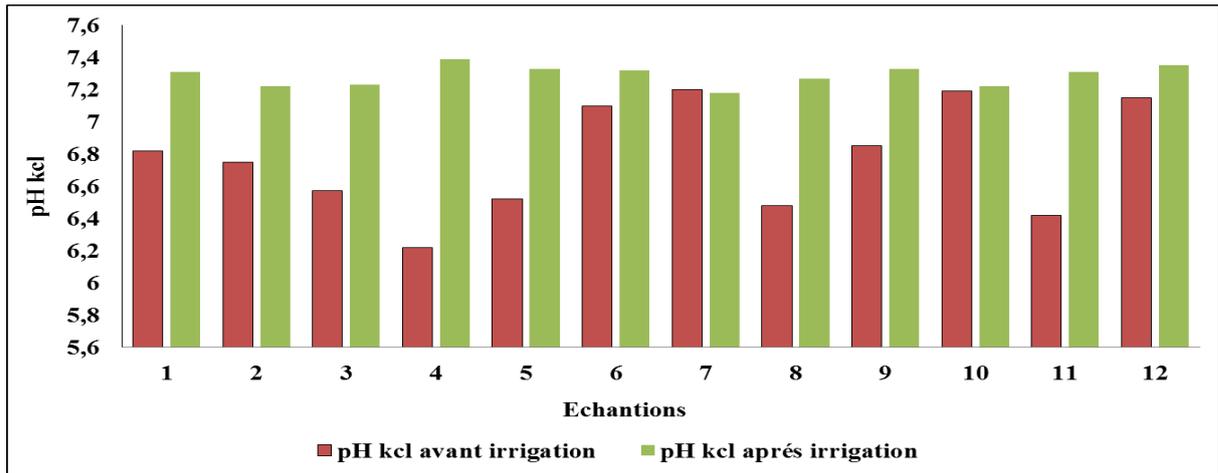
Toutes les valeurs de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  du sol avant irrigation sont comprises entre 6.84 et 7,85 ce qui indique que le sol est neutre à légèrement alcalin.

Pour le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  du sol après irrigation, les valeurs variées entre 7.61 et 7.97, donc le sol est peut alcalin a alcalin.

Le pH indique l'acidité d'une solution, c'est un élément important intervenant dans plusieurs phénomènes complexes. Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  augmenté après l'irrigation qui dépassent 7,8 dans presque toutes les échantillons du sol prélevées qui indique l'alcalinité du sol, ceci due à la qualité des eaux d'irrigation.

#### IV.1.2. $\text{pH}_{\text{kcl}}$

Les valeurs  $\text{pH}_{\text{kcl}}$  obtenues sont mentionnées dans les deux graphiques ci-dessous :



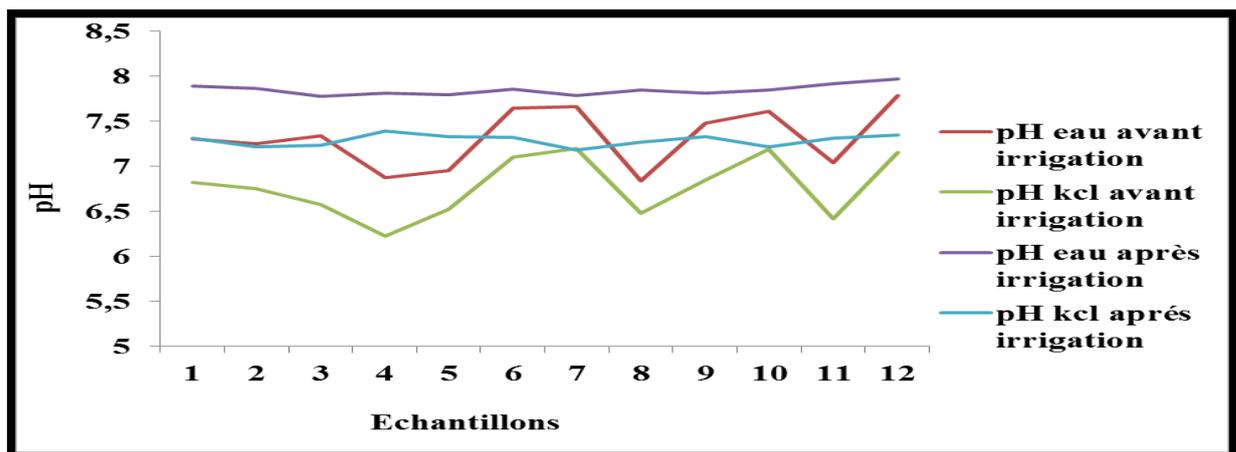
**Figure N° 42 :** Variation de l'acidité potentielle du sol dans la parcelle étudiée avant et après irrigation.

Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  avant l'irrigation (6.22 à 7.2) sont inférieures à celles du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  après l'irrigation (7.15 à 7.35).

Le graphique suivant montre que les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  de la totalité des sols étudiés évoluent dans le même sens que le  $\text{pH}_{\text{eau}}$ .

#### IV.1.3. Relation $\text{pH}_{\text{eau}}$ et $\text{pH}_{\text{KCl}}$

Les valeurs  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  obtenues sont mentionnées dans les deux graphiques ci-dessous :

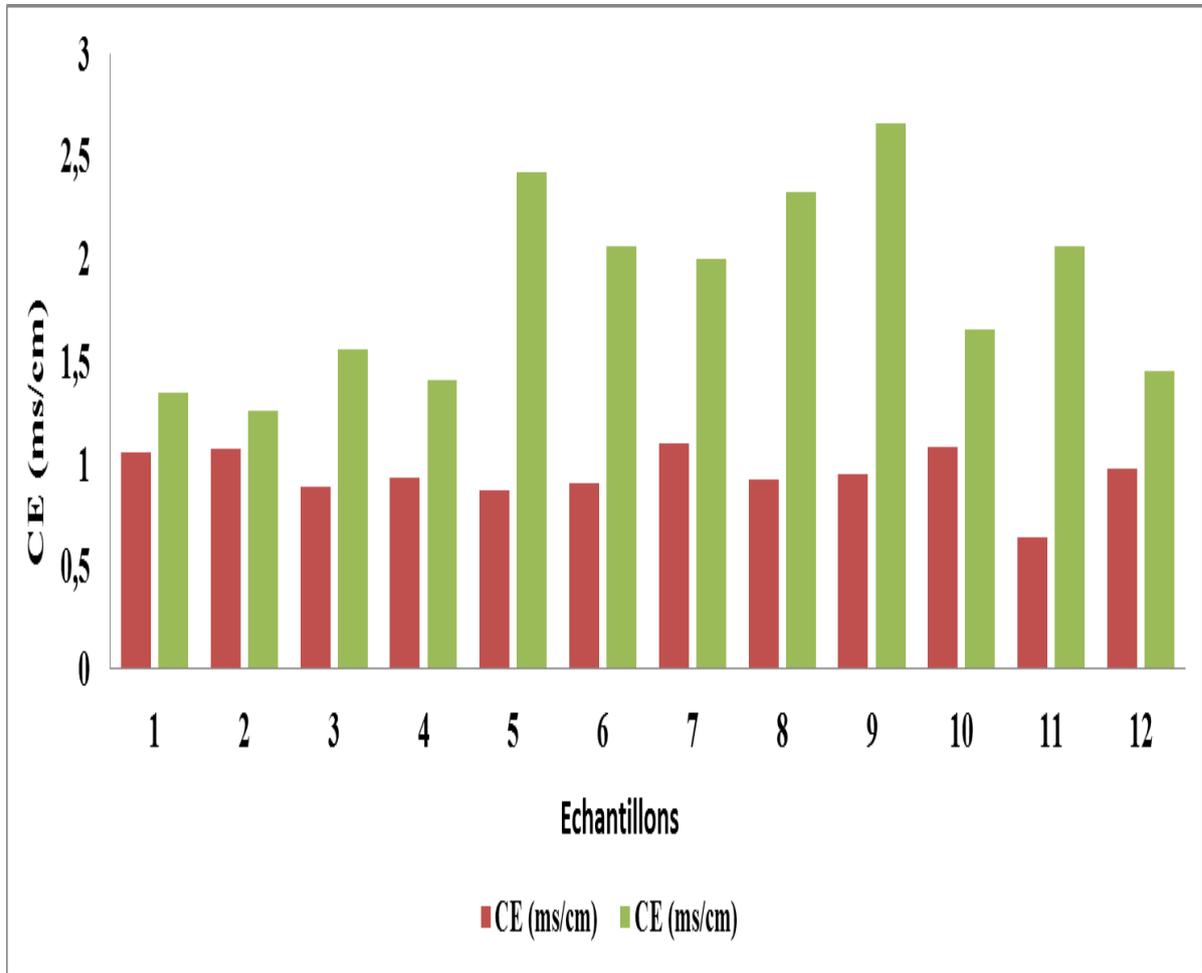


**Figure N° 43 :** Relation entre  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  selon les différents échantillons prélevés du sol.

Cet accord entre les deux types de pH (eau, KCl) indique la saturation du complexe adsorbant et l'existence d'un équilibre entre l'acidité actuelle et celle résiduelle. Les résultats obtenus montrent que la majorité des sols ont un complexe adsorbant saturé en bases.

