



*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED*  
*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*  
*Département des Sciences Agronomie*



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

**Filière :** Agronomie

**Spécialité :** Production Végétale

### **THEME**

**Caractérisation de la salinité des sols de  
la région d'Oued Souf par plusieurs  
extraits aqueux**

**Présenté par :**

CHENNOUF Khemissa

MOKHTARI Faiza

TLIBA Oualid Badereddine

ZINE Abdessamie

**Devant le jury:**

<b>Président:</b>	BABAOUSMAIL Mahfoud	M.C.B.	(Univ. El-oued)
<b>Examinatrice:</b>	BOUAFIANE Mabrouka	M.A.A.	(Univ. El-oued)
<b>Promoteur:</b>	MEHDA Smail	M.C.B.	(Univ. El-oued)
<b>Co-promotrice:</b>	OUSTANI Mabrouka	M.C.A.	(Univ. Ouargla)

**ANNEE UNIVERSITAIRE: 2021/2022**



# *Dédicaces*

*Dédicaces A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie,*

*J'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*à toute famille:*

***CHENNOUF MOKHTARI TLIBA ZINE***

*a tous amis qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès*

*A ceux qui ont pris nos mains vers les horizons de la science et du savoir*

*A qui revient le mérite Mehda Smail*

***Khemissa***

***Faiza***

***Walid bader iddin***

***Abdessamie***



## *Remerciements*

Nous remercions tout d'abord, ALLAH qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Je tiens à exprimer en premier, ma profonde gratitude et mes vifs remerciements Mr. **BABAUSMAIL Mahfoud** M.C.B. à l'université d'El Oued, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à Mme **BOUAFIANE Mabrouka** M.A.A. à l'université d'El-Oued pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Je tiens également à remercier mon Promoteur Mr. **MEHDA Smail** M.C.B. à l'université d'El-Oued, de m' avoir fait confiance, Pour sa disponibilité et pour m' avoir orienter avec justesse tout au long de mon cheminement, sa patience, ses encouragements et ses conseils. Nous soulignons particulièrement son sens de la pédagogie et son humanisme

En fin, Nous remercions tous ceux qui ont pratiqué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

## Liste des abréviations

**CEC** : Capacité d'échange cationique

**CE** : Conductivité électrique

**dS/ m** : Décisiemens par mètre

**ESP** : Exchangeable Sodium Percentage

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**INSID** : Institut National des Sols , de l'Irrigation et Drainage

**IRD** : Institut de recherche pour le développement

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**SAR** : Sodium Adsorption Ratio

**°C** : Degree celsius

## Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde	08
02	Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation Source	22
03	Localisation géographique de la région d'étude	31
04	Coupe hydrogéologique du SASS	34
05	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse de la région du Souf durant l'année 2021	37
06	Climagramme pluviométrique d'Emberger appliqué de la région du Souf (2011 à 2021)	38
07	Valeurs moyenne de la conductivité électrique du solde l'extrait 1/1 au niveau des 07 stations d'étude.	44
08	Valeurs moyenne de la conductivité électrique du solde l'extrait 1/2 au niveau des 07 stations de l'étude.	45
09	Valeurs moyenne de la conductivité électrique du solde l'extrait 1/5 au niveau des 07 stations d'étude	46
10	Valeurs moyenne de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 1/1 au niveau des 07 stations d'étude	47
11	Valeurs moyenne de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 2/5 au niveau des 07 stations d'étude	48
12	Valeurs moyenne de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 1/5 au niveau des 07 stations d'étude	49
13	Valeurs de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations de l'étude	50
14	Valeurs de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations d'étude	51

## Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Superficie affectée par la salinité dans le monde	07
02	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée	10
03	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C	10
04	Classification des sols selon le pH de l'extrait aqueux au 1/2,5	12
05	Classes de pH des sols selon l'extrait 1/5	12
06	Classification de SAR (Sodium absorption ratio)	13
07	Classification des sols salés	15
08	Classification des sols salés en fonction de la CE et le SAR	15
09	Classification des eaux d'irrigation en fonction résidus secs	24
10	Classification des eaux en fonction de la teneur en sels	26
11	Teneur en sodium dans les eaux d'irrigation	27
12	Températures mensuelles moyennes, maxima et minima en 2021	35
13	Précipitations mensuelles exprimées en (mm) durant l'année 2020	35
14	Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2021	36
15	Moyenne mensuelle du vent de la région d'étude durant l'année 2021	36

## Table des matières

Introduction .....	1
--------------------	---

## Partie I : Synthèse bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur les sols salés

1. Définition de la salinité du sol.....	5
2. Définition de la salinisation du sol.....	5
3. Origine de la salinité du sol.....	6
4. Répartition de sols salés .....	6
4.1. Répartition des sols salés dans le monde .....	6
4.2. Répartition des sols salés en Algérie .....	8
5. Paramètres de la salinité .....	8
5.1. Conductivité électrique.....	8
5.1.1. Méthode de mesure de la conductivité électrique.....	9
5.1.1.1. Technique de l'extrait de la pâte saturée.....	9
5.1.1.2. Technique de l'extrait dilué.....	9
5.1.2. Echelle de la salinité.....	10
5.1.3. Caractères des sels dans le sol.....	11
5.1.3.1. Solubilité des sels.....	11
5.1.3.2. Mouvement des sels.....	11
5.2. Potentiel d'hydrogène (pH) du sol.....	11
5.3. Sodium absorption ratio (SAR) .....	12
5.4. Taux de sodium échangeable (ESP) .....	13
6. Classification des sols salés.....	14
6.1. Sols salins (Solontchaks) .....	14
6.2. Sols salés à alcali (Solontchaks solonetz) .....	14
6.3. Sols à alcali (solonetz) .....	14
7. Effet de la salinité sur les propriétés du sol.....	15
7.1. Effet sur les propriétés physiques de sol.....	15
7.1.1. Effets des sels sur la stabilité structurale.....	16
7.1.2. Effets des sels sur la perméabilité.....	16
7.1.3. Effets des sels sur la rétention en l'eau .....	16
7.2. Effet sur les propriétés physico-chimiques .....	16
7.2.1. pH (réaction du sol) .....	16
7.2.2. Taux de sodium échangeable (ESP) .....	16

7.2.3. Capacité d'échange cationique (CEC) .....	17
7.3. Effet de la salinité sur les propriétés biologiques du sol.....	17
7.4. Effet de la salinité sur la plante.....	17
8. Lutte contre la salinité des sols.....	18

## Chapitre II : La salinité des eaux d'irrigation

1. Définition de l'irrigation .....	21
2. Qualité de l'eau d'irrigation .....	21
3. Processus de dégradation de qualité du sol suite à l'irrigation.....	21
4. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation .....	22
5. Classification des eaux d'irrigation.....	23
5.1. Teneur des sels dans les eaux d'irrigation (risque de l'excès de sels) .....	23
5.2. Teneur en sodium dans l'eau d'irrigation.....	25
5.3. pH de l'eau d'irrigation.....	25
6. Classification de l'U.S.S.L.....	25
6.1. Teneur en sels dans les eaux d'irrigation (Danger de l'excès de sels) .....	25
6.2. Teneur en sodium (SAR) dans les eaux d'irrigation .....	27
7. Lutte contre la salinité du sol liée à l'eau d'irrigation .....	28

## Partie II : Matériel et méthodes

I : Présentation de région d'étude .....	30
I.1. Géomorphologie .....	32
I.2. Hydrogéologie.....	33
I.3. Climatologie.....	34
I.3.1. Facteurs climatiques de la région .....	34
I.3.1.1. Températures .....	34
I.3.1.2. Précipitations .....	35
I.3.1.3. Humidité relative .....	35
I.3.1.4. Vent .....	36
I.3.1.5. Insolation .....	36



I.3.2. Synthèse des facteurs climatiques.....	37
I.3.2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....	37
I.3.2.2. Climagramme d'Emberger.....	38
II. Méthodologie de travail.....	39
II.1. Choix des stations.....	39
II.2. Techniques d'échantillonnage du sol et de l'eau d'irrigation .....	39
II.3. Préparation des échantillons.....	39
II.4. Méthodes d'analyses au laboratoire.....	40
II.2.4.1. Méthodes de mesure de la conductivité électrique .....	40
II.2.4.2. Méthode de mesure de pH .....	40

## **Partie III : Résultats et discussion**

1. Conductivité électrique du sol au niveau des sept (07) stations d'étude .....	43
1.1 Conductivité électrique du sol de l'extrait 1/1 .....	43
1.2 Conductivité électrique du sol de l'extrait 2/5 .....	44
1.3 Conductivité électrique du sol de l'extrait 1/5 .....	45
2. Le potentiel hydrogène (pH) du sol au niveau des 07 station de l'étude .....	46
2.1 Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait1/1 .....	46
2.2 Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 2/5 .....	47
2.3. Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait1/5 .....	48
3. La conductivité électrique de l'eau d'irrigation .....	50
4. Le potentiel hydrogène (pH) de l'eau d'irrigation.....	50
Discussion .....	52

Conclusion .....	54
------------------	----

Référence bibliographique

## Introduction

Dans les zones arides, la salinité du sol et des eaux d'irrigation est une contrainte environnementale majeure affectant les sols agricoles (**Lakhdhar et al., 2008 ; Alvarez et al., 2015**).

Les sols salés constituent un trait caractéristique des paysages de la zone aride. En Afrique de Nord, la combinaison entre un passé géologique favorable au stockage des sels, l'aridité du climat, l'hydrographie, l'hydrogéologie et l'irrigation mal contrôlée font de la salinisation des sols une menace permanente (**AUBERT, 1976; HULIN, 1983**).

Dans ces régions, le déficit hydrique associé à des évapotranspirations ETP extrêmes fait que le recours à l'irrigation des terres est inévitable (**Hachicha, 2007**). Cette dernière se fait, souvent à l'aide d'eau saumâtre ce qui expose les terres au risque de salinisation secondaire surtout lorsque les techniques d'irrigation sont inadaptées et le drainage déficient (**Halitim, 2011**).

Par ailleurs, l'extension de l'agriculture en irriguée et l'utilisation intense des ressources en eau dans un pays soumis à un climat chaud et sec participe inévitablement à l'apparition du problème de salinité des sols et des eaux (**FAO, 2006**).

La qualité de l'eau d'irrigation varie en fonction de la nature et de la quantité des sels dissous (**Benhedid et al., 2019**). La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau et l'irrigation non maîtrisée (**Bouchemal, 2017**).

L'Algérie est l'un des pays où la salinisation des sols concerne de très importantes surfaces, notamment dans les périmètres irrigués du sud Algérien. Ce problème est lié le plus souvent à des processus naturels tels que les conditions arides où l'évaporation est considérable, et les précipitations limitées.

L'extension de l'agriculture en irriguée et l'utilisation intense des ressources en eau dans un pays soumis à un climat chaud et sec participe inévitablement à l'apparition du problème de salinité des sols et des eaux (**FAO, 2006**).

La forte concentration de l'eau d'irrigation en sels dans les régions arides provoque des déséquilibres nutritionnels très graves, ce qui altère le développement et la productivité des plantes (**Oustani ,2016**).

Dans tous les cas où cela est possible, pour définir la salinisation d'un sol, il est préférable d'extraire la solution du sol et d'en mesurer directement la conductivité électrique (CE). Cette mesure, rapide et fiable permet d'estimer la charge globale en sels de la solution.

En fait, pour caractériser la salinité des sols, on met habituellement l'accent sur la détermination de la composition ionique, soit d'une pâte saturée en eau distillée (méthode de RICHARD (1954)), soit d'une solution d'extraction aqueuse en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/1,1/2.5 ,1/ 5 ou 1/ 10) exprimée en dS/ m à 25°C (**HALITIM, 1988**).