#### IV.2. Mesure de la conductivité électrique du sol (ms/cm)

Les valeurs données par le conductimètre sont mentionnées dans le graphique ci-dessous :

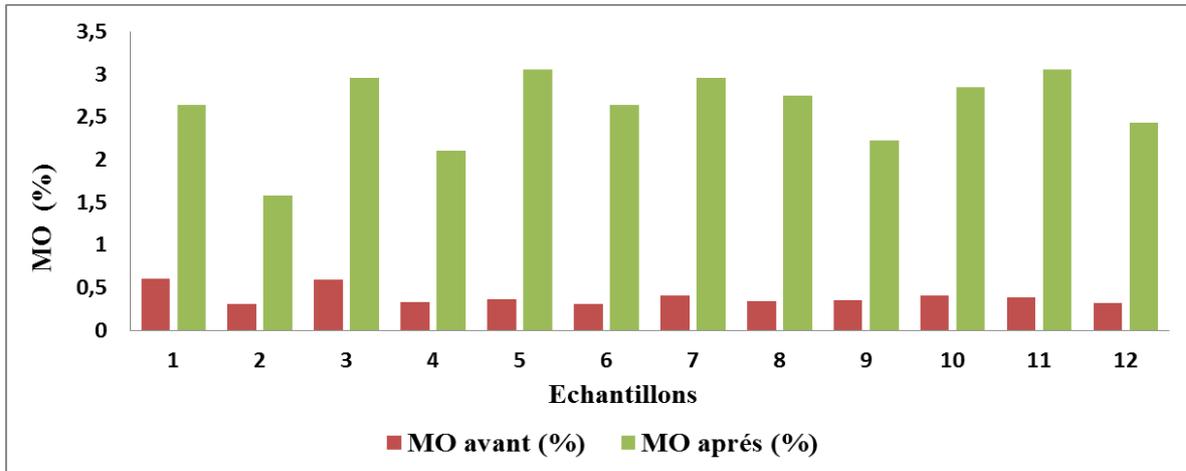


**Figure N° 44 :** Variation de la conductivité électrique du sol étudié avant et après irrigation.

Le graphique suivant montre les différents résultats de CE du sol avant et après irrigation. La conductivité électrique indique la salinité des sols, selon les valeurs des échantillons du sol (avant irrigation) qui varient entre 0.64 et 1.1, donc notre sol est peu salé. Pour le sol après irrigation la conductivité électrique varie entre 1.35 et 2.66, donc c'est un sol peu salé à salé, ceci est dû probablement à la qualité des eaux d'irrigation.

### IV.3. Mesure de la matière organique

La teneur en matière organique du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:



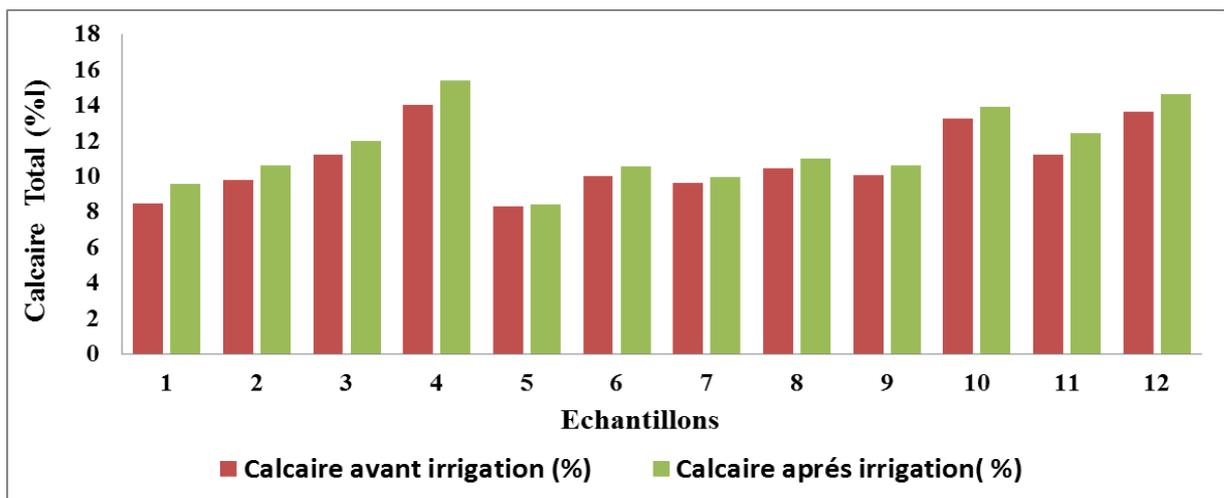
**Figure N° 45:** Variation des teneurs en matière organique du sol avant après irrigation.

Les valeurs de la MO du sol (avant irrigation) sont comprises entre 0.31 et 0.6 ceci indique que ce sol est très pauvre en M.O.

Par conséquent, après irrigation sa teneur en MO a changé et varie entre 1.58 et 3.06 donc le sol devient pauvre à moyenne teneur de M.O, ceci est due à la présence, dans le sol, des débris végétaux, des apports excessifs en engrais, l'humus, les fumiers

### IV.4. Mesure de calcaire totale

La teneur en calcaire totale du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:



**Figure N° 46 :** Variation des teneurs en calcaire total du sol avant et après irrigation.

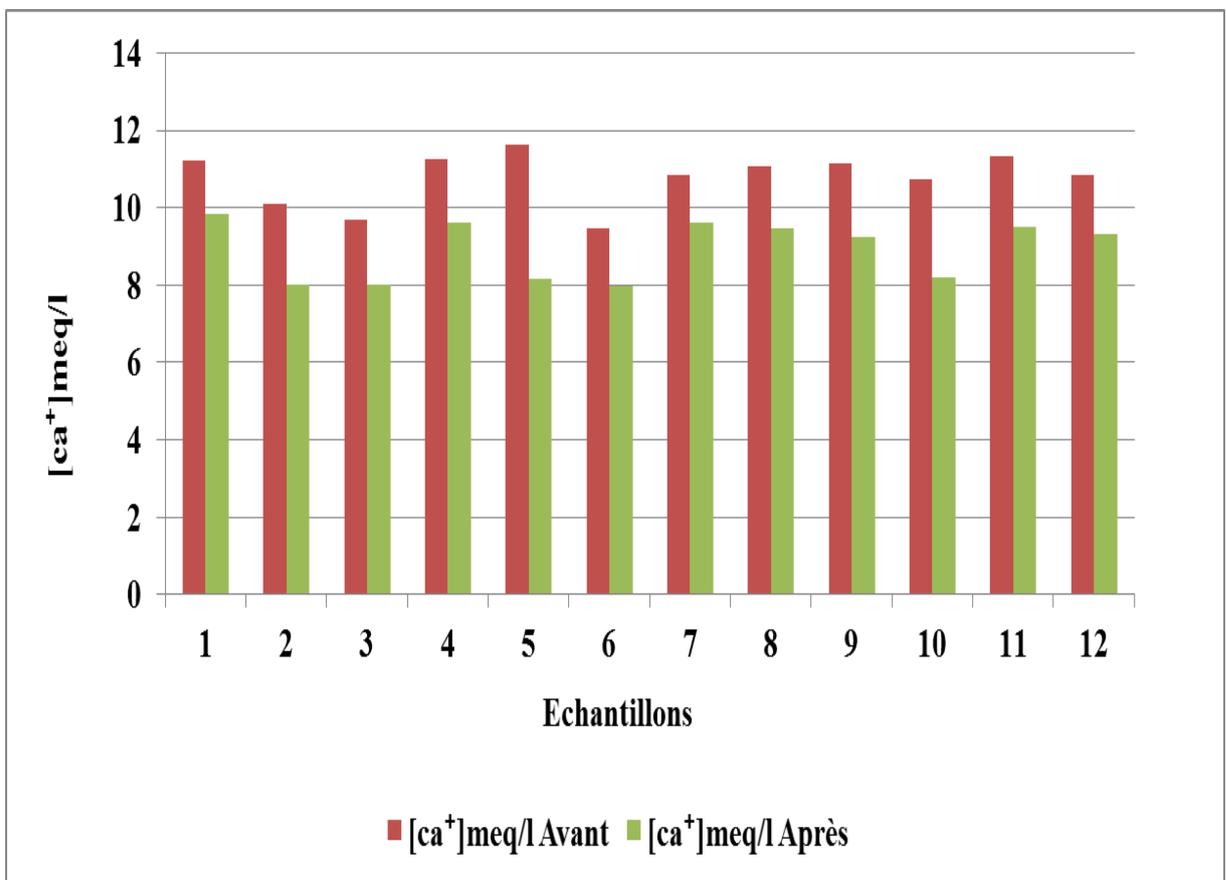
D'après ces résultats, nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence du taux de calcaire total du sol avant et après irrigation.

En effet, le taux de calcaire total du sol avant irrigation varie entre 8.28 et 14.02 et après irrigation, les valeurs varient entre 8.41 15.63, nous pouvons conclure que notre sol est moyennement calcaire.

#### IV.5. Mesure des cations solubles.

##### IV.5.1. Mesure de calcium

La teneur en calcium du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:



**Figure N° 47 :** Variation des teneurs en calcium du sol avant et après irrigation.

Les résultats des mesures effectuées sur le sol indiquent que la concentration de calcium avant l'irrigation varie entre 9.48 et 11.63, et diminution après l'irrigation avec des valeurs comprises entre 7.98 et 9.82.