Notre travail s'inscrit dans ce contexte dans la mesure où il vise comme à déterminer la salinité totale du sol par la technique de mesure de la conductivité électrique plusieurs extraits dilués du sol, et ceci au niveau de sept stations d'étude situées dans la région de Oued Souf au Sud est de l'Algérie. Parallèlement, notre travail vise également à caractériser la salinité de l'eau d'irrigation au niveau de ces stations et ceci pour mettre en évidence l'influence de la salinité de l'eau d'irrigation sur la salinisation du sol.

Cette étude comporte trois grandes parties :

- ✓ La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique traitant deux chapitres essentiels : Les sols salés et la salinité des eaux d'irrigation.
- ✓ La deuxième partie illustre le matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.
- ✓ Enfin, la troisième et la dernière partie est consacrée à la discussion des résultats obtenus.

Enfin on terminera par une conclusion.

# **Partie I**

## **Synthèse bibliographie**

# **Chapitre I**

## **Généralités sur les sols salés**

## 1. Définition de la salinité du sol

La salinité représente la quantité des sels minéraux qui se trouvent dissouts dans la solution du sol. Pour un même sol, elle varie avec la teneur en eau et avec la température (**Barbouchi et al., 2013**). Les sels solubles englobent une large gamme d'anions et de cations présents dans le sol soit sous forme cristallisée, soit sous forme dissoute dans la solution du sol, soit sous forme adsorbée sur la surface des colloïdes (**Douaik, 2005**).

## 2. Définition de la salinisation du sol

Selon **Serge Marl et al. (2006)**, la salinisation est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels dans les sols sous l'influence d'apport d'eau d'irrigation salée, de l'aridité du climat ou de conditions hydrologiques particulières (lessivage insuffisant, proximité de la nappe...). Cette concentration de la solution du sol conduit ainsi à la précipitation successive de minéraux qui modifie sa composition et détermine différentes voies d'évolution des sols en fonction de l'abondance relative des différents ions majeurs dans la solution de départ. Ces ions majeurs sont le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le chlorure, le sulfate et les carbonates. Les minéraux les plus communs sont la calcite, le gypse et des silicates comme la sépiolite, contribuant principalement au contrôle du magnésium dans les sols.

Deux causes seront plus particulièrement responsables de la salinisation des sols dans la région aride: l'utilisation d'eau chargée en sels pour l'irrigation et la remontée de nappe par déversement excessif d'eau sur les terres à irriguer.

Utilisation d'eau trop chargée en sels : dans les régions arides, l'eau de pluie ne peut pas être considérée comme étant la source principale pour la plante, ses effets étant aléatoires. En raison de l'irrégularité du climat, la réussite des productions végétales dans ces régions dépend de l'eau souterraine (**Snoussi et Halitim, 1998**).

Lorsque ce dernier est la seule source disponible pour l'irrigation, sa trop grande salinité peut causer une accumulation de sels dans la zone racinaire des cultures. Ce phénomène est généralement accentué lorsque le drainage interne du sol est restreint et que le lessivage (soit par les pluies, soit par les doses d'eau appliquées) est inadéquat.

### 3. Origine de la salinité du sol

La phase liquide du sol, comme toute eau arrivant au sol, est caractérisée par la contenance de sels spécifiques. La distribution des ions entre la solution du sol et la phase solide est gouvernée par les propriétés d'échange de la phase solide et contrôlée par le processus d'échange ionique. Dans les zones arides et semi-arides, l'examen chimique de la solution extraite du sol révèle l'existence de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  comme principaux composants (Barbouchi *et al.*, 2013). Plusieurs processus géochimiques peuvent avoir lieu comme conséquence à l'action des sels solubles dans le sol ; Le processus suivant lequel le sol s'enrichit en sels solubles est la salinisation (IPTRID, 2006). L'autre processus qui est l'alcalinisation se produit lorsque le pH du sol augmente à des valeurs supérieures à 8,5 (USSSL, 1954). Ce processus est souvent accompagné du processus de sodisation lorsque le sodium échangeable est l'élément majoritaire adsorbé sur le complexe colloïdal (IRD, 2008).

### 4. Répartition de sols salés

#### 4.1. Répartition des sols salés dans le monde

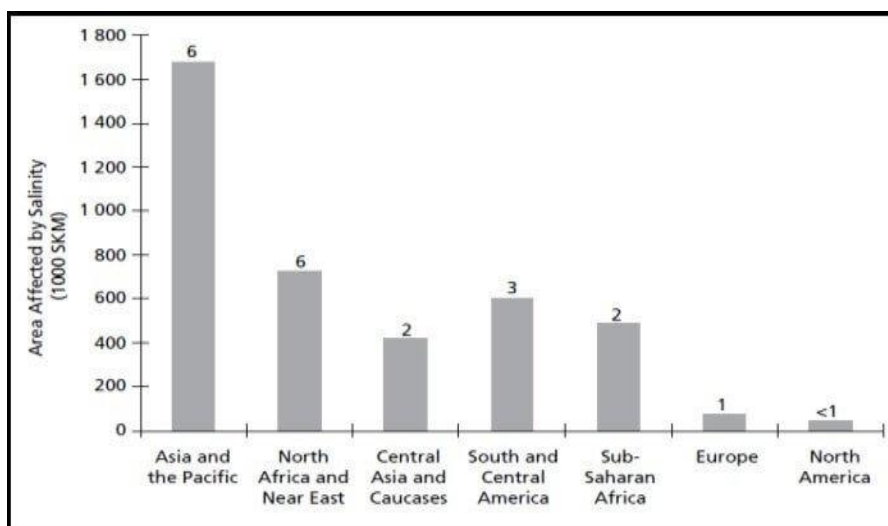
La salinisation des sols présente deux origines, une naturelle et affecte 80 % des terres salinisées, dites salinisation primaire. La seconde est d'origine anthropique, due essentiellement à l'irrigation et appelée salinisation secondaire (IPTRID-FAO, 2006). Les zones les plus menacées sont celles à climat aride à semi-aride. D'après la FAO (2002), la salinisation des sols due à l'irrigation réduit la surface des terres irriguées de 1 à 2 % par an. Les terres semi-arides et arides sont les plus touchées (presque un quart d'entre elles). Afin d'assurer de meilleurs rendements, l'irrigation est une pratique en pleine extension : environ 8,1 millions d'hectares étaient irrigués en 1800, 41 millions en 1900, 105 millions en 1950 et plus de 222 millions d'hectares aujourd'hui. Cette pratique permet d'assurer 40 % de la production vivrière mondiale. Toutefois, elle n'est pas sans risques, en effet, 21 % des terres irriguées souffrent d'engorgement, de salinité et/ou d'alcalinisation qui réduisent leurs rendements. Le processus de salinisation est dû à la mauvaise combinaison d'une forte évaporation et d'un apport inadapté d'eau d'irrigation en relation avec son contenu en sels dissous. Plus l'aridité est forte, plus l'irrigation est incontournable à la culture et plus son usage est risqué (Ruellan *et coll.*, 2008).

**Tableau 01.** Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

Selon les estimations de la FAO, la salinisation affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (**Legros, 2009**). La plupart de ces terres affectées par le sel sont situées dans les zones arides et semi-arides, en Afrique du Nord, en Asie orientale, en Asie centrale et du Sud de l'Asie (**FAO, 2006**) (Fig.01). Les sols salés sont principalement situés dans les zones arides, et leur proportion est notablement élevée au proche (Egypte, Tunisie) et moyen orient (Iran, Pakistan, Bangladesh), en Asie centrale (Ouzbékistan), au nord de la Chine et en Argentine. Les sols sodiques sont particulièrement étendus en Australie, mais aussi dans certaines situations spécifiques, comme en Hongrie ou en Ouzbékistan. Par comparaison, le développement d'une salinité liée aux activités humaines ne concernerait que 77 millions d'hectares (**Marlet et Job, 2006**). Dans les pays du Maghreb, les dommages de la salinisation sont connus, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation (**Djili et al., 2003**).





**Figure 01.** Superficie affectée par la salinité dans les différentes régions du monde (FAO, 2006)

#### 4.2. Répartition des sols salés en Algérie

L'Algérie, dont plus de 20 % des sols irrigués sont concernés par la salinisation (Douaoui et Hartani, 2007), il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins, il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres. Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, HabraSig, Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sbkhas (Chott Ech Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhha d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbi et Chergui, etc..) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc...) (INSID, 2008).

### 5. Paramètres de la salinité

#### 5.1. Conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la concentration de la solution du sol en électrolytes, et directement proportionnelle à la teneur en sels d'un sol (Tableau 02). Elle est exprimée en déci siemens par mètre (dS/m) ou en millésimes par centimètre (mS/cm) (Richardes, 1954).

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents

dans l'échantillon, c'est-à-dire son degré de salinité, cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique, ohm  $\Omega$ ) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs de charges électriques augmentent.

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho/cm ou dS/m (mmho=millimho, S=siemens) à une température de 25°C (Mathieu et Pieltain, 2009).

### **5.1.1. Méthode de mesure de la conductivité électrique**

Pour extraire les sels solubles et apprécier la salinité du sol, deux méthodes peuvent être utilisées:

#### **5.1.1.1. Technique de l'extrait de la pâte saturée**

La salinité du sol peut être déterminée en mesurant la conductivité électrique d'une solution extraite à partir d'une pâte saturée en eau du sol. La conductivité électrique comme ECe (conductivité électrique de l'extrait) avec des unités de deci-Siemens par mètre (dS.m<sup>-1</sup>) ou du milli Mhos par centimètre (mMhos.cm<sup>-1</sup>) exprime la mesure d'anions et de cations dans le sol (Haj najib, 2007).

Cette méthode a été mise au point par les chercheurs de l'U.S.SA LINITY LABORATORY. La pâte saturée correspond à la "limite de liquidité" d'Atterberg c'est-à-dire l'humidité à saturation. Dans ce cas le volume d'eau apporté est variable car dépendant fortement de la texture du sol, donc de sa capacité de rétention. Cette façon de faire vise à se rapprocher au mieux de ce qui se passe dans le sol, tout en opérant en conditions standardisées.

Elle permet notamment de se rapprocher d'une réalité agronomique, l'humidité étant, à proximité de la capacité de rétention, la plus efficace pour la plante. Cependant, cette méthode apparaît techniquement très longue à mettre en œuvre, de plus la confection de la pâte est difficile et l'extraction de la solution parfois impossible. C'est pourquoi aux extraits sur pâte saturée, on préfère souvent les extraits non saturés (Dib,1995).

#### **5.1.1.2. Technique de l'extrait dilué**

Les extraits dilués sont au 1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10 du rapport sol/eau distillée, par cette méthode, l'extraction est rapide, mais les solutions sont moins représentatives de la solution du

sol (Benzahi, 1994). Selon Aubert (1978), un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique de son extrait dilué 1/5 est supérieure ou égale à 2 dS/m.

### 5.1.2. Echelle de la salinité

United States Salinity Laboratory de Riverside a mis en place une échelle, dite agronomique, exprimée en terme de conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée qui varie de 0 à 16 mmhos/cm (Richard *et al.*, 1954) in (Mustapha, 2011) réparti comme suit:

**Tableau 02** .Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée

Classes	Conductivité (dS/m)	Classe de salinité
1	$0 < CE_{ps} < 2$	pas de salinité
2	$2 < CE_{ps} < 4$	salinité très faible
3	$4 < CE_{ps} < 8$	salinité modérée
4	$8 < CE_{ps} < 16$	sol salé
5	$CE_{ps} > 16$	très fortement salin

Une deuxième échelle a été mise en place par ce même laboratoire américain.

Il s'agit d'une échelle de salinité en terme de conductivité électrique de l'extrait aqueux au 1/5

**Tableau 03:** Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (Mathieu et Pieltain, 2009)

$CE_{e 1:5}$ à 25°C	Classe de salinité
$CE_{e 1:5} \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CE_{e 1:5} \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CE_{e 1:5} \leq 2$	Salé
$2 < CE_{e 1:5} \leq 4$	Très salé
$CE_{e 1:5} > 4$	Extrêmement salé

### 5.1.3. Caractères des sels dans le sol

#### 5.1.3.1. Solubilité des sels

La composition de la solution, le pH et la température sont les paramètres influençant la solubilité des sels. Les sels se solubilisent par des formes différentes. En effet, les chlorures sont les plus solubles, les sulfates, les carbonates et les bicarbonates sont moyennement solubles. En revanche, lorsque les sulfates et les carbonates sont associés au calcium, ils deviennent presque insolubles (**Noumen, 2011**).

#### 5.1.3.2. Mouvement des sels

Les sels dans le sol peuvent se déplacer d'un horizon à un autre sous l'action de divers facteurs. Les sels les plus solubles sont généralement les plus mobiles. Le mouvement des sels dépend des états physiques de l'eau du sol, du gradient de température existant dans ce sol, et de la texture des sols etc.

## 5.2. Potentiel d'hydrogène (pH) du sol

Le pH du sol est une notion permettant de façon commode et précise de désigner la réaction du sol. Les sols halomorphes ont un pH supérieur à 7. Il augmente en corrélation avec le rapport  $\text{Na}^+ / \text{C.E.C.}$  (**Duchaufour, 1977**). Le pH est une expression logarithmique de l'acidité d'une solution. Il est mesuré par un pH mètre à électrode en verre, préalablement étalonnée à l'aide d'une solution tampon de pH connu sur des extraits aqueux au 1/5 de la solution du sol (**Mustapha, 2011**).

Les sols salins quand ils sont prédominés dans leur milieu par des acides forts et des bases fortes (sulfates, chlorures, nitrates de calcium, magnésium et sodium), le pH reste inférieur à 8.5 et le sol modérément alcalin. Par contre, quand les sels d'acide faible (carbonates) sont présents, le pH s'élève au-dessus de 8.5 jusqu'à 10 (**Duchaufour, 1977**).

Selon la classification de **Soltner (1989)**, les sols sont classés en fonction du pH de l'extrait aqueux au 1/2.5 (Tableau 04).

**Tableau 04 :** Classification des sols selon le pH de l'extrait aqueux au 1/2,5  
(Soltner, 1989)

pH	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,6 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcalin
8	Très alcalin

**Tableau 05:** Classes de pH des sols selon l'extrait 1/5 (Soltner, 1989 )

pH	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,6 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcaline
>8	Très alcaline

### 5.3. Sodium absorption ratio (SAR)

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol (Richardes, 1954). Le SAR est déterminé par la relation suivante (Durand, 1958). Avec l'unité de ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ) définie par méq/l.

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

Selon **Madani (2007)**, le SAR est un critère utilisé pour prévoir l'évolution de la composition du complexe d'échange. D'après **Cherbuy (1991)** on peut distinguer deux cas :

- Si le SAR > 10, il y a sodisation
- Si le SAR < 10 , il y pas enrichissement du complexe d'échange en sodium.

Le SAR constitue un critère d'appréciation de la qualité des eaux d'irrigation car il définit leur pouvoir alcalinisant.

**Tableau 06:** Classification de SAR (Sodium absorption ratio)  
(*Servant et al., 1966*)

SAR	Degré d'alcalinisation
$\leq 4$	Basse alcalinisation
$4 \leq \text{SAR} \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 \leq \text{SAR} \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 \leq \text{SAR} \leq 18$	Alcalinisation Fort
$> 18$	Alcalinisation intense

#### 5.4. Taux de sodium échangeable (ESP)

Ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est en fonction de la CEC exprimée en (meq/l) (**Richardes, 1954**).

$$\text{ESP} = \text{Na}^+ / \text{Quantité totale des cations absorbées}$$

Et exprimé par la formule qui suit (Richards, 1954) :

$$\text{ESP} = (\text{Na}^+ / \text{CEC}) * 100$$

Na<sup>+</sup> : exprimé en meq/100 g

CEC : exprimé en meq/ 100g

La norme retenue par l'USSL (1954) pour le taux de sodium échangeable est de 15 % de la capacité d'échange cationique (CEC). La limite de classe pour le taux de sodium échangeable est donnée comme suit :

- ESP <5% alcalinité légère
- 5% <ESP <20 % alcalinité modérée
- 20 % <ESP <45 % alcalinité grave
- ESP <45 % alcalinité très grave.

De nombreux travaux ont tenté d'établir une relation entre ESP et SAR. Toutefois, ces relations sont en fait peu fiables pour déterminer précisément la composition chimique du complexe d'échange (Madani, 2007).

## **6. Classification les sols salés**

### **6.1. Sols salins (Solontchaks)**

Ce sont des sols qui ont une conductivité d'extrait de pâte saturée à 25°C supérieure à 4 dS /m et dans les quels le E.S.P est inférieur à 15 % de la CEC, le pH est généralement inférieur à 8.5. Les Solontchaks ont une grande extension dans les zones sahariennes où ils s'extériorisent par des efflorescences blanches à la surface des sols et parfois par une véritable croûte saline (Servant, 1970 ; Halitim, 1973).

### **6.2. Sols salés à alcali (Solontchaks solonetz)**

Dans ce type de sol, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée à 25°C est supérieure à 4 dS /m et le E.S.P est supérieur à 15 % de la CEC. Le pH est supérieur à 8.5.

### **6.3. Sols à alcali (solonetz)**

Ils se caractérisent par une quantité élevée en Na<sup>+</sup> échangeable suffisamment importante pour provoquer la destruction de la structure (E.S.P supérieur à 15 % de la CEC). La conductivité électrique est faible et ne dépasse pas 4 dS/m. Le pH élevé caractérisant ces sols (entre 8.5 – 10), permet la dissolution de la matière organique en donnant une couleur noire, d'où l'apparition du salant noir dans les régions sahariennes.

Les cations Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> se précipitent, ce qui explique la pauvreté de ces sols en éléments chimiques.

Les caractéristiques physico-chimiques de ces classes sont mentionnées dans le tableau 07.

**Tableau 07.** Classification des sols salés

Classe	Sols salins (Solontchaks)	Sols salés à alcalis (Solontchaks Solonetz)	Sols alcalins (Solonetz)
CE dS/m (à 25C°)	> 4dS/m	> 4dS/m	< 4dS/m
Ph	< 8.5	< 8.5	> 8.5
ESP (%CEC)	< 15 %	> 15 %	> 15 %

La classification des sols salés en fonction de la CE et le SAR est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 08 :** Classification des sols salés en fonction de la CE et le SAR

Type des sols	CE (dS/m)	SAR
Sols salins	CE >4 dS/m	SAR <13
Sol sal-sodiques	CE >4 dS/m	SAR >13
Sol sodique	CE <4 dS/m	SAR >13

## 7. Effet de la salinité sur les propriétés du sol

L'excès de sel dans un sol affecte les propriétés et peut créer des graves problèmes au niveau du sol

### 7.1. Effet sur les propriétés physiques de sol

La structure du sol est la manière dont les particules primaires du sol sont disposées en agrégats. D'une part, il contrôle la pénétration des racines dans le sol et d'autre part le déplacement de l'eau et des nutriments de la masse du sol vers les racines.

L'augmentation de la quantité de sodium dans un sol entraîne la destruction de sa structure. En effet, un excès de sodium favorise la dispersion des colloïdes minéraux et par conséquent la réduction de la structure poreuse du sol. La salinisation augmente ainsi l'imperméabilité des couches profondes du sol, ce qui empêche l'aération et l'absorption d'eau nécessaire pour une bonne croissance des plantes (Belmebrouk , 2019).



### 7.1.1. Effets des sels sur la stabilité structurale

La stabilité d'un sol dépend des cations mis en jeu pour la saturation du complexe et le taux d'agrégats stables est décroissant suivant les cations fixés sur le complexe absorbant  $\text{Ca}^{++} < \text{Mg}^{++} < \text{K}^+ < \text{Na}^+$ . La stabilité structurale décroît dans les sols dès que le taux de sodium échangeable atteint 12 à 15% . Le rapport  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  influe sur la dispersion des colloïdes. (Soffih, 2017).

### 7.1.2. Effets des sels sur la perméabilité

Selon Soffih (2017), la perméabilité dépend essentiellement de la texture, la structure, le type de cations absorbés et le taux de matière organique, la diminution de la perméabilité des sols salés à alcalins est une conséquence directe de la dispersion des colloïdes par l'ion Na Cette perméabilité commence à augmenter avec la salinité du fait de la formation des agrégats par l'action flocculant des sels, puis elle se maintient constante.

### 7.1.3. Effets des sels sur la rétention en l'eau

Les sols salés peuvent rester humides même en saison sèche en raison de leur caractères hygroscopiques (Soffih, 2017), toutefois en raison du potentiel osmotique de la solution du sol, cette réserve hydrique n'est pas toujours disponible (Halitim,1973).

## 7.2. Effet sur les propriétés physico-chimiques

La salinité affecte les propriétés chimiques du sol tels que le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), le pourcentage de sodium échangeable (ESP), le carbone organique et modifie le potentiel osmotique et matriciel du sol (Wang *et al.*, 2014).

### 7.2.1. pH (réaction du sol)

La réaction du sol est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), d'autres sont alcalinisant ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ ) (Oustani, 2006).

### 7.2.2. Taux de sodium échangeable (ESP)

Le taux de sodium échangeable à une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faible concentration en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable. Tandis que, dans le cas des sols salés, la grande partie de sodium se trouve dans la solution du sol (Oustani, 2006).

### 7.2.3. Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique exprime l'aptitude d'un matériau à retenir des cations sous forme échangeable. C'est une propriété des sols à la fois utile et intéressante. Certains sols (particulièrement sableux légers), ont une faible capacité d'échange en cations. L'application de la matière organique à ce type de sol contribue donc à l'augmentation de la capacité d'échange cationique de ces terres (**Koll, 2007**).

La CEC est utilisée comme mesure de la fertilité, de la capacité de rétention des éléments nutritifs. Une CEC élevée permet au sol de retenir une grande quantité de nutriments pour une utilisation par les plantes. Par contre un sol à basse CEC ne peut retenir qu'une faible quantité de nutriments sur les sites d'échanges (**Dioumacor, 2016**).

### 7.3. Effet de la salinité sur les propriétés biologiques du sol

La teneur excessive en sel présente dans les sols un impact adverse sur les populations microbiennes et sur leurs activités. Plusieurs études ont montré l'effet négatif de la salinité sur la biomasse microbienne totale, la biomasse fongique (**Dioumacor, 2016**).

Ces sols sont défavorables pour la vie des micro-organismes en raison de la présence des ions toxiques et de leur pH très basique ainsi que leur structure asphyxiante (**Oustani, 2006**).

L'augmentation de la salinité inhibe plusieurs activités enzymatiques dans sol, telles que les activités phosphatase alcaline et  $\beta$ -glucosides. Les sels ont un effet stimulant sur la minéralisation du carbone, mais peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes avec des concentrations croissantes (**Chandra et al., 2002**).

### 7.4. Effet de la salinité sur la plante

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**Levigneron et al., 1995**). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (**Ashraf et Harris, 2004**).

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des noeuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et

sèche est aussi démontrée (**Hamrouni et al. in DAAS, 2000**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron et al., 1995 in Lemzeri, 2007**).