Cette diminution de la concentration de calcium due à son utilisation par les plantes

#### IV.5.2. Mesure de magnésium

La teneur en Magnésium du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:

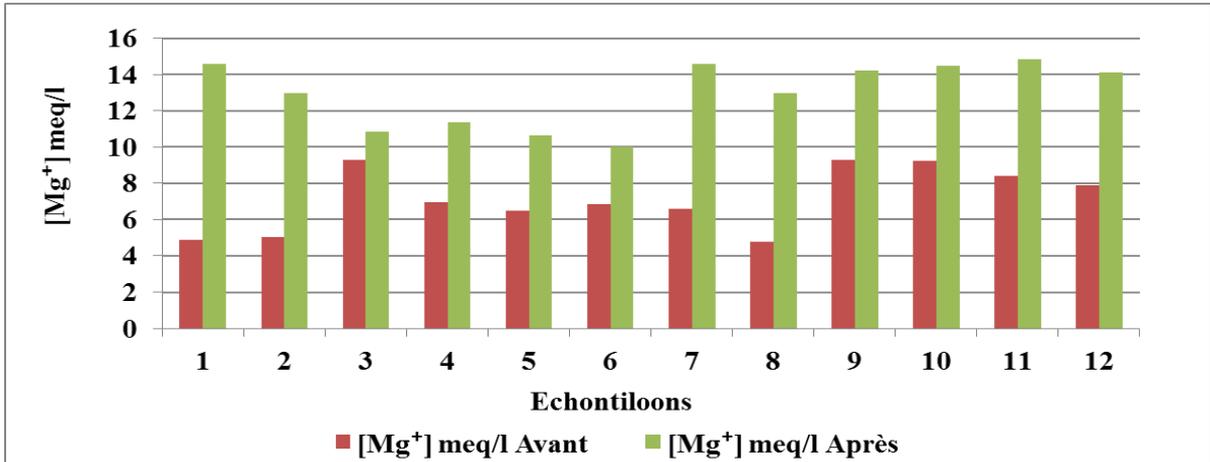
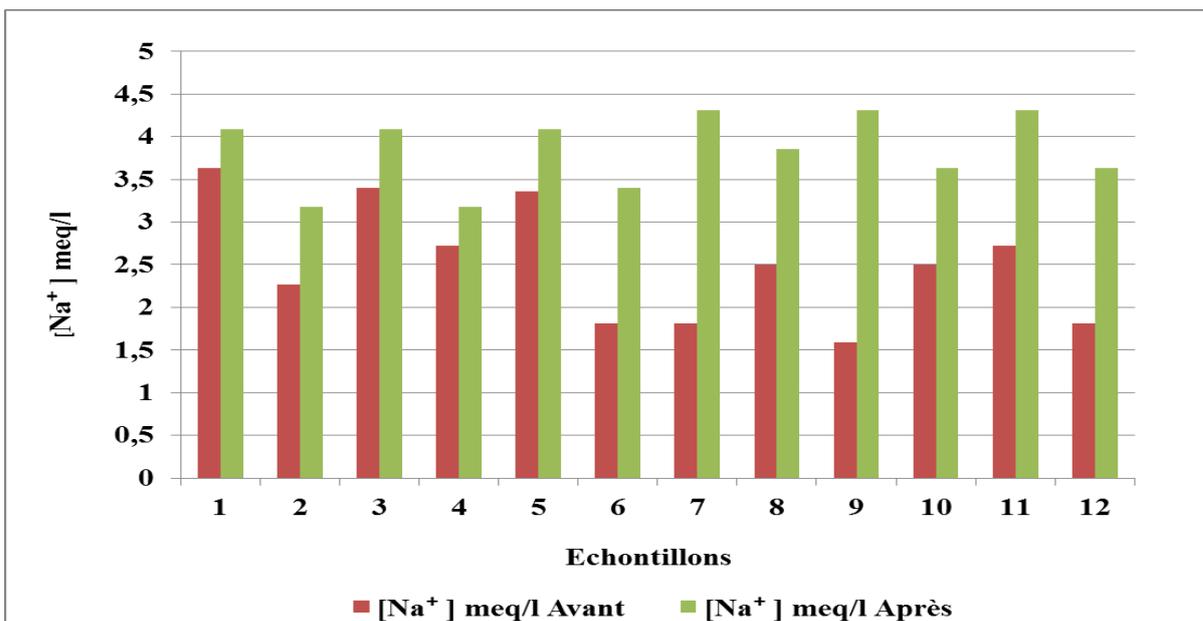


Figure N° 48 : Variation des teneurs en magnésium du sol avant et après irrigation.

Le graphique suivant montre que la concentration en magnésium des échantillons du sol est comprise entre 6.59 et 9.27, et la concentration en magnésium pour le sol après irrigation est comprise entre 10.03 et 14.85, ce qui indique qu'il y a une augmentation de magnésium ceci due à la qualité des eaux d'irrigation.

#### IV.5.3. Mesure de sodium

La teneur en sodium du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:

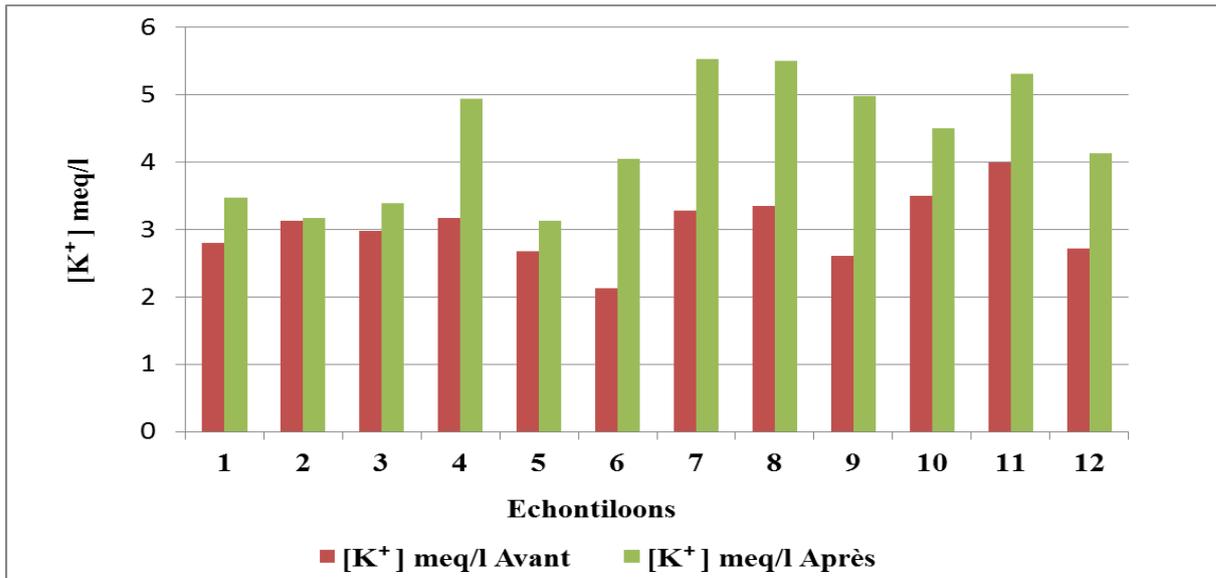


**Figure N° 49 :** Variation des teneurs en sodium du sol avant et après irrigation.

Les résultats des mesures effectuées sur le sol indiquent que la concentration de sodium a augmentée après irrigation. En effet, on a enregistré des valeurs variant entre 1.59 et 3.63 avant irrigation, et des valeurs de 3.18 à 4.31 pour le sol après irrigation.

#### IV.5.4. Mesure de potassium

La teneur en potassium du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:

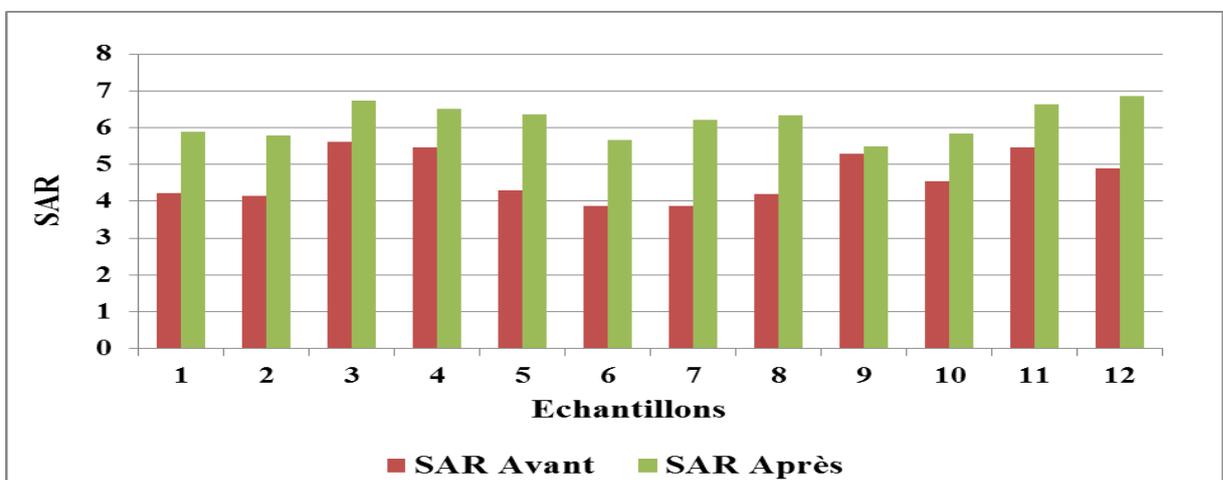


**Figure N° 50 :** Variation des teneurs en potassium du sol avant après irrigations.

Les valeurs du potassium du sol avant irrigation sont comprises entre 2.12 à 3.99, et de 3.12 à 5.52 pour le sol après irrigation. La concentration de potassium a augmenté à cause de l'utilisation excessive d'engrais.

#### IV.5.5. Mesure de SAR

La teneur en SAR du sol étudié est mentionnée dans le graphique ci-dessous:



**Figure N° 51 :** Variation de SAR du sol avant et après irrigations.

Les valeurs de SAR sont comprises entre 3.87 à 5.62 au sol avant irrigation, et des valeurs variant entre 5.49 à 6.85 du sol après irrigation, ceci indique que le SAR au sol avant et après irrigation ne changent pas, le sol reste de faible alcalinisation.

## DISCUSSION GENERALE

L'objectif de notre étude est la caractérisation physico-chimique des sols et des eaux en vue d'établir une relation entre la qualité du sol et des eaux pour la région de Ain-Defla (plaine d'El Amra).

Les résultats des analyses propriétés physiques des sols du sol ont révélé une texture Limono-Argileux de notre sol, ce qui confère à notre sol une moyenne porosité permettant à l'air et l'eau de circuler et aux racines de se développer.

Les propriétés chimiques, représentées par les valeurs de l'acidité actuelle, l'acidité potentielle et la conductivité électrique, révèlent l'état d'équilibre qui règne entre le complexe adsorbant et la solution du sol, et qui se traduit par un pH eau alcalin un pH<sub>KCl</sub> variable après irrigation et une conductivité électrique du sol peu salé à salé, cet équilibre enregistré peut être un bon indicateur de la saturation du complexe adsorbant et qui participe aux différentes réactions de stabilisation de la solution du sol.