## 8. Lutte contre la salinité des sols

Selon **Stéphane et al. (2016)**, le choix de stratégies de lutte appropriées est très dépendant de la qualité du diagnostic du sol. Les sols des zones arides chauds présentent un cortège diversifié de sels, une structure abimée, un faible pouvoir épuratoire et une faible capacité de drainage. Les actions curatives préconisées sont :

- Restaurer la fonction de drainage du système : Cette action se décompose en deux parties :
  - ✓ Dans un premier temps, il faut restaurer la structure des sols. Souvent, il s'agit de repenser les pratiques pour augmenter la teneur en matière organique et augmenter la porosité des sols (modifier les pratiques).
  - ✓ Dans un second temps, il faut assurer un entretien des réseaux d'assainissements (optimiser la gestion collective des réseaux).
  
- Favoriser la lixiviation des sels

Il s'agit là de dissoudre les sels accumulés dans le sol par des apports d'eau souvent importants. Les sels dissouts étant par la suite entraînés au-delà de la zone racinaire par le mouvement descendant de l'eau. L'apport d'eau ne doit pas provoquer la remontée de la nappe ou de remontées capillaires. C'est pourquoi les conditions d'un drainage performant doivent être préalablement assurées.

- Apporter des cations de substitution (souvent combiné à l'apport d'eau)

Cette technique consiste à apporter des cations ( $\text{Ca}^{++}$ , ou autres) en vue de substituer le sodium par le nouveau cation apporté. L'idée simple est que le sodium qui pose problème soit remplacé par un autre cation moins problématique.

Souvent, c'est le gypse qui est apporté pour remplir ce rôle. Le gypse  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  est un minéral hydraté ( $\text{H}_2\text{O}$ ) composée de sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Là encore, il faut être

vigilant car l'apport de nouvelles espèces chimiques ne doit pas provoquer de nouveaux déséquilibres. L'introduction de nouveaux cations (et anions associés) doit donc être raisonné au regard des analyses de terres.

- Utiliser des variétés tolérantes à la salinité

Parmi les voies et les moyens permettant de lutter contre la salinité des eaux et des sols, il est fait souvent appel à l'amélioration génétique par le biais de la biotechnologie et la sélection des espèces et/ou variétés adaptées à ces conditions extrêmes du milieu. Les problèmes de salinité peuvent être contre balancés par l'utilisation de variétés tolérantes aux fortes concentrations en sels.

- La pré germination et irrigations continues pendant la levée

Dans les zones à risques de salinité moyens et importants, la méthode de pré germination des semences limitera fortement la mortalité due aux sels dans la phase de germination. Il conviendra pendant la phase de levée (période de forte sensibilité du plant).

# **Chapitre II**

## **La salinité des eaux d'irrigation**

### 1. Définition de l'irrigation

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).

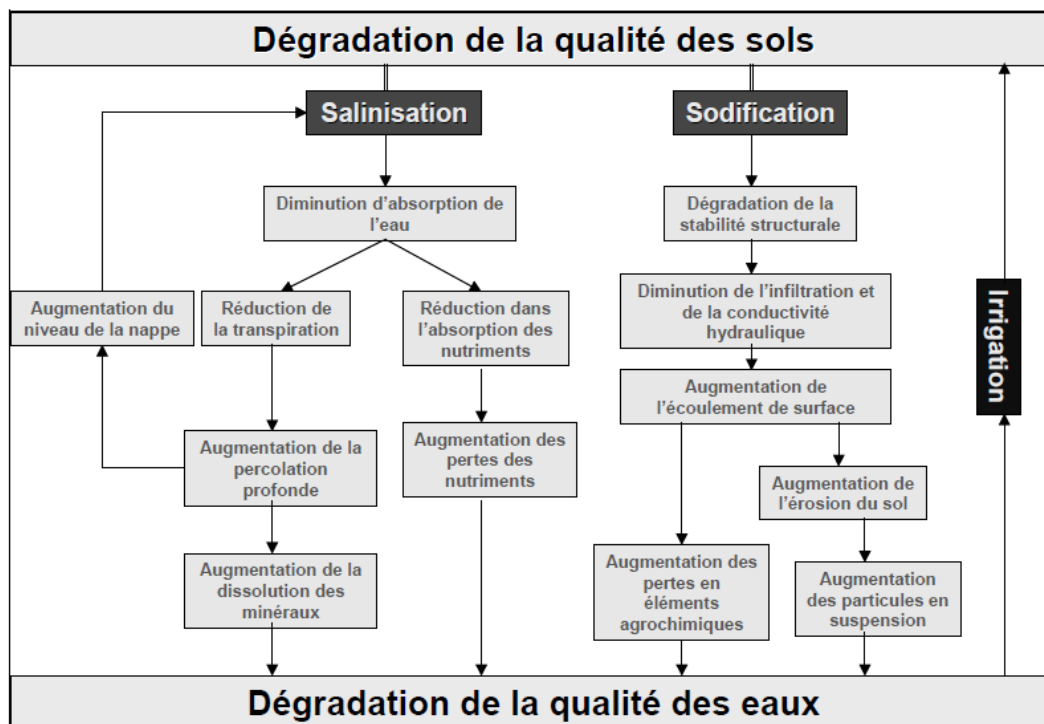
### 2. Qualité de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation (Abibsi, 2011).

### 3. Processus de dégradation de qualité du sol suite à l'irrigation

Le degré de salinisation d'une surface irriguée dépend de plusieurs facteurs dont la qualité de l'eau d'irrigation, la qualité du sol, les conditions climatiques et le niveau de la nappe (Lahlou *et al.*, 2002). L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; qui est toujours associé à un apport de sels.

Dans les régions arides, l'effet est d'autant plus marqué à cause d'une part, de la forte minéralisation des eaux de surface et des eaux souterraines et d'autre part, du climat sec qui crée une demande d'évaporation élevée ce qui se traduit par la nécessité de grandes quantités d'eau pour l'irrigation des cultures (FAO, 2006). Ainsi, les sels accumulés d'une irrigation à l'autre entraînent un risque de salinisation sans alcalinisation du sol, si la teneur en  $\text{Na}^+$  fixée sur le complexe adsorbant ( $\text{Na}^+/\text{T} < 15\%$ ). Toutefois, si la teneur de  $\text{Na}^+$  fixé est élevée, et parfois une teneur en magnésium ( $\text{Na}^+/\text{T}$  ou  $\text{Na}^{++}\text{Mg}^{++}/\text{T} > 15\%$ ), le sol risque d'avoir un problème de sodification ou alcalinisation. Le pH dans ce cas est généralement supérieur à 8,5. Ce type de sol est extrêmement peu fertile (Mathieu *et al.*, 2007) (Fig.02).



**Figure 02.** Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation Source (Lahlou et al., 2002)

#### 4. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies. Une eau est conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes.

Les normes ont pour objectif de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- Protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- Protéger le matériel d'irrigation ;
- Maintenir des rendements acceptables

La concentration et la qualité des sels des eaux d'irrigation varient selon l'origine de ces eaux (pluies, oueds, fleuves, eaux souterraines....) (**Abdelaziz, 1998 In Gouareh, 2006**).

## **5. Classification des eaux d'irrigation**

Il est presque impossible d'établir des critères généraux pour l'eau d'irrigation. Toutefois, certains critères sont généralement utilisés pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation (**Couture, 2006**) :

- **Salinité** : contenu total en sels solubles.
- **Sodium** : proportion relative des cations sodium ( $\text{Na}^+$ ) par rapport aux autres.
- **pH** : de l'eau d'irrigation

### **5.1. Teneur des sels dans les eaux d'irrigation (risque de l'excès de sels)**

Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines. L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs :

- la tolérance en sel de la culture
- les caractéristiques du sol sous l'irrigation
- les conditions climatiques,

La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle essentiel dans les secteurs arides affectés par des taux d'évaporation élevés entraînant une accumulation importante de sel dans les sols.

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.



La concentration en sel est donnée par le TDS (qualité totale de matière dissoute) exprimé en mg de sel par litre d'eau (mg/l) ou en gramme de sel par mètre cube d'eau ( $\text{g/m}^3$ ). Elle peut être aussi mesurée grâce à la conductivité électrique de l'eau d'irrigation ( $\text{CE}_w$ ), qui est exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou decisiemens par mètre (dS/m) ou microsiemens par mètre (dS/m) ou microsiemens par centimètre, sachant que  $1\text{ds/m}=1000\mu\text{s/cm}$ .

### Résidus secs

Il représente la totalité des sels dissous contenue dans l'eau après évaporation à  $110^\circ\text{C}$ , il renseigne sur la minéralisation globale de l'eau. La classification des eaux d'irrigation en fonction résidus secs est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau 09** : Classification des eaux d'irrigation en fonction résidus secs

Concentration RS en mg/l	Classe d'eau	Utilisation
RS < 250	Eau très peu minéralisée	la fabrication de la vapeur, mais ne pouvant convenir à la distribution public sans un apport de sels dissous
250 < RS < 500	Eau peu minéralisée	utilisable pour l'industrie et pouvant servir à la distribution public d'eau potable.
500 < RS < 1000	Eau normalement minéralisé	correspond aux normes d'eau potables.
1000 < RS < 1500	Eau non conforme aux normes de potabilité	utilisée pour l'irrigation et abreuver les animaux
RS > 1500	Eau très salée	impropre en dehors d'un usage balnéaire.

## 5.2. Teneur en sodium (risque d'alcalinité : excès de sodium dans l'eau d'irrigation)

Une grande quantité d'ions de sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est due au fait que le sodium présente dans le sol en forme échangeable remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les argiles et cause la dispersion des particules dans le sol. Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols.

Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure. Ce problème est également relié avec plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol. Par exemple les sols sableux ne subiront pas de dommage si facilement en comparaison aux plus lourds ils sont irrigués avec de l'eau a haut SAR.

L'indice est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

## 5.3. pH de l'eau d'irrigation

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale. Afin de baisser le pH, il est possible d'injecter de l'acide. L'acide phosphorique et l'acide nitrique peuvent être utilisés mais l'acide sulfurique reste l'acide le plus populaire.

## 6. Classification de l'U.S.S.L

La classification de l'U.S.S.L a été proposée par laboratoire de Riverside (**Richard, 1954**). Elle est basée sur : la conductivité électrique exprimée en CE (dS/m) et le SAR (% de Na échangeable).

### 6.1. Teneur en sels dans les eaux d'irrigation (Danger de l'excès de sels)

D'après **Durand (1958)**, ce caractère permet de déterminer les classes suivantes :

**Tableau 10.** Classification des eaux en fonction de la teneur en sels (**Durand (1958)**)

Classes	CE en $\mu\text{mhos/cm}$	Définition
C1	< 250	Eau a faible salinité. Elle peut être utilisée pour la plupart des cultures sur la plus part des sols.
C2	250 -750	Eau de salinité moyenne. Elle peut être utilisée s'il se produit un lessivage modéré.
C3	750 -2250	Eau à forte salinité .Elle ne peut pas être utilisée sur des sols faiblement drainés. Même lorsque le drainage est suffisant
C4	2250 – 5000	Eau a très forte salinité. Elle ne convient pas à l'irrigation dans des conditions ordinaires

Les études réalisées par **Durand (1958)** sur la qualité des eaux en Algérie montrent que :

- ✓ 5% des eaux en classe C1,
- ✓ 28% des eaux en classe C2,
- ✓ 28% des eaux en classe C3,
- ✓ 21% au-delà de 6 mmhos/cm.

## 6.2. Teneur en sodium (SAR) dans les eaux d'irrigation

En fonction de l'alcalinisation des sols, quatre classes ont été distinguées par l'U.S.S.L (1954) :

**Tableau 11.** Teneur en sodium dans les eaux d'irrigation  
(American Society of Civil Engineers, 1947)

Classes	SAR	Définition
S1	$SAR < 10$	L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
S2	$10 < SAR < 18$	L'eau contenant une quantité moyenne de sodium peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
S3	$18 < SAR < 26$	Les eaux contenant une quantité élevée de sodium peuvent provoquer des difficultés dans la plus part des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques. S'il n'y a pas de gypse, il faut en ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.
S4	$SAR > 26$	L'eau contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropre à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage du gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

## 7. Lutte contre la salinité du sol liée à l'eau d'irrigation

Selon **Tahraoui (2015)**, les moyens de lutte contre la salinité des eaux d'irrigation sont :

- Le drainage profond

La principale méthode et la plus adaptée pour lutter contre la salinité est la réalisation de systèmes de drainage adaptés pour permettre:

- ✓ Un rabattement de la nappe phréatique en dessous d'une cote telle que les remontées capillaires soient très limitées.
- ✓ La création de flux souterrain permettant d'évacuer les sels en excès hors de la parcelle.
- ✓ De couper les flux souterrains d'eau chargée en sels d'une parcelle à une autre.

- La lutte contre les remontées capillaires

La première méthode est

- ✓ Le rabattement de la nappe phréatique salée par des drains.
- ✓ Autres méthodes: il est conseillé rapidement après la récolte de faire un léger travail du sol superficiel pour créer en surface du sol une couche de terre pulvérisée.

- Eviter les apports d'eau excessifs

- ✓ Il faut essayer de trouver un équilibre entre les besoins de la culture et les apports en eau. Tout apport supplémentaire correspondra à un apport de sels supplémentaire, surtout si la culture ne bénéficie pas de systèmes de drainage ;
- ✓ Augmenter la fréquence des irrigations et l'accroissement de l'apport d'eau aux plantes en considérant les besoin de lessivage ;
- ✓ Maitrise du couple irrigation-drainage.

- Suivre régulièrement la qualité de l'eau d'irrigation

- ✓ Eviter d'irriguer avec une eau avec un SAR supérieure à 6 ou une salinité de 1,5 mmho/cm .
- ✓ Suivit continuel qualitatif et quantitatif des ressources en eau .

# **Partie II**

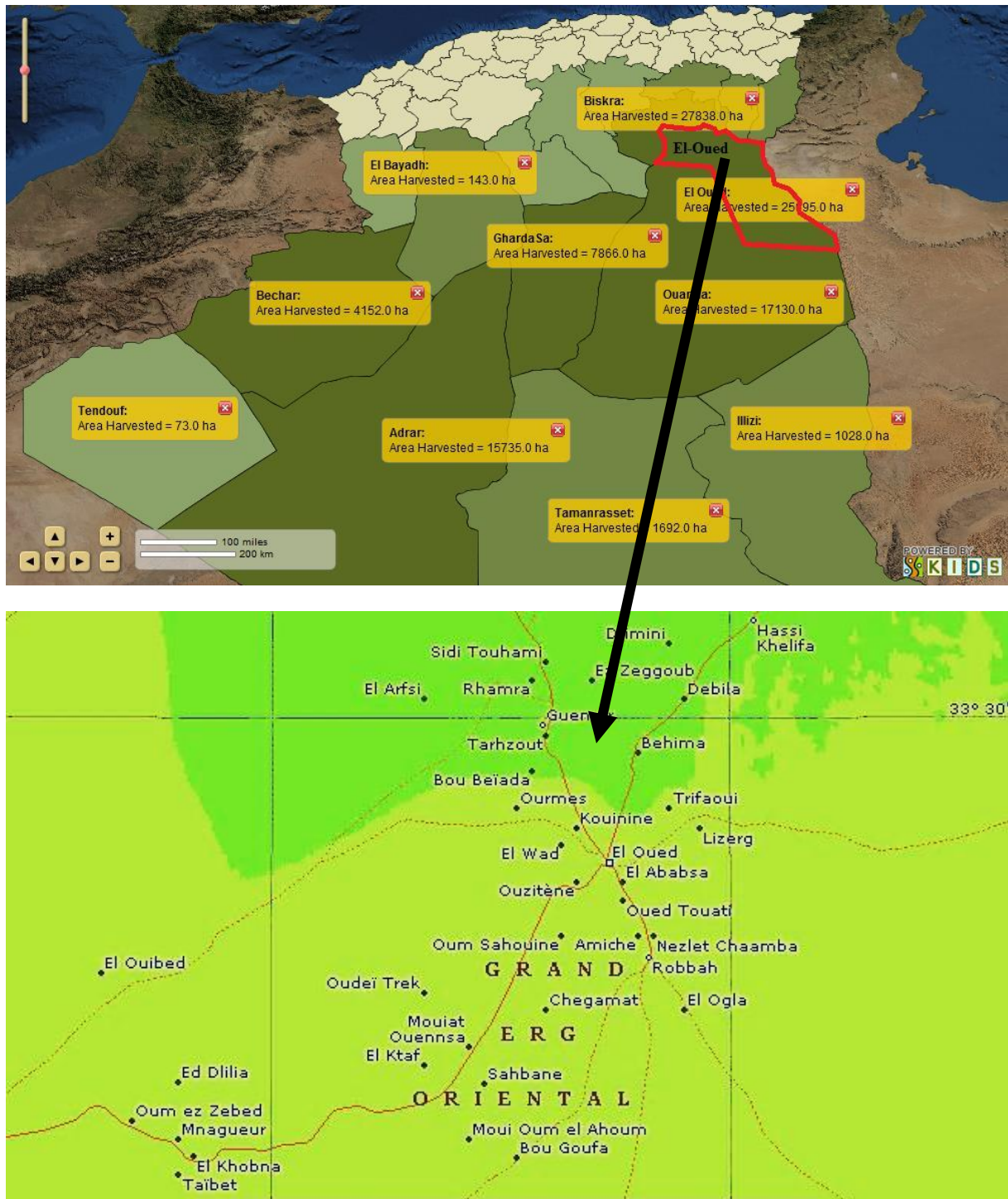
## **Matériel et méthodes**

## I : Présentation de région d'étude

La zone d'étude est située dans la wilaya d'El Oued, l'une de principales oasis du Sahara septentrional algérien. Elle est située au sud-est de l'Algérie, à une distance de 650 km de la capitale, au nord-est du Sahara septentrional. Elle occupe une superficie de 44.586 km<sup>2</sup>, et est limitée par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tebessa au nord, au nord-est par la wilaya de Djelfa, au sud et sud-est par la wilaya de Ouargla, et à l'est par la frontière tunisienne. Traditionnellement, les limites des oasis du Souf sont l'erg oriental jusqu'aux abords du Chott Melghir, où s'étire une masse de palmeraies limitée à l'Est par la frontière tunisienne et à l'ouest par l'immense oasis de l'Oued Righ. Les limites de cette oasis atteignent la frontière libyenne au sud (VOISIN,2004).

Cette région se trouve à une altitude moyenne de 80 m, accusant ainsi une diminution notable du sud au nord pour être à 25 m au-dessous du niveau de la mer dans le chott Melghir qui occupe le fond de l'immense bassin du Bas Sahara. Elle possède des dunes qui dépassent parfois les 100 m de hauteur (A.N.R.H., 2009).

La région d'étude s'étend sur 18 communes (El Oued, Bayadha, Robbah, Kouinine, Guemar, Taghzout, Hassani Abdelkrim, Debila, Sidi Aoun, Hassi Khelifa, Reguiba, Mihouensa, Oued Alenda, Ogla, Nakhla, Magrene, Ourmes et Trifaoui), avec une superficie d'environ 3500 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par les coordonnées géographiques suivantes : Longitudes 05°30'' et 07°00'' Est et Latitudes 35°30'' et 37°00'' Nord (Fig. 03). Elle tire son originalité de son architecture typique, caractérisée par les coupoles et par ses palmeraies plantées dans les Ghouts.



**Figure 03.** Localisation géographique de la région d'étude (GOOGLE earth, 2022)



## **I.1. Géomorphologie**

Les reliefs du Souf, est très simple dans sa disposition générale, est caractérisé par les massifs dunaires où prédominent les formes douces.

**Nadjah, (1971)** signale que La région du Souf est une région sablonneuse avec des dunes peut atteindre cent mètres d'hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect. L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la partie la plus importante, elle occupe 3/4 de la surface totale. L'autre est le Sahara ou région plate et déprimée, formant les dépressions fermées, entourées par les dunes, qui forme des dépressions entourées des dunes telle que: les Chottes et les Sahane.

### **I.1.1. L'erg:**

Ce sont de vastes étendues désertiques couvertes de dunes vives (**Gauthier-Pilters, 1972**). Ces Ergs peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres. Dans le Sahara septentrional, on distingue traditionnellement le grand Erg Oriental et le grand Erg Occidental (**Ozenda, 1983**)

### **I.1.2. Les dépressions**

#### **a- Chotte:**

Ce sont rien d'autre que la couche supérieure de l'eau souterraine qui affleure en hiver dans le fond de certaines cuvettes. Leur assèchement abondant crée une pellicule de sel qui peut former à la longue une croûte durcie (**Surter, 1973**). Elles sont bordées d'auréoles de végétation; liées aux variations de la texture et de la salinité (**Ozenda, 1983**).

#### **b- Sahane:**

Il s'agit d'un terrain plat qui se rassemble aux hamada, caractérisée par un sol rugueux avec des couches rocheuses (gypseuse ou calcaire) proches de la surface de la terre. Même les zones d'ergs ne sont que des accumulations sableuses au-dessus du sahane, où l'on trouve des zones plates entre les dunes de sable représentant la base ou le plat de forme où le sable s'accumule. (**Hallis, 2005**)

## I.2. Hydrogéologie

Au Sahara septentrional, le bassin sédimentaire constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 780 000 km<sup>2</sup>, avec un maximum d'épaisseur de 4000 à 5000 (Castany, 1982).

Malgré l'absence des ressources de surface, Le Souf se caractérise par la disponibilité d'une réserve hydrique souterraine importante, mobilisable, répartie en 03 couches aquifères distinctes :

### I.2.1. Nappe du Continental Intercalaire

Le Continental Intercalaire (CI) est la troisième aquifère dans le Souf, Elle est située à une profondeur allant de 1400 à 1800 m On l'appelle nappe albienne. L'eau de cette nappe est chaude (40 à 60 °C) (Meziani *et al.*, 2008). Le Continental Intercalaire est formé par une succession de couches de grés, de sables, de grés argileux et d'argile **Khadraoui (2006)** Depuis environ trente années, lorsque des forages profonds ont été effectués dans la deuxième et la troisième nappe, l'affleurement de la première nappe comme dans la périphérie du Souf a provoqué l'abandon des palmeraies noyées (Côte, 1998)

### I.2.2. Nappe du Complexe Terminal

Selon **Khadraoui (2005; 2006)**, cette formation est très hétérogène dont la profondeur varie entre 100 et 600 mètre et s'étend sur une superficie de 350.000km<sup>2</sup> **Meziani et al. (2008)**, elle est composée des trois nappes : les deux premières correspondent aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène et Pontien, la troisième est la nappe des calcaires d'âge Senono-Éocène. La première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal (CT), elle est constituée par du sable peu grossier, se trouve à une profondeur moyenne de 280 m, et couvre presque tout le Souf. La deuxième nappe de sable est d'âge Potien (Eocène Supérieur), elle prend position entre la 1<sup>ère</sup> nappe et celle du calcaire .Sa profondeur varie entre 400 et 480 m avec une épaisseur moyenne de 50 m (**Saibi,2003**).

### I.2.3. Nappe phréatique

La nappe phréatique présente dans toute la région du Souf, correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du quaternaire, elle se localise à des profondeurs variant entre 10 et 60 mètres.