Cet état d'équilibre est renforcé par un taux de matière organique dans des sols agricoles (valeurs comprises entre 1,58% et 3,06 %), ceci est dû à la présence de l'humus et les apports d'engrais.

L'état chimique de ces sols après irrigation évalué à travers les teneurs en éléments minéraux a montré qu'il y a une diminution de calcium ceci due à l'utilisation par les plantes cultivée, par contre il y a une augmentation des teneurs de potassium, de sodium et de magnésium selon la qualité des eaux, ces augmentations des teneurs peuvent être liées à plusieurs origines mais la source la plus évidente reste la contamination des eaux d'irrigation ou bien suite à une utilisation incontrôlée des engrais industriels.

En outre, les analyses des échantillons des eaux prélevées sur le même site que le sol (El-Amra) montrent que nous sommes en présence d'une eau polluée par rapport à son origine (eau du barrage SMBT). Par conséquent, son pH qui devient basique agit impérativement sur le pH du sol, sa conductivité électrique qui affiche des valeurs plus élevées (eau saline) suite à

son passage par l'oued Cheliff (cheminement barrage SMBT-Parcelle agricole) agit aussi sur les sols de la parcelle.

L'évaluation des matières en suspension montre que l'eau de notre parcelle est moyennement chargée c'est-à-dire qu'elle est peu influencée par le processus d'érosion des sols mais principalement chargée en déchets urbains.

L'évaluation des éléments minéraux comme le calcium et le chlorure affiche des valeurs qui dépassent les normes au niveau de la STEP Ain Defla, par contre les éléments tel que le sodium, le potassium, le bicarbonate et le SAR, leurs valeurs répondent aux normes, mais le carbonate et le magnésium, ont des valeurs dépassant les normes dans les eaux de sont parcelle bien qu'elles étaient conforme aux normes au niveau du barrage, ce changement d'état est certainement due à leur mélange avec les eaux d'oued Cheliff qui proviennent de différentes sources (STEP Ain Defla, rejets domestiques, rejets industriels...).

Enfin, on conclut que les eaux d'oued Cheliff et les eaux rejetées par la STEP Ain Defla (après leur traitement) sont les principaux responsables du changement de la qualité physico-chimique de l'eau qui atteint les parcelles étudiées

### Conclusion général

Le barrage SMBT sur l'oued Ebda est considéré parmi les plus importants barrages à l'échelle de la wilaya de Ain Defla, qui desserve les agglomérations en eau potable et les parcelles agricoles en eau d'irrigation.

Ce barrage assure l'irrigation de la plaine d'El-Amra par des lâchers effectués sur oued Ebda le long de l'oued Cheliff, ce dernier draine un vaste espace et collecte plusieurs eaux de différentes sources telles que la STEP de Ain Defla.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés dans un premier temps à identifier les différentes sources de pollution (l'eau arrivée aux parcelles) et étudier par la suite l'impact de leur qualité physico-chimique sur le sol (cas d'El-Amra).

Les résultats, ainsi obtenus, de la caractérisation physicochimique du sol étudié avant irrigation montre un pH neutre à moyennement alcalin, un taux moyen de calcaire total, un déficit en matière organique et un taux de salinité assez accepté.

En outre, les analyses physico chimique des eaux du barrage SMBT ont donné des résultats conformes aux normes, par contre, l'eau une fois arrivée à la parcelle affiche une qualité assez médiocre, ceci est due au passage des eaux dans le lit d'oued Cheliff et son mélange avec ses eaux qui proviennent de différentes sources, en premier les eaux issues de la station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Ain Defla. Cette dernière est considérée comme la principale source de pollution des eaux d'irrigation au niveau de notre région d'étude, vu que les traitements réalisés sur les eaux usées ne couvrent que les traitements physiques (élimination des éléments grossiers) sans faire recours aux traitements chimiques, ajouté à cette source, on peut trouver aussi les rejets domestiques qui se font directement sur l'oued Cheliff à l'aval du barrage SMBT.

Par conséquent, ces pollutions peuvent s'accroître au cours du temps si les pouvoirs publics locaux n'adoptent de solution radicale pour lutter contre ce phénomène qui menace la vie humaine ainsi que l'environnement.

En effet, ces changements de qualité d'eau d'irrigation agissent directement sur la qualité du sol irrigué qui voit augmenter ses teneurs de quelques élément minéraux (.....), sa salinité, son pH qui devient basique, affiche un taux moyen de calcaire et une moyenne teneur en matière organique.

En fin, on conclut que les sols des parcelles agricoles de la plaine d'El Amra sont vraiment menacés par une pollution qui s'aggrave de plus en plus si les pouvoirs publics

n'agissent pas, et pour sauvegarder un sol fertile et une eau saine et consommable et assurer une bonne amélioration de sa qualité et limiter les apports en polluants, certaines mesures nécessaires sont à prendre en considération, à savoir :

- diminution des sources de pollution par la réalisation de traitement complet (physique et chimique) des eaux usées, ainsi que le contrôle des rejets domestiques et industriels le long des oueds, aussi il est également nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement.
- réaliser un traitement préalable des rejets avant qu'ils atteignent les oueds et surveiller en permanence la qualité des eaux au niveau de ces oueds.
- Cela sera d'autant plus efficace avec une bonne sensibilisation des personnes qui sont en contact direct avec ces problèmes (agriculteurs, responsables d'unités industrielles, travailleurs, citoyens).

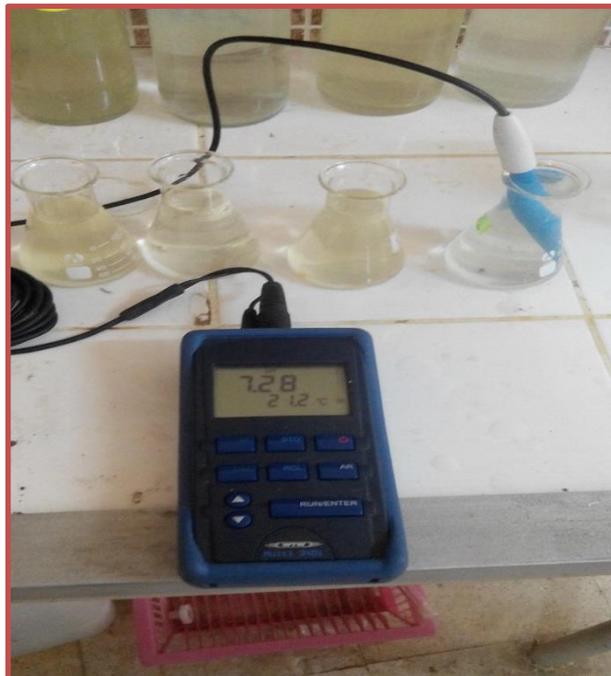
# Annexe

---

## Annexe 1

### Matériels et méthodes d'analyses physico-chimiques

- Balance.
- Bécher.
- Erlenmeyer.
- Eau distillée.
- Entonnoir.
- Burette.
- Pipettes.
- Multi paramètre(WTW)
- Photomètre à flamme
- Etuve
- Tube à essai
- Papier filtre
- Les capsules
- Pompe à filtre



**Figure 1 : Multi paramètre(WTW)**

# Annexe

---

## Annexe 2

### -Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH) :

#### \* Principe :

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di-sodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA).

#### \* Réactifs utilisés :

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène Diamintetracétique à 0.02N ;
- Solution tampon (pH= 10) ;
- Indicateur coloré Noir d'Eriochrom T (N.E.T) ;
- Mode opératoire :

Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 ml de solution NaOH et une pincée de noir eriochrome (NET), puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage bleu.



**Figure 2 : Résultat de titrage de dureté totale (virage bleu).**

# Annexe

---

## Annexe 3

### - Dosage des ions calcium :

#### \* Principe :

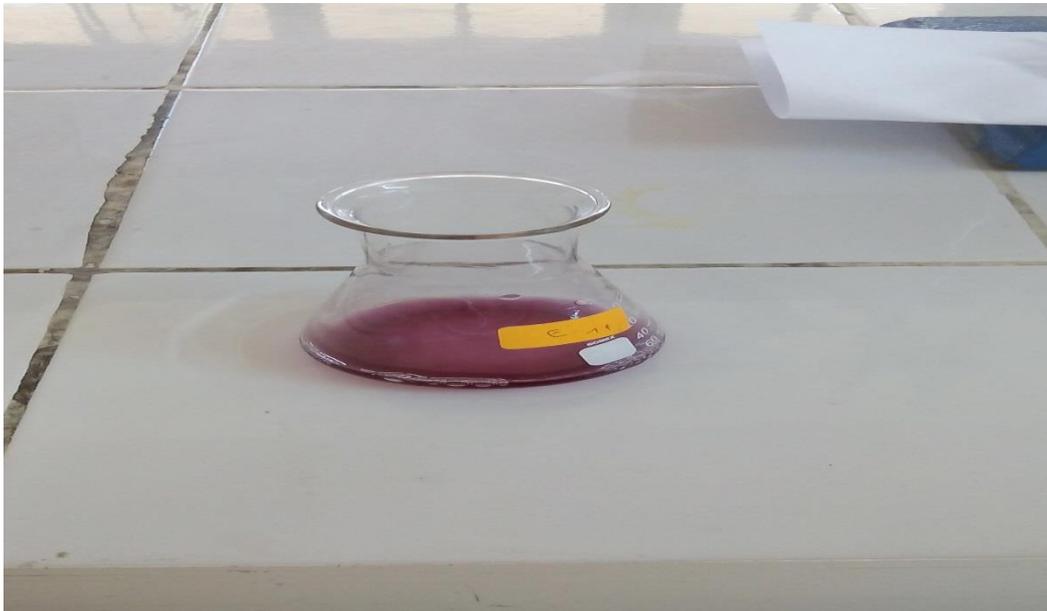
Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de  $Mg(OH)_2$  vers un  $pH = 12$ , par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition.