On rapporte que la nappe phréatique dans la région du souf est principalement alimentée par des eaux de pluie et les eaux utilisées par les populations (les eaux d'irrigation, industrielles et domestiques)

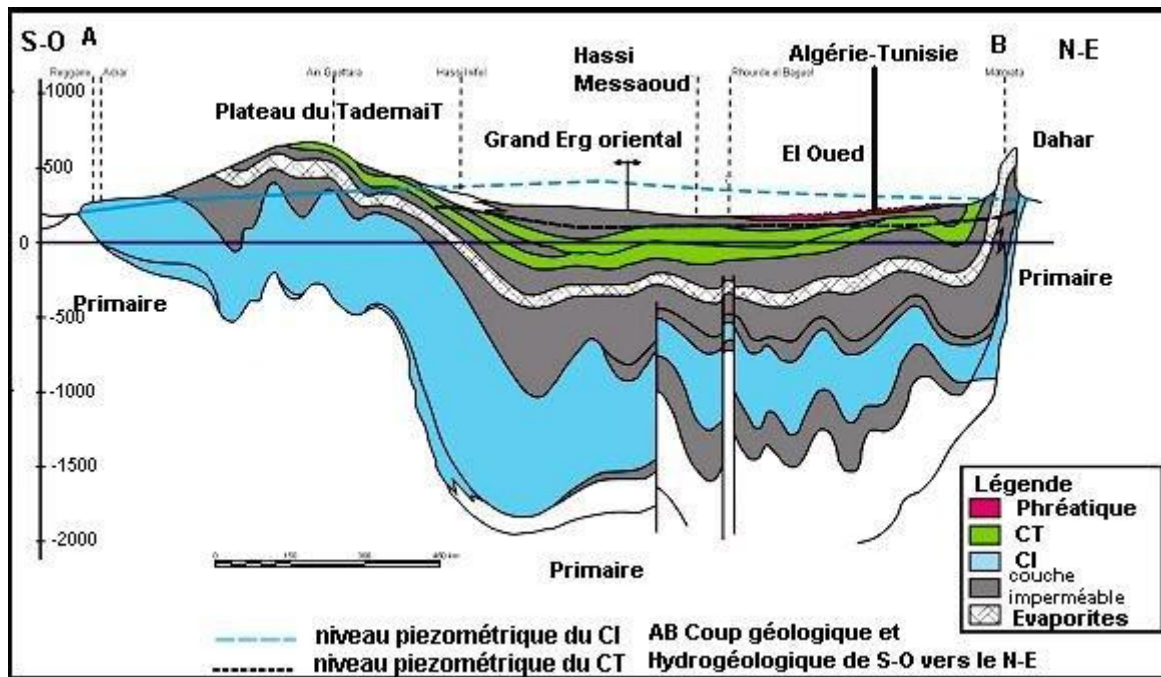


Figure 04: Coupe hydrogéologique du SASS (Bouselsal et al, 2014)

### I.3. Climatologie:

#### I.3.1. Facteurs climatiques de la région

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (Faurie et al., 1980). En général, le Sahara est caractérisé par un déficit hydrique dû à la faiblesse des précipitations, à l'évaporation intense, aux fortes températures et à la grande luminosité (Toutain, 1979). Le climat de la région de Souf est de type saharien, désertique caractérisé par une période estivale chaude, et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques sont : la fréquence des vents violents tels que le sirocco et les vents de sable (DPAT, 2000). L'analyse des données climatiques enregistrées durant 10 ans, de 2012 à 2021, nous ont permis d'étudier les paramètres climatiques suivants:

##### I.3.1.1. Températures

Le facteur thermique agit directement sur la vitesse de réaction des individus sur leurs abondances et leurs croissances (Dajoz, 1971). Le tableau 12 rassemble les valeurs des températures des minima et des maxima relevés mois par mois dans la région d'étude pour l'année 2020.

**Tableau 12:** Températures mensuelles moyennes, maxima et minima en 2021

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>M (°C)</b>	19.1	21.1	22.3	28.2	33.6	41.1	42.2	43.2	38.4	28.9	21.2	17.2
<b>m (°C)</b>	6.2	9.8	10.1	15.6	20.4	27	27.6	28.4	25.6	17	10.5	5.9
<b>T. moy</b>	12.8	15.5	16.5	22.2	27.3	34.3	35.6	36.2	32.1	23.2	15.8	11.3

(TUTIEMPO,2022).

M: Moyennes mensuelles des températures maximales.

m: Moyennes mensuelles des températures minimales.

T. moy: Moyennes des températures mensuelles.

Durant l'année 2021, notre région d'étude est caractérisée par :

- Le mois le plus chaud est Aout avec 36.2°C.
- Le mois le plus froid est Décembre avec 5.9°C.

### I.3.1.2. Précipitations

Dans le Souf, les précipitations sont très faibles et irrégulières, les valeurs des précipitations mensuelles enregistrées en mm dans la région du Souf durant l'année 2021 sont présentées dans le tableau.

**Tableau 13:** Précipitations mensuelles exprimées en (mm) durant l'année 2020

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>P(mm)</b>	0.76	0	2.03	0	3.56	0	0	0	3.05	0	18.3	0

P(mm) :Précipitations mensuelles .(TUTIEMPO,2021)

A Notre région d'étude, le mois le plus pluvieux de l'année 2021 est Novembre avec 18.3 mm (Tableau 13). Par contre il existe des mois quasiment secs ( février,Avril, juin, juillet et aout, octobre ,décembre . ). Le cumul des précipitations annuelles est de 27.7 mm/an.

### I.3.1.3. Humidité relative :

**DAJOZ (1982)** signale que la vapeur d'eau maintient dans l'atmosphère une certaine humidité relative. Elle dépend de plusieurs facteurs, la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine), de la température et des vents (**FAURIE et al., 1980**).

**Tableau 14** : Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2021.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
(%)HR	41.5	38.2	40.5	31.9	29.9	22.8	21.8	21.2	30.5	40.3	51.7	55.8

HR% : Humidité relative en pourcentage. (Tutiempo.net. 2022).

#### I.3.1.4. Vent

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat (**Seltzer, 1946**). Selon **Dajoz (1996)**, il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Il accroît la transpiration des plantes (**Elhai, 1968**). Les vents les plus forts, sont ceux de l'Est qui soufflent principalement pendant la période de Février à Août.

Ces vents violents chargés de sable, peuvent produire des effets préjudiciables sur les cultures de la région, et engendrer une dynamique érosive éolienne intense (**DSA El Oued, 2020**).

Les données notées concernant les vitesses maxima des vents de chaque mois en 2021 dans la région d'étude sont mentionnées.

**Tableau 15** : Moyenne mensuelle du vent de la région d'étude durant l'année 2021

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesses des vents (m/s)	10.7	13.8	12.5	15.2	14.2	15.2	13.1	11.3	12.4	9	10.2	9.2

(Tutiempo.net. 2021).

Selon le tableau 15, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de mars jusqu'à septembre, avec un maximum de 15.2 km/h durant le mois d'avril.

#### I.3.1.5. Insolation

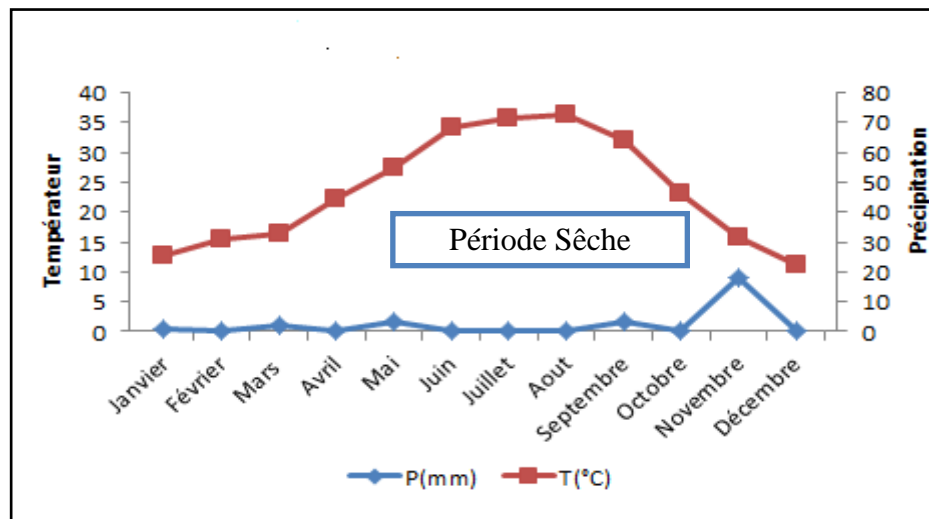
La lumière joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques, par sa durée photopériode contrôle l'ensemble du cycle vital des espèces animales (hibernation, diapause, maturation sexuelle...), (**RAMADE., 2003**). Dans la région d'étude le taux d'insolation est très important, le pic est marqué toujours dans la période d'été de chaque année.

### I.3.2. Synthèse des facteurs climatiques

La classification écologique des climats est faite en utilisant essentiellement les deux facteurs les plus importants et les mieux connus : la température et la pluviosité (DAJOZ., 1971). La synthèse des facteurs climatiques fait intervenir les précipitations annuelles et les températures moyennes mensuelles. Dans cette partie deux courbes sont utilisées. Ce sont le diagramme Ombrothermique de Gausson et le Climagramme pluviothermique d'Emberger.

#### I.3.2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Selon FAURIE *et al.* (1980), le diagramme ombrothermique (Ombro = pluie, thermo = température). Il est construit en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le seconde en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations ( $P = 2T$ ), on obtient en fait deux diagrammes superposés. Les périodes d'aridité sont celles où la courbe pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique (RAMADE, 2002). Sur la figure 05. Il est à remarquer, que la courbe de précipitation est toujours inférieure à celle de température; ceci laisse apparaître une période sèche qui s'étale durant toute l'année.



**Figure 05:** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région du Souf durant l'année 2021

### I.3.2.2. Climagramme d'Emberger

Il existe cinq étages bioclimatiques en Algérie (sahariens, l'aride, semi-aride, sub-humide et humide).

La valeur du quotient pluviothermique de (STEWART, 1969) dans la région d'étude est calculée par suivante  $Q2=3.43 \times P / (M-m)$

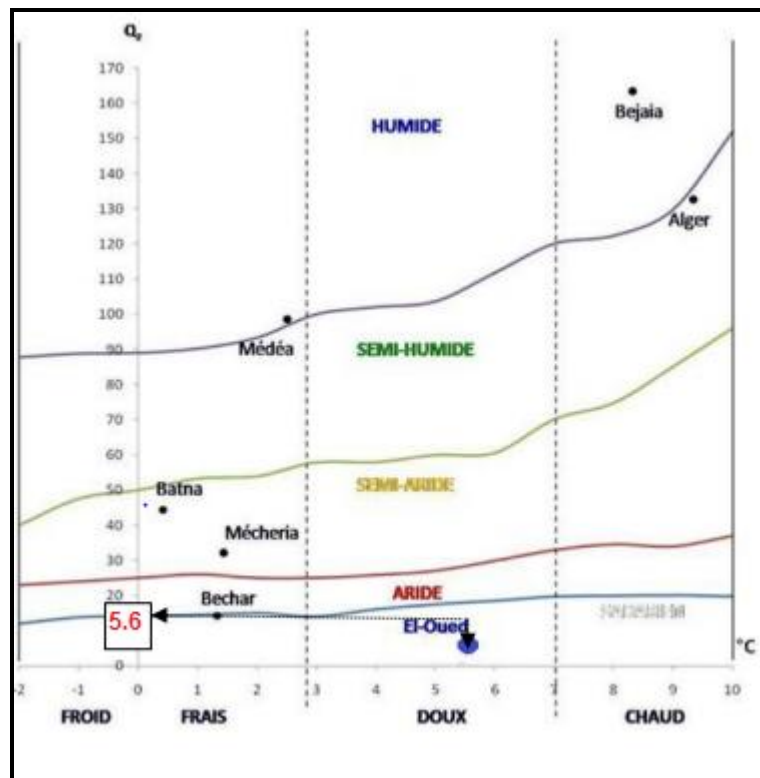
$Q2$  : Quatients pluviothermique d'Emberger ;

$P$  : somme des précipitations annuelles exprimées en mm ;

$M$  : moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en °C ;

$m$  : moyenne des températures minima du mois le plus froid en °C.

A partir de ce Climagramme (Fig. 06), nous constatons que l'étage bioclimatique El-Oued est saharien à hiver doux.



**Figure 06:** Climagramme pluviothermique d'Emberger appliqué de la région du Souf (2011 à 2021)

## **II. Méthodologie de travail**

L'objectif de ce travail expérimental est de caractériser la salinité et le pH du sol irrigué et non irrigué, ainsi ceux de l'eau d'irrigation au niveau de sept stations d'étude situées dans la région de Oued Souf. Cette méthodologie nous permettra d'évaluer l'effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur la salinisation du sol au niveau de nos stations d'étude.

### **II.1. Choix des stations**

Notre travail a porté sept stations d'étude situées dans la région d'Oued Souf. Les stations choisies sont :

- Debila
- Trifaoui
- Robbah
- Bayadha
- Hassi Khalifa
- Magrane
- Oued El Alenda

### **II.2. Techniques d'échantillonnage du sol et de l'eau d'irrigation**

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol. L'échantillon doit correspondre à une zone uniforme, d'une seule nature. Le sol étant hétérogène, il est indisponible de multiplier les prélèvements partiels, puis de mélanger, pour obtenir un échantillon représentatif du sol à analyser.

Ainsi, au niveau de chaque station, des échantillons représentatifs du sol obtenus par mélange de dix échantillons ont été prélevés de la couche arable d'un sol irrigué (sol cultivé "2 ans d'ancienneté dans la culture de la pomme de terre") et non irrigué (non cultivé). Les prélèvements des échantillons du sol ont été associés au prélèvement de l'eau d'irrigation.

### **II.3. Préparation des échantillons**

Les échantillons prélevés du sol ont été tamisés à 2mm, séchés et conservés à la température du laboratoire jusqu'au moment des analyses. Quant aux échantillons de l'eau d'irrigation, ils ont été conservés à 4 C° jusqu'au moment des analyses.



## II.4. Méthodes d'analyses au laboratoire

Les analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires de pédagogie du département des Sciences Agronomiques (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie) de l'université d'El Oued.

Les analyses réalisées sur le sol ont porté sur le pH et la conductivité électrique (CE) des extraits dilués du sol (1/1, 2/5, 1/5). Quant à l'eau d'irrigation les analyses ont porté sur la conductivité électrique (CE) et le pH.

Le but de l'utilisation de plusieurs extraits est de vérifier les résultats avec une variété des échelles et des méthodes de mesure couramment utilisées.

Les échantillons du sol et ceux de l'eau d'irrigation ont été analysés suivant les méthodes suivantes :

### II.2.4.1. Méthodes de mesure de la conductivité électrique

La méthode des extraits aqueux est très pratique lorsque l'on veut traiter un grand nombre d'échantillons du même sol

Les extraits dilués sont au 1/1, 2/5, 1/5 du rapport sol/eau distillée, par cette méthode, l'extraction est rapide, mais les solutions sont moins représentatives de la solution du sol (**Benzahi, 1994**).

La norme utilisée est la NF X31-113 qui est basée sur l'extraction des sels d'un échantillon, solubles dans l'eau, dans des conditions bien définies et dans des rapports sols sec/ eau égal à 1/1, 2/5, 1/5 (**Afnor, 1981**).

Des mélanges (sol /eau) suivant les apports (1/1, 2/5, 1/5) ont été préparés pour analyse dans des flacons. Après agitation 30mn des mélanges préparés, on les laisse reposer 15mn, ensuite on les filtre. Le CE a été mesuré à l'aide d'un conductimètre.

### II.2.4.2. Méthode de mesure de pH:

La mesure du pH se fait le plus fréquemment dans une suspension aqueuse, le rapport de la masse du sol au volume d'eau varie suivant les méthodes, ou la texture du milieu. Le ratio le plus souvent rencontré est de 2/5 (**Guevara-Riba, 2004;Cappuyns,2004**)et1/5(**Tack, 1996; Vandecasteele, 2002**).

Dans notre cas, des échantillons du sol de 100 g, 40 g et de 20 g sont préparés pour analyse dans des flacons. On y ajoute 100 ml d'eau distillée pour chaque une. Mélangé la mélange pendant 15 minutes, cela permet de mettre en suspension la totalité de l'échantillon et d'obtenir ainsi un équilibre entre la phase solide et la phase liquide. La suspension est ensuite laissée puis filtrée. Le pH de la suspension est mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

# **Partie III**

## **Résultats et discussion**

Cette partie de notre travail est réservée à la discussion des résultats relatifs à la caractérisation de la conductivité électrique et de pH du sol et de l'eau d'irrigation dans les sols irrigués et non irrigués des sept stations de l'étude retenues par notre étude.

## **1. Conductivité électrique du sol au niveau des sept (07) stations d'étude**

### **1.1 Conductivité électrique du sol de l'extrait 1/1**

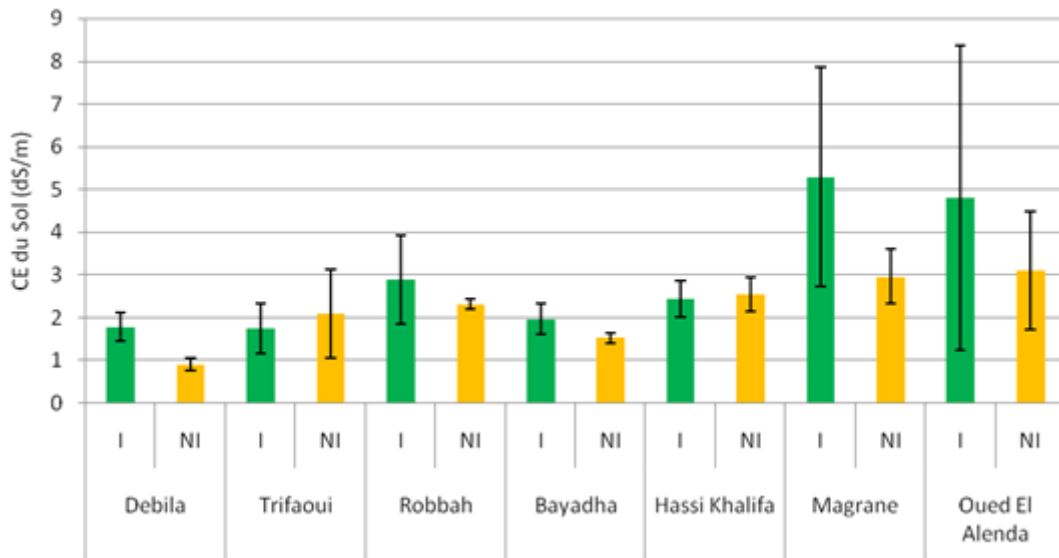
Les résultats de mesure de la conductivité électrique du sol de l'extrait 1/1 au niveau des 07 stations d'étude sont présentés dans la figure 07.

Les résultats obtenus montrent que Les valeurs de la conductivité électrique dans la station de Magrane varient entre une valeur minimale de 2.96 dS/m enregistrée dans la station non irriguée et une valeur maximale 5.29 dS/m enregistrée dans la station irriguée.

Il est à mentionner que cette station a enregistré les conductivités (CE) les plus élevées comparativement aux autres stations irriguées.

Quant à la CE la plus faible des stations irriguées, elle été enregistrée par la station de Debila, soit une CE de 0.91dS/m. Cette zone a enregistré une CE de 1.78 dS/m au niveau le sol non irriguée.

Les autres stations ont enregistrées des conductivités électriques de (1.75 et 2.10 dS/m), (2.89 et 2.32dS/m), (1.97 et 1.53dS/m), (2.44 et 2.55 dS/m), (4.80 et 3.11 dS/m) respectivement pour le sol irriguée et non irrigué de la station de Trifaoui, Robbah , Bayadha, Hassi Khalifa et d'Oued El Alenda.



**Figure 07:** Valeurs moyenne de la conductivité électrique du sol de l'extrait 1/1 au niveau des 07 stations d'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)

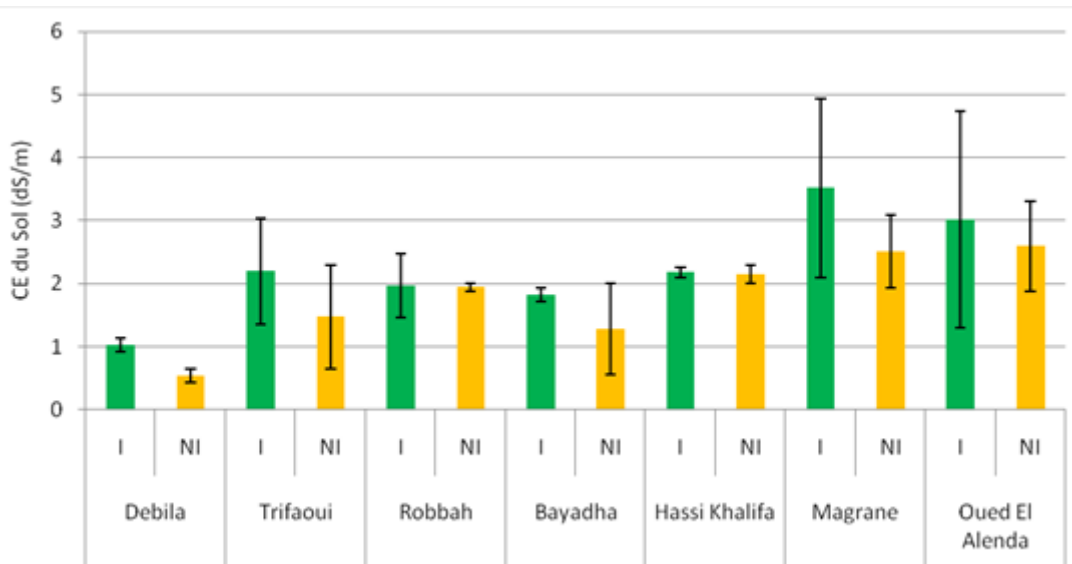
### 1.2 Conductivité électrique du sol de l'extrait 2/5

Les résultats de mesure de la conductivité électrique du sol de l'extrait 2/5 au niveau des sept stations d'étude sont présentés dans la figure 08. Les résultats obtenus montrent ce qui suit :

Les valeurs de la conductivité électrique dans la zone de Magrane varient entre une valeur maximale de 3.52dS/m enregistrée dans le sol irriguée et une valeur minimale de 2.51dS/m enregistrée dans le sol non irrigué. le sol irrigué de la station de Magrane a également enregistré la conductivité électrique la plus élevée pour cet extrait (1./2.5 ).

En revanche, les valeurs de ce les plus faibles ont été enregistrées au niveau de la station Debila, soient des valeurs de conductivité électrique de (03. et 0.54 dS/m) respectivement pour le sol irrigué et non irrigué.

Les autres stations enregistrent de CE de (2.19 et 1.48 dS/m), (2.19 et 1.48 dS/m, 1.97) , (1.94 et 11.83 dS/m) , (1.28 et 2.18 dS/m) et (2.15 et 2.18 dS/m) respectivement pour le sol irrigué et non irrigué de la station de Trifaoui, Robbah , Bayadha, Hassi Khalifa et d'Oued El Alenda.