#### \* Réactifs utilisés :

- Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique (0.02N));
- Solution NaOH (0.1N) ;
- Murexide ;

#### \* Mode opératoire :

Dans un erlenmayer de 50ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 ml de solution NaOH et une pincée de murexide, puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage violet.



**Figure 3:** Résultat de titrage de calcium (virage violet).

# Annexe

## Annexe 4

### Expression des résultats :

$$\text{Dureté Calcique (en (mg/L) CaCO}_3) = [C(\text{EDTA}) * V(\text{EDTA}) / V(\text{Ech})] * 1000 * 40.08$$

### **Dosage des ions magnésium :**

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.

TH: Dureté totale ;

TCa<sup>2+</sup>: Dureté calcique;

TMg<sup>2+</sup>: Dureté magnésienne.

### Expression des résultats :

$$\text{La dureté magnésienne (en (mg/L))} = [D.T (\text{mmol/l}) - D.Ca (\text{mmol/l})] * 24.30 \text{ g/mol}$$

### **-Dosage de l'alcalimétrie (TA) :**

#### \* Principe :

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un Acide chlorhydrique (HCL), dilué en présence de la phénophtaléine, Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

#### \* Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique HCL (0.02N)
- Solution de phénophtaléine (pp)

#### \* Mode opératoire :

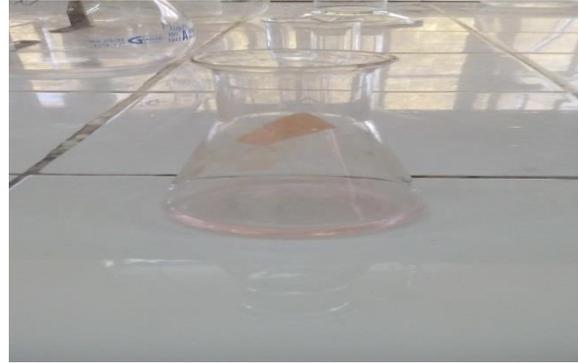
Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de Solution phénophtaléine, une couleur rose doit se développer. (Dans ce cas le TA est nul).

Le TA de notre eau est nul puisque la coloration rose n'a pas apparu après l'ajout du phénophtaléine à notre échantillon et on a aussi l'eau est potable. (TA = 0)

## Annexe 5



Pas de carbonate (transparente)



présent de carbone (rose clair)

**Figure 4 : Résultat de titrage de carbonate (TA)**

### Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

\* **Principe :**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange.

Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau  $\text{HCO}_3^-$ .

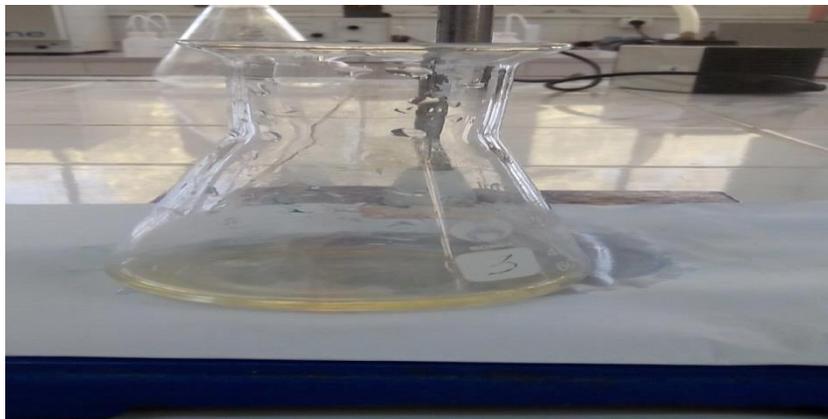
\* **Réactifs utilisés :**

- acide chlorhydrique HCl 0.02N
- solution de méthyle orange;

\* **Mode opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250ml : on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes méthyle orange, on titre ensuite avec l'HCl à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

## Annexe 6



**Figure 6 :** Résultat de titrage de bicarbonate TAC (jaune orangé).

### Expression des résultats :

$$TA = (V_{H_2SO_4} * N_{H_2SO_4} * 1000) / \text{volume de la prise d'essai en méq / litre}$$

$$TAC = (V'_{H_2SO_4} - 0,5) * N_{H_2SO_4} * 0.1 \text{ en méq/l.}$$

**Tableau 1:** Les valeurs des concentrations des différents anions en fonction du TA et TAC :

Alcalinité	Hydroxyde	Carbonate	Bicarbonate
<b>TA = 0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>TAC</b>
<b>TA &lt; TAC/2</b>	<b>0</b>	<b>2TA</b>	<b>TAC - 2TA</b>
<b>TA = TAC/2</b>	<b>0</b>	<b>2TA</b>	<b>0</b>
<b>TA &gt; TAC/2</b>	<b>2TA - TAC</b>	<b>2 (TAC - TA)</b>	<b>0</b>
<b>TA = TAC</b>	<b>TA</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Source : RODIER J., 2009**

# Annexe

## Annexe 7

### Dosage d'ion chlorure : Méthode de Mohr

#### \* Principe :

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.

#### \* Réactifs utilisés :

- Solution de chromate de potassium à 10 % ;
- Solution de nitrate d'argent à 0.01 N ;
- Solution de chlorures à 71 mg/L

#### \* Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250ml, prélève 10ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10 % puis on titre avec le nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub> 0.01N) jusqu'au virage rouge brique.



**Figure 7 :** Résultat de titrage de chlorure (virage rouge brique).

#### Expression des résultats :

$$[\text{CL}^-] = (\text{N}_{\text{AgNO}_3} \times V_{\text{AgNO}_3}) \times 10000 / V_o \times 35.45 \text{ (en mg/L)}.$$

- \* N<sub>AgNO<sub>3</sub></sub>: Normalité d'AgNO<sub>3</sub>;
- \* V<sub>AgNO<sub>3</sub></sub>: Volume d'AgNO<sub>3</sub>;
- \* V<sub>o</sub>: Volume de l'échantillon.

## Annexe

---

### Annexe 8

#### **-Dosage de sodium (Na<sup>+</sup>) et de potassium (K<sup>+</sup>) par photométrie de la flamme :**

##### **❖ Partie théorique :**

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium, lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. (RODIER J, 2009).

##### **❖ Partie pratique :**

##### **\* Mode opératoire :**

Il faut le suivre étape par étape :

- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power) ;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran ;
- 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 bleue violacée ;
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blanc" ;
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes ;
- Une fois qu'elle se stabilise 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 du K<sup>+</sup> à 5 ppm, 10 ppm, et 15 ppm ;
- passer la cuvette remplie par une solution étalon de "Na<sup>+</sup>" à 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm et vérifier si l'écran affiche (les valeurs d'étalonnages) ;
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon) ;
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de "K<sup>+</sup>" à 5 ppm, 10 ppm, et 15 ppm et vérifier si l'écran affiche (les valeurs d'étalonnages);

### Annexe 9

## Annexe

- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (**3** essais pour chaque échantillon) ;
- A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

\* **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.



**Figure 8 :** L'appareil photomètre à flamme.

**- Matières en suspension (MES) :**

Cette méthode définit les matières en suspension (MES) comme étant les résidus retenus sur une membrane filtrante de 1,5 µm de porosité nominale après séchage à 105°C pendant 24 heures.

$$E = \frac{(A - B) \times 1000\ 000}{D}$$

E : quantité de matières en suspension (mg/l);

A : poids du filtre + solides (mg) (après séchage 103-105 °C);

B : poids du filtre vierge (mg) (avant séchage 103-105 °C);

D : volume d'échantillon utilisé (ml). (MAHDAD. et BELKACEM. F 2015)

Annexe 10



Figure 9 : la matière en suspension.

Les analyses physico-chimiques du sol

Matériels et méthodes d'analyses physico-chimiques

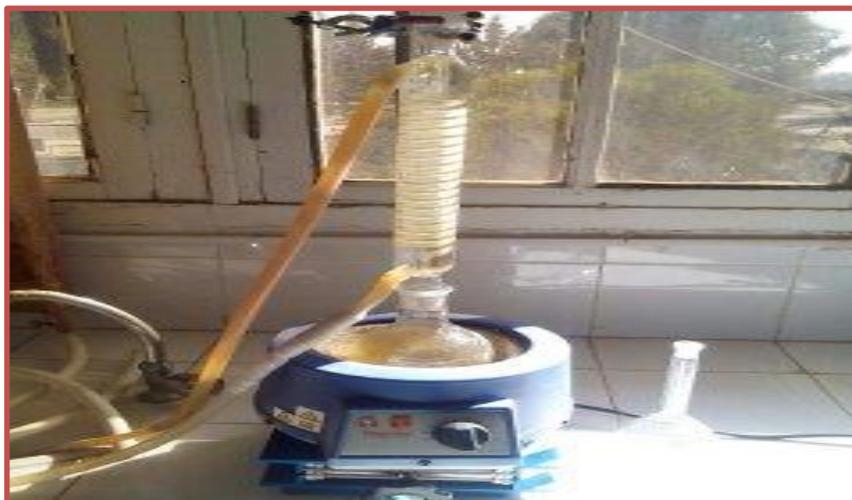


Figure 10 : la pipette Robinson



Figure 11 : la Calcimètre

## Annexe 11



**Figure 12 : le réfrigérons**

### **Mode opératoire des éléments minéraux.**

#### **Dosage de calcium et magnésium**

On procède à la mise de 20 g de terre fine dans un bécher de 100 ml, on rajoute 100 ml d'eau distillée, et on met le bécher sous agitation pendant une demi-heure. Après repos en prélevée l'extrait du sol et en filtré avec papier filtre.

Dans un erlenmeyer de 50ml, on prélève 10ml d'extrait du sol à analyser, on ajoute 2 ml de solution NaOH et une pincée de murixide, puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage violet. (Pour le dosage de calcium)

Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'extrait à analyser, on ajoute 2 ml de solution NaOH et une pincée de noir eriochrome (NET), puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage bleu. (Pour le dosage de magnésium)

#### **Dosage de sodium et potassium**

On procède à la mise de 20 g de terre fine dans un bécher de 100 ml, on rajoute 100 ml d'eau distillée, et on met le bécher sous agitation pendant une demi-heure. Après repos en prélevée l'extrait du sol et en filtré avec papier filtre.

Il faut le suivre étape par étape :

- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power) ;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran ;
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette ;

# Annexe

## Annexe 12

- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton « fuel » jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée ;
  - Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blanc" ;
  - Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes ;
  - Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de  $\text{Na}^+$  ou du  $\text{K}^+$  à 5 ppm, 10 ppm, et 15 ppm ;
    - passer la cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " à 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm et vérifier si l'écran affiche (les valeurs d'étalonnages) ;
    - Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
    - passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon) ;
    - Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{K}^+$ " à 5 ppm, 10 ppm, et 15 ppm et vérifier si l'écran affiche (les valeurs d'étalonnages);
    - Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
    - A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon) ;
    - A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

## Résultat des analyses physico-chimiques du sol et l'eau.

**Tableau 2** : Evaluation de la conductivité électrique du sol avant et après irrigation

Enchantions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CE avant irrigation (ms/cm)	1,06	1,07	0,89	0,93	0,87	0,91	1,1	0,92	0,95	1,08	0,64	0,98
CE après irrigation (ms/cm)	1,35	1,26	1,56	1,41	2,42	2,06	2	2,33	2,66	1,66	2,06	1,45

## Annexe

### Annexe 13

**Tableau 3** : Evaluation des teneurs en matière organique du sol des différentes pointes étudiées

Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MO avant irrigation (%)	0,6	0,31	0,59	0,33	0,36	0,31	0,41	0,34	0,35	0,41	0,38	0,32
MO après irrigation (%)	2,64	1,58	2,96	2,11	3,06	2,64	2,96	2,75	2,22	2,85	3,06	2,43

**Tableau 4** : Evaluation des teneurs en matière organique du sol des différentes pointes étudiées

Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Calcaire avant irrigation (%)	8,49	9,81	11,24	14,02	8,28	10	9,6	10,45	10,06	13,22	11,24	13,61
Calcaire après irrigation (%)	9,58	10,6	11,97	15,36	8,41	10,58	9,95	10,97	10,6	13,9	12,43	14,63

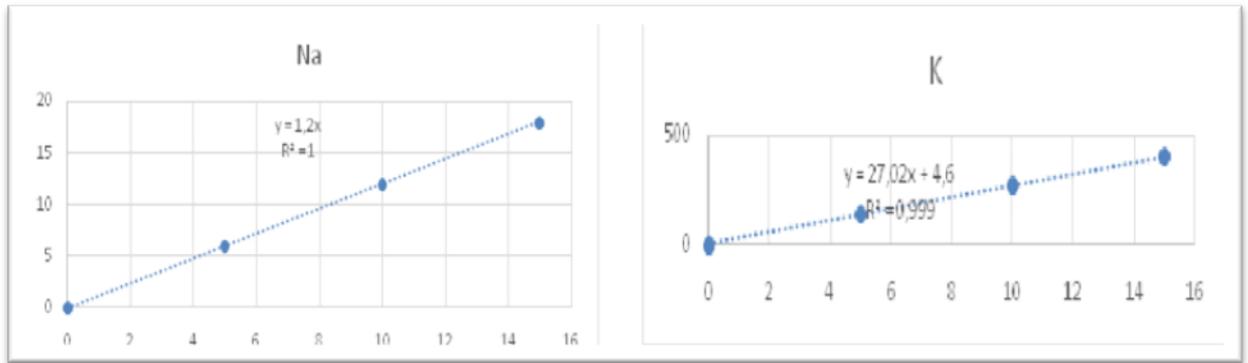
**Tableau 5** : Evaluation des teneurs Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> et Na<sup>+</sup> des du sol des différentes pointes étudiées

Echantillon	sol avant irrigation			Sol après irrigation		
	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)
Echantillon 1	192,38	97,2	40	256,51	98,9	45
Echantillon 2	160,32	136,08	30	160,31	136,08	35
Echantillon 3	160,32	116,64	37,5	160,31	116,64	45
Echantillon 4	192,38	58,32	30	192,38	58,88	35
Echantillon 5	160,32	58,32	37,5	160,32	77,76	45
Echantillon 6	128,25	97,2	20	128,25	97,76	37,5
Echantillon 7	160,32	116,64	20	160,32	117,76	47,5
Echantillon 8	192,38	97,2	27,5	192,38	98,88	42,5
Echantillon 9	192,38	58,32	17,5	192,38	97,2	47,5
Echantillon10	160,32	77,76	27,5	192,38	97,2	40

## Annexe

Echantillon11	128,25	135,52	30	160,32	136,08	40
Echantillon12	198,32	97,2	17,5	155,52	105,52	47,5

### Annexe 14



**Figure 13** : courbe d'étalonnage de Na et K des échantillons des sols étudiés

**Tableau 6** : Variation de la texture pour différent points étudiées du sol avant et après irrigation

Echantillons	limons%	argile%	sable%	type du sol
Ech1	41	48	10	Argilo-limoneux
Ech2	40	45	15	Argilo-limoneux
Ech3	37	46	16	Argileux
Ech4	42	47	11	Argilo-limoneux
Ech5	46	44	10	Argilo-limoneux
Ech6	38	48	13	Argileux
Ech7	41	42	16	Argilo-limoneux
Ech8	37	49	14	Argileux
Ech9	42	38	20	limoneux-Argileux fins
Ech10	45	45	10	Argilo-limoneux
Ech11	38	52	10	Argilo-limoneux
Ech12	42	47	10	Argilo-limoneux

Annexe 15

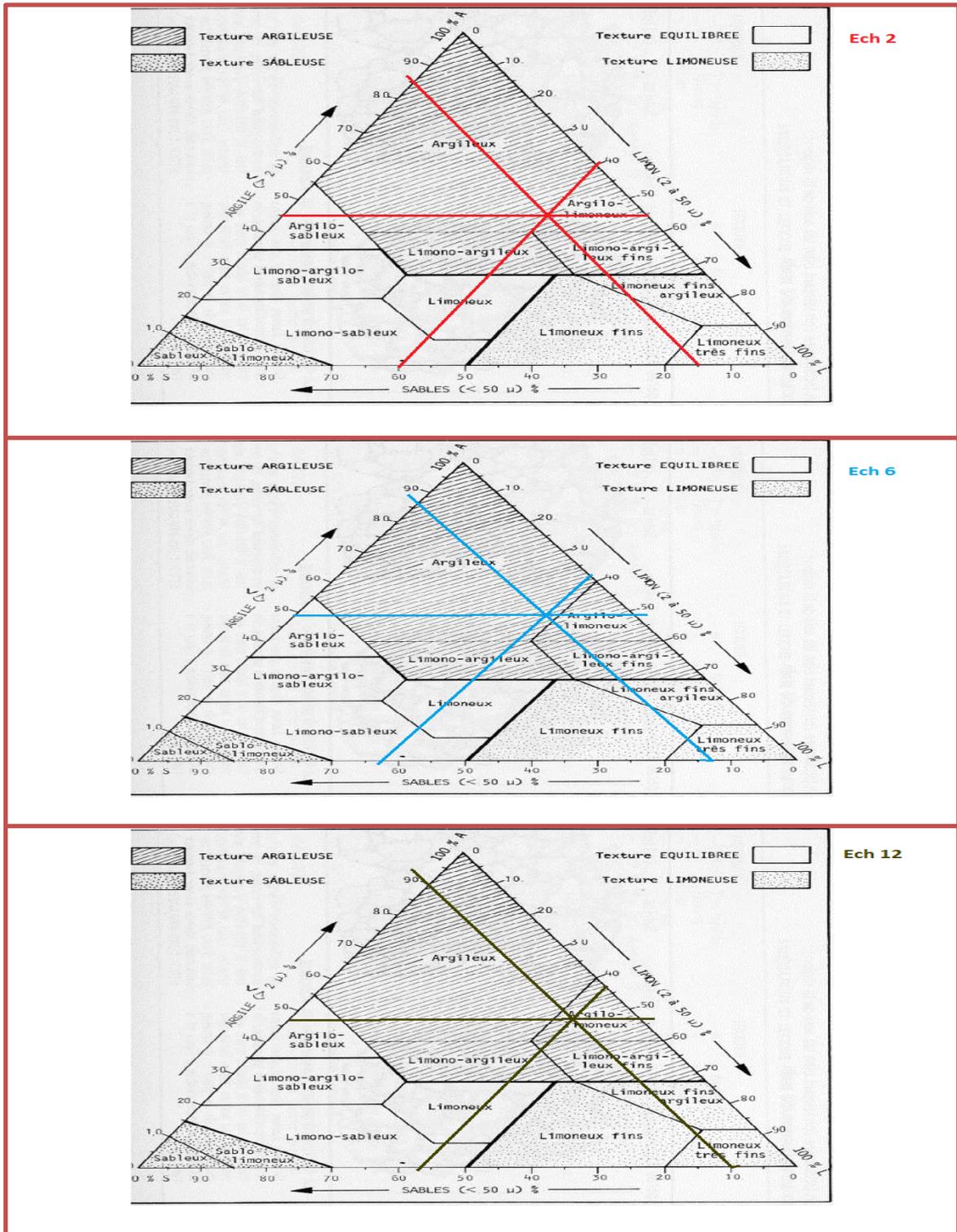


Figure 14 : Diagramme de texture du sol

## Annexe

### Annexe 16

**Tableau 7:** Résultats des analyses de l'eau in situ des différents points prélevés.

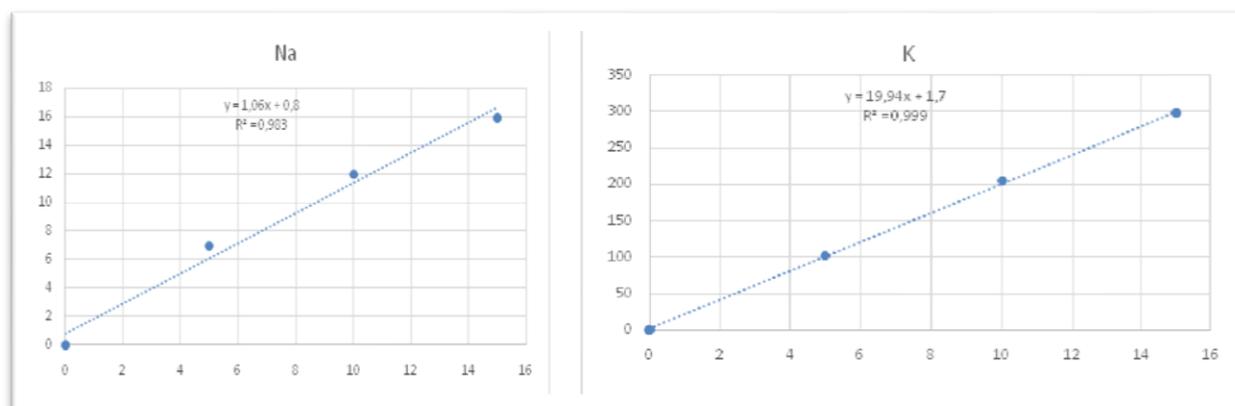
sources	date	heure	T°C	pH	CE (µs/cm)	O2 diss. (mg/l)	Turbidité	Couleur	Odeur
<b>A</b>	15/04/2017	09:01	18,4	7,12	473		Eau claire	Transparente	Aucune
<b>B</b>	15/04/2017	09:32	18,2	7,19	482		Eau claire	Transparente	Aucune
<b>C</b>	15/04/2017	10:15	22,4	7,52	2480		Eau turbide	Marron foncier	Mauvaise odeur
<b>D</b>	15/04/2017	10:23	22,1	7,36	2680		Eau claire	transparente	Aucune
<b>E</b>	15/04/2017	10:33	22,6	7,77	2100		Eau turbide	Marron foncier	Mauvaise odeur
<b>F</b>	15/04/2017	10:56	20,4	7,83	1208		Eau moins turbide	Marron clair	peu ordeur
<b>G</b>	15/04/2017	14:14	21	8,03	1496		Eau turbide	Marron foncier	Mauvaise odeur

**Tableau 8:** Résultats des analyses de l'eau au laboratoire des différents points prélevés.

sources	[Ca <sup>2+</sup> ] (mg/l)	[Mg <sup>2+</sup> ] (meq/l)	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/l)	[Na <sup>+</sup> ] (mg/l)	[K <sup>+</sup> ] (mg/l)	SAR	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg/l)	[CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg/l)	R.S (mg/l)	MES (mg/l)
<b>A</b>	4	3,03	8,68	1,33	0,05	10,45	1,4	0	56	13
<b>B</b>	5,01	2,43	8,14	1,33	0,05	9,80	1,6	0	68	16
<b>C</b>	6,81	12,75	22,3	13,17	0,35	8,58	0,8	2,8	790	100
<b>D</b>	9,61	18,63	31,9	20,44	0,37	9,89	3,2	3,2	760	36
<b>E</b>	9,81	15,99	25,78	19,62	0,36	8,16	2,6	3,2	690	330
<b>F</b>	9,41	15,39	25,24	22,26	0,27	7,52	3,8	2,8	670	420
<b>G</b>	7,21	14,58	24,97	10,06	0,28	10,98	2,4	2,4	680	500

# Annexe

## Annexe 17



**Figure 15** : courbe d'étalonnage de Na et K des échantillons des sources d'eau étudiés

<b>Tableau DÉCISIONS DE LABORATOIRE REQUIS POUR ÉVALUER IRRIGATION PROBLÈMES DE QUALITÉ DE L' EAU</b>				
<b>paramètre d'eau</b>	<b>symbole</b>	<b>Unité <sup>1</sup></b>	<b>fourchette habituelle dans l'eau d'irrigation</b>	
<b>SALINITÉ</b>				
<u>Teneur en sel</u>				
Conductivité électrique	CE <sub>w</sub>	dS / m	0-3	dS / m
(ou)				
Solides totaux dissous	TDS	mg / l	0-2000	mg / l
<u>Cations et anions</u>				
Calcium	Ca <sup>++</sup>	me / l	0-20	me / l
Magnésium	mg <sup>++</sup>	me / l	0-5	me / l
Sodium	Na <sup>+</sup>	me / l	0-40	me / l
Carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	me / l	0 à 0,1	me / l
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	me / l	0 - 10	me / l
Chlorure	Cl <sup>-</sup>	me / l	0-30	me / l
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	me / l	0-20	me / l
<b>NUTRIENTS <sup>2</sup></b>				
Nitrate-azote	NO <sub>3</sub> -N	mg / l	0 - 10	mg / l
Azote ammoniacal	NH <sub>4</sub> -N	mg / l	0-5	mg / l
Phosphore-phosphatique	PO <sub>4</sub> -P	mg / l	0-2	mg / l
Potassium	K <sup>+</sup>	mg / l	0-2	mg / l
<b>DIVERS</b>				
Bore	B	mg / l	0-2	mg / l
Acid / basicité	pH	1-14	6,0 à 8,5	
Ratio de Adsorption Sodium <sup>3</sup>	SAR	(me / l) <sup>1, 2</sup>	0-15	

## Annexe

### Annexe 18

Les formule des calcules

Calcule de la conductivité électrique.

-pour l'étalonnage de l'appareil : on met le Kcl (0,02N) à l'étuve on mesure la température jusqu' au 25 c°.

$$CE = CE3 \times f(t)/K$$

- CE3 = CE de la solution à analyser lu l'appareil à la température (t).
- F (t): coefficient de correction de l'effet de la température.
- K : constante.

$$K = CE1 \times f(t)/CE2.$$

- CE1 : valeur de la solution de Kcl lu sur l'appareil à la température T.
  - CE2 : CE de Kcl (0,02 N à 25 c°). elle est égale à 2,76 (CE2 ≤ 2,76 mmohs/cm).
- La valeur K < 1.

Calcul de la CE3 (de la solution à analyser): Elle est lue sur l'appareil à la température(t).

Calcul de calcaire totale

$$\%CaCO_3 = 100 \times (V \text{ échan} \times 0,3 / V \text{ témoin} \times P)$$

**V échan** : Volume de CO2 dégagé par CaCO3 gramme dans le pois de sol.

**V témoin** : Volume de CO2 par 0,3 gramme de CaCO3

P : Poids de sol égale 1 gramme.

**Calcul de matière organique**

$$\% C = (V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 0.615 / P$$

P : Poids du sol égale 1 gramme.

## Annexe

### Annexe 19

$$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1,72$$

#### Calcul de l'humidité

$$\text{H}\% = ((\text{PF}-\text{PS})/\text{PF}) \times 100 \text{ ou } \text{H}\% = ((\text{P1}-\text{P2})/\text{P1}) \times 100 \text{ Ou :}$$

H : humidité au champ (%)

PF = P1 : poids frais de l'échantillon (avant séchage) (en g).

PS = P2 : poids sec de l'échantillon (après séchage) (en g).

$$\text{Porosité \%} = (1 - (\text{Densité apparente} / \text{Densité réelle}) \times 100$$

$$\text{Densité apparente (g/cm}^3\text{)} = \text{Masse de l'échantillon} / \text{Volume de l'échantillons}$$

$$\text{Densité réelle (g/cm}^3\text{)} = \text{Masse du sol} / \text{Volume du sol}$$

#### Dosage de la Matière Organique (Méthode ANNE)

Pour l'échantillon

Dans un Bécher mettre : 1 gramme de sol (0,2 mm) + 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + 20 ml d'acide sulfurique concentré. Mélanger et reposer 30 minutes.

#### Pour le témoin

Dans un Bécher, on met 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + 20 ml d'acide sulfurique concentré, laissé reposer 30 minutes.

Mettre chaque préparation dans des fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée. Prélever 20 ml de chacun + 1 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 3 gouttes de Diphénylamine et laisser agiter pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.

#### Titration

On titre avec le sel de Mohr à 0,25 N.

Titrer jusqu'à ce qu'il y a virage du bleu foncé vers le vert, prendre le volume descend sur la Burette pour le témoin et aussi pour l'échantillon.

$$\% \text{ C} = (\text{V témoin} - \text{V échantillon}) \times 0,615 / \text{P}$$

P : Poids du sol égale 1 gramme.

$$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1,72$$

# Annexe

## Annexe 20

Pour la préparation du sel de Mohr : 98,1 gramme de  $\text{FeSO}_4$  + eau distillée dans un erlen de 500 ml (en début, on met 98 ;1 gramme de  $\text{FeSO}_4$  + 400 ml de l'eau distillée + 20 ml d'acide sulfurique, on met dans un agitateur jusqu'au dissout total. Puis on complet avec l'eau distillée jusqu'au 500 ml.

### Granulométrie (Pipette de ROBINSON)

#### Premier jour

10 gramme de sol (2 mm) + 40 ml de l'eau oxygéné à 30 %. Laisser macérer pendant une nuit (on le met dans un grand bécher), donc, c'est la macération froide.

#### Deuxième jour

Mettre l'échantillon (Bécher) au Bain de sable + quelques gouttes de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (on ajoute ces gouttes après l'échauffement de Bécher), on arrête l'opération lorsqu'il y a arrêt de l'effervescence.

Ajouter le contenu dans un flacon (grande bouteille) + 40 ml Hexaséphosphate à 4 % + 600 ml d'eau distillée. Laisser agiter pendant 2 heures dans l'agitateur mécanique.

Mettre le contenu dans une allonge et ajusté jusqu'au 1000 ml.

#### Mesure avec la Pipette de ROBINSON

Avant de commencer les mesures, il faut agiter plusieurs fois avec un pied spécial. Faire descendre la Pipette jusqu'au le contenu de l'allonge, je prends la température de l'eau distillé et je lu le temps correspond à cette température (voir le guide de l'analyse Laboratoire). Une fois le temps est passé on faire descendre la Pipette 10 cm et on aspire A+LF, on récupère le volume aspiré dans une capsule de poids vide connue préalablement.

On agite 10 fois par le pied, et compte 6 heures. Lorsque ce temps est écoulé. On mesure la température de la solution et on détermine la profondeur de la pipette correspondant à ce temps. On descend la pipette et on aspire l'Argile, on récupère la quantité pipeté dans une capsule.

Pour déterminer le SF et SG, on superpose deux tamis de 0,2 et 0,02 mm. On récupère les quantités dans des capsules.

On fait passer ces capsules pleines à l'étuve réglée à 105 °C pendant 24 heures. Les calculs

#### Calcule de % de la Granulométrie.

$$\% A = (a \times V) / (P \times v) \times 100$$

$$\% LF = (b - a) \times V / (P \times v) \times 100$$

$$\% SF = c / P \times 100$$

$$\% SG = d / P \times 100$$

$$\% LG = 100 - (\% A + \% LF + \% SF + \% SG).$$

## Annexe

### Annexe 21

Calcule le SAR

$$\text{SAR} = \text{Na} / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2^{0.5}$$

**Tableau 9** : l'interprétation de SAR

S.A.R	Degrés d'alcalinisation
≤ 4	Pas d'alcalinisation
4 < S.A.R ≤ 8	Faible alcalinisation
8 < S.A.R ≤ 12	Alcalinisation moyenne
12 < S.A.R ≤ 18	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

**BENZAHI, 1994**

**Tableau 10** : Evaluation de la conductivité électrique du sol avant et après irrigation

Échantillons	Sol avant irrigation			Sol après irrigation		
	Ph kcl	Ph eau	Δ h	Ph kcl	Ph eau	Δ h
Echantillon 1	6,82	7,3	0,48	7,31	7,89	0,58
Echantillon 2	6,75	7,25	0,5	7,22	7,87	0,65
Echantillon 3	6,57	7,34	0,77	7,23	7,78	0,55
Echantillon 4	6,22	6,87	0,65	7,39	7,81	0,42
Echantillon 5	6,52	6,95	0,43	7,33	7,8	0,47
Echantillon 6	7,1	7,65	0,55	7,32	7,86	0,54
Echantillon 7	7,2	7,66	0,46	7,18	7,79	0,61
Echantillon 8	6,48	6,84	0,36	7,27	7,85	0,58
Echantillon 9	6,85	7,48	0,63	7,33	7,81	0,48
Echantillon 10	7,19	7,85	0,66	7,22	7,61	0,39
Echantillon 11	6,42	7,04	0,62	7,31	7,92	0,61
Echantillon 12	7,15	7,79	0,64	7,35	7,97	0,62

- **Andreae, H., 1970.** Nouveaux procédés de mesure en hydrologie
- **AQUA-REF. 2011.** guide des prescriptions techniques pour la surveillance physico-chimique des milieux aquatiques : opérations d'échantillonnage en cours d'eau (eaux et sédiments) en milieu continental. 32p.
- **Baghdali.L., 2007.** La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation en Algérie. Exposé à Rabat, 9-12 Juillet 2007.
- **Biase, D, 2000.** Guide des analyses en pédologie, techniques et pratique, Ed INRA, Paris.
- **Blanc D., 1985.** les cultures hors sol. INRA. Ed louis. Paris 409 p
- **Boudjea.S., 2007.** Caractérisation physico-chimique des sols de la plaine d'Annaba.Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar – Annaba
- **Bouziari, M. ,2000.** L'eau: de la pénurie aux maladies. Editions Ibn-Khaldoun, Oran, Algérie.
- **Calvet,R., 2003.** Le sol propriétés et fonction. Tom I et II. Ed.Dunod.
- **Camuzard J. P., 2005.** Le sol, un milieu complexe au pouvoir épurateur limite. ENGREF Paris
- **Dajoz.R., 1985.** Les indicateurs du statut acido-basique des sols. « Station agronomique de l'Asine ».pp. 25-96.
- **Degrement ; 1989** mémento technique de l'eau, vol 1 9<sup>ème</sup> édition lavoisier
- **Delaunois.A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. p86.
- **Delcouf.F., 1981.** Initiation à la pédologie, Fac, Sc, Agron. Gembloux 78p.
- **Devillers.j . Squilbin.M ; 2005** ,qualité physiochimique et chimique des eaux de surface .Institu Bruxellois pour la gestion de l'environnement
- **Duchaufour P., 1965.** Precis de pédologie. 2eme ed., Masson, Paris, 481p.
- **Duchaufour P., 2001.** Pedologie : sol, vegetation, environnement. MASSON editeur 120, boulevard Saint germain 72380 paris cedex 06.
- **Duchaufour, P 2001.** Introduction à la science du sol, sol végétation et Env, 6<sup>ème</sup>

edition Durad Paris.

- **EL-Asslouj et al, 2007** Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterrain. Afrique science
- **Faby.J.A., 1997.** Utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Edit FNAD.
- **FAO 1996** .Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. N° 29 Rev
- **Frank J et Kemmer N 1992.** Manuel du l'eau edition, lavoision P 105.
- **Gagnard G., Huguet C., Ryser J.P., 1988.** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation. Le controle de la qualite des fruits. Secretariat gé neral OILB/SROP.83 p
- **Galet S., 2004.** Remobilisation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) presents dans les sols contamines a l'aide d'un tensioactif d'origine biologique. These de doctorat, universite de limoges
- **Gobat J , 2010.** Le livre le sol vivant ; Bases de pedologie- Biologie des sols » 3° edition revue. P 165
- **Godwin U. Akpan and Bassey T. Udoh. 2013.** Evaluation of Some Properties of Soils Affected by Diesel Oil Pollution in Uyo, Niger Delta Area, Nigeria. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare www.iiste.org ISSN 2224-3208 (Online) Vol.3, No.8.p43.
- **Hafouda.L, 2005.** Caractérisation et quantification de la salinisation du sol et de la nappe dans la vallée de Oued Rhir, Thèse de magister INA. Alger.
- **Halitim, 1988** : sol des régions arides d'Algerie office des publication universitaire Alger 385p
- **Hillel.D, 1984.** l' eau et sol principe et processuce physipue 3p
- **Horning 1973, Plauchu 2004.** Développent durable de l'agriculture en Alger.
- **Jean L 2001.** La Dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Edition Ministère de l'Agriculture et de la pêche Direction de l'espace rural et de la forêt. Paris
- **Kettab ,A., 2001.** Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision. Desalination. 136:25-33.

- **Loup.J.1974** , Les eaux terrestres hydrologie continentale,Edit Masson et Cle, 176p
- **Masschelein .J., 1996.** Processus unitaire du traitement de l'eau potable, édition CEBEDOC, sprl Liège.
- **Mebarki A.2005.** Hydrologie des bassins de l'Est algerien : Ressources en eau, aménagement et environnement, These de doctorat d'Etat, Universite Mentouri de Constantine, Faculte des sciences de la terre, de la geographie et de l'aménagement du territoire, Departement de l'aménagement du territoire, 360 p.
- **Michard G. 2002.** Chime des eaux naturelles. Principes de geochimie des eaux. Edition Publisud. 565p.
- **Mirsal A., 2004.** Soil Pollution. Origine, Monitoring and remediation. Springer Verlag Berlin Heidelberg
- **Morel.R., 1989.** Les sols cultivés. Lavoisier.2ème édition. Paris. pp. 51-74
- **Mouvet C., Baran N. 2005.** Contamination des eaux souterraines par les produits phytosanitaires : mecanismes impliquees et concentrations observees. 325p.
- **Nebel, J.B. & Wright,T.R. 1996.** Environmental Science: The Way the World Works. Prentice Hall
- **NGO, C. ; REGENT A., 2008.** Déchets, effluents et pollution impact sur l'environnement, 2ème édition
- **Oumereouk.A. et Bouhars.M., 1993.** Contribution à l'étude des sols et de l'assainissement agricole dans le Sud-est de la grande plaine orientale de Annaba (secteur de Besbese, Zerirer et Ben M'Hidi). Mem. Ing. Amen. I.S.T. Uni Annaba.
- **Petard J., 1993.** Les methodes d'analyse. Tome 1. Analyses de sols. Laboratoire commun d'analyse. L'institut francais de recherche scientifique pour le developpement et cooperation.200p.
- **Pierzynskie , G M., SIMS J. Thomas, Vance G F., 2005.** Soils and environmental.Quality, ed. Taylor & Francis, Etats Unis d'Amerique
- **Quebec, 2005** Centre d'expertise en analyse environnementale . Mode de prelevement et de conservation des echantillons relatifs a l'application du

reglement sur la qualite de l'eau potable. Bibliotheque nationaux du Quebec. Canada. 260p.

**Référence bibliographique :**

- **Rejesk F, 2002** analyse des eaux , aspect réglementaire et techniques Ed CRDP d'aquitaine ,France 358p
- **Rodier 2005.** Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mère 8<sup>eme</sup> édition Dunad, paris.
- **Rodier 2009.** Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mère 9<sup>eme</sup> édition Dunad, paris.
- **Rodier J. 2008.** Analyse de l'eau naturelle et des eaux residuaires et eaux de mers. 8<sup>eme</sup> edition DUNOD. Paris. 1578p.
- **Rodier. J ,2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. [9<sup>eme</sup> édition]: Dunod, Paris, (d'après le journal officiel).
- **Rouyrre ,C., 2003.** Guide de l'eau,
- **Saidam, Y., 2005.** A regional overview of waste water management and reuse in the Eastern Mediterranean Region. WHO-EM/CEH/139/E, WHO/CEHA, 67 p.
- **Soltner D., 2000.** Les bases de la production vegetale T1 : le sol 22<sup>eme</sup> edition sciences et techniques agricole Maine et Loire France 457 P
- **Wingardner Duane L., 1995,** An introduction to soils for environmental professionals, ed. Lewis publishers, Etats Unis d'Amerique