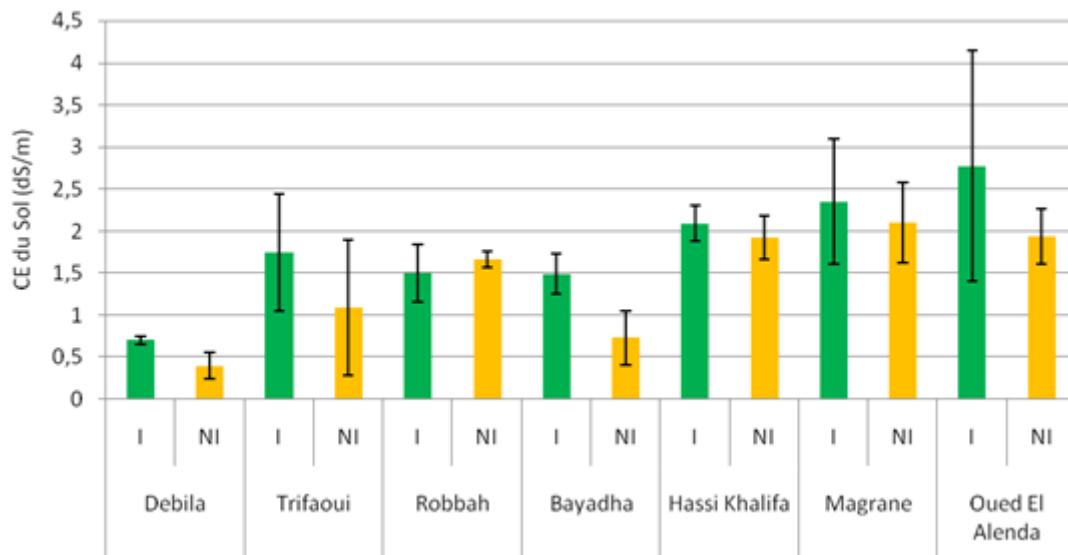
**Figure 08** : Valeurs moyenne de la conductivité électrique du sol de l'extrait 1/2.5 au niveau des 07 stations de l'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)

### 1.3 Conductivité électrique du sol de l'extrait 1/5

Les résultats de mesure de la conductivité électrique du sol de l'extrait 1/5 au niveau des 07 stations de d'étude sont présentés dans la figure 09. Les résultats obtenus montrent que pour l'extrait 1/5, la valeur de la conductivité électrique la plus élevée a été enregistrée dans le sol irrigué de la station d' Oued El Alinda (3.52dS/m) ,

Alors que, la valeur la plus faible a été enregistrée dans le sol irrigué de la zone de Debila, soit une CE de 0.71 dS/m, Alors la plus faible conductivité a été enregistrée au niveau du sol non irrigué de la même station.

Les autres stations enregistrent des CE de Magrane avec une CE de(2.10 dS/m ) respectivement pour la station de 2.10 et la plus faible valeur a été enregistrée dans le sol de la station de Debila (0.4 dS/m).

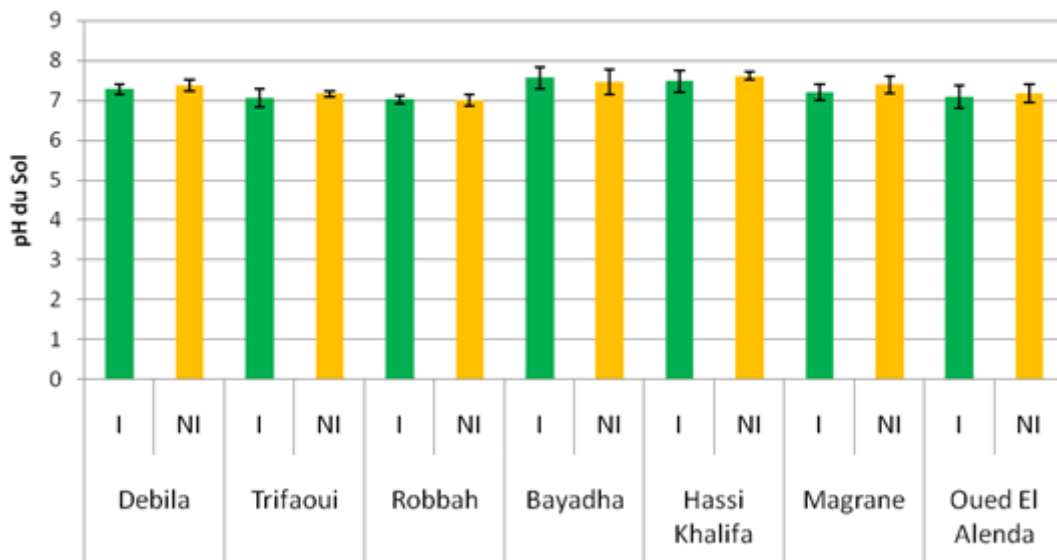


**Figure 09:** Valeurs moyenne de la conductivité électrique du sol de l'extrait 1/5 au niveau des 07 stations d'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)

## 2. Le potentiel hydrogène (pH) du sol au niveau des 07 station de l'étude :

### 2.1 Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 1/1

Les résultats de mesure du pH du sol de l'extrait 1/1 au niveau des 07 zones d'étude sont présentés dans la figure 10.



**Figure 10:** Valeurs moyenne de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 1/1 au niveau des 07 stations d'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)

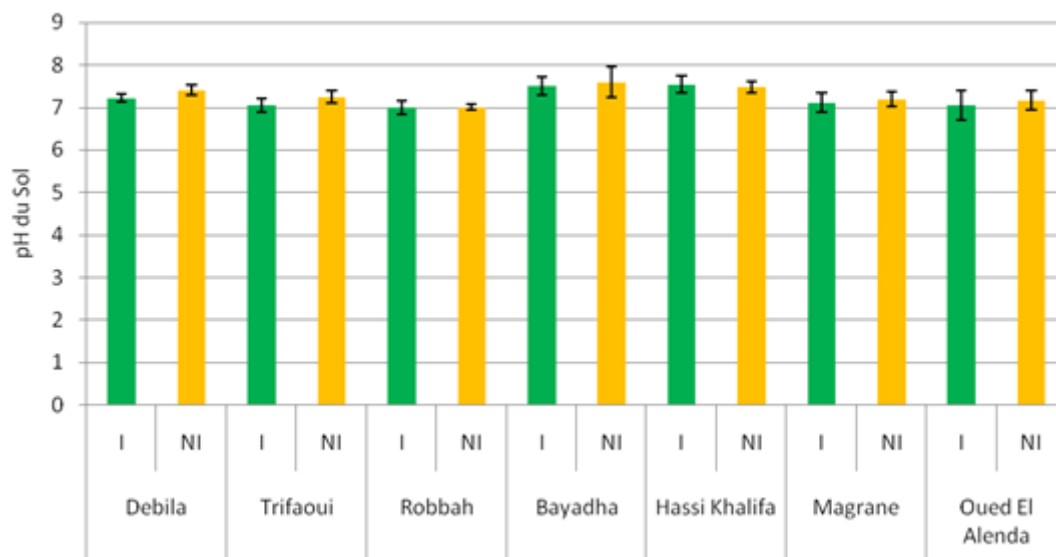
Dans les zones irriguées, les résultats obtenus montrent que le pH varie entre une valeur maximale de 7.56 enregistrée dans la zone de Bayadha et une valeur minimale de 7.02 enregistrée dans la région de Robbah.

Les autres stations enregistrent des valeurs de 7.06; 7.20; 7.48; 7.08 et 7.28 respectivement pour les zones de Trifaoui, Magrane, Hassi Khalifa, Oued El Alenda et Debila.

Quant à le pH dans les zones non irriguées, les résultats varient entre une valeur maximale de l'ordre de 7.60 enregistrée dans la zone de Hassi Khalifa et une valeur minimale de l'ordre de 7.01 enregistrée dans la zone de Robbah. Les autres zones enregistrent des valeurs du pH de 7,16 ; 7,39; 7,46; 7,17 et 7,38 respectivement pour les zones de Trifaoui, Magrane, Bayadha, Oued El Alenda et Debila.

## 2.2 Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 2/5

Les résultats de mesure du pH du sol de l'extrait 2/5 au niveau des 14 zones d'étude sont présentés dans la figure 11.



**Figure 11:** Valeurs moyennes de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait 2/5 au niveau des 14 stations d'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)



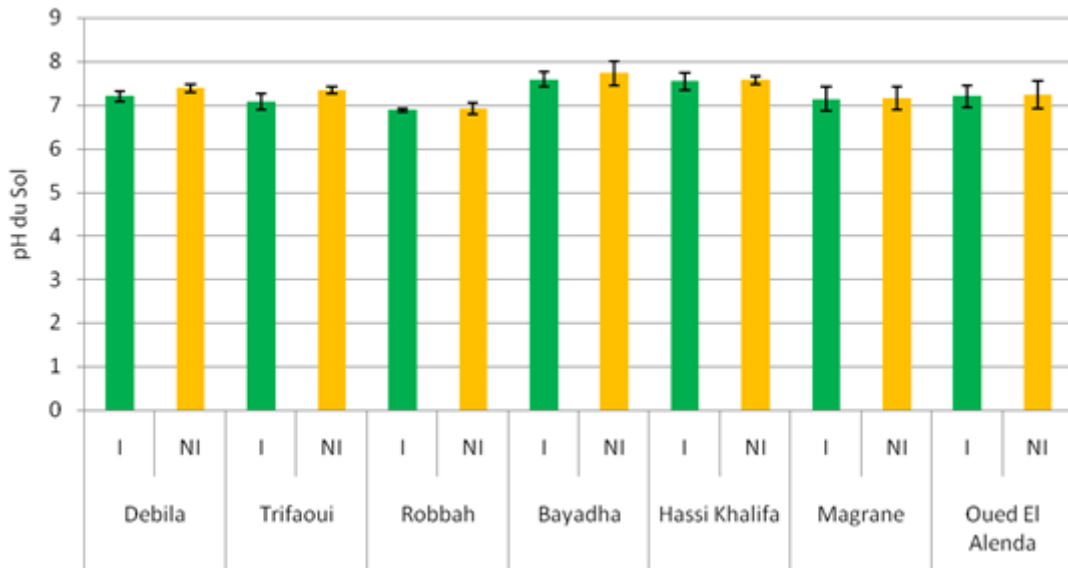
Dans les zones irriguées, les résultats obtenus montrent que le pH varie entre une valeur maximale de 7.54 enregistrée dans la zone de Hassi Khalifa et une valeur minimale de 6.99 enregistrée dans la région de Robbah.

Les autres zones enregistrent des valeurs de 7.05; 7.12; 7.50; 7.06 et 7.22 respectivement pour les zone de Trifaoui, Magrane, Bayadha, Oued El Alenda et Debila.

Quant à le pH dans les zones non irriguées, les résultats varie entre une valeur maximale de l'ordre de de 7.60 enregistrée dans la zone de Bayadhaet une valeur minimale de l'ordre de de 7.01 enregistrée dans la zone de Robbah. Les autres zones enregistrent des valeurs du pH de 7,25 ; 7,19; 7,48; 7,17 et 7,41 respectivement pour les zones de Trifaoui, Magrane, Hassi Khalifa,Oued El Alenda et Debila.

**2.3. Le potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait1/5**

Les résultats de mesure du pH du sol de l'extrait1/5 au niveau des 07 zones d'étude sont présentés dans la figure 12.



**Figure 12:** Valeurs moyenne de potentiel hydrogène (pH) du sol de l'extrait1/5 au niveau des 07 stations d'étude. (I: sol irriguée ; NI: sol non irriguée)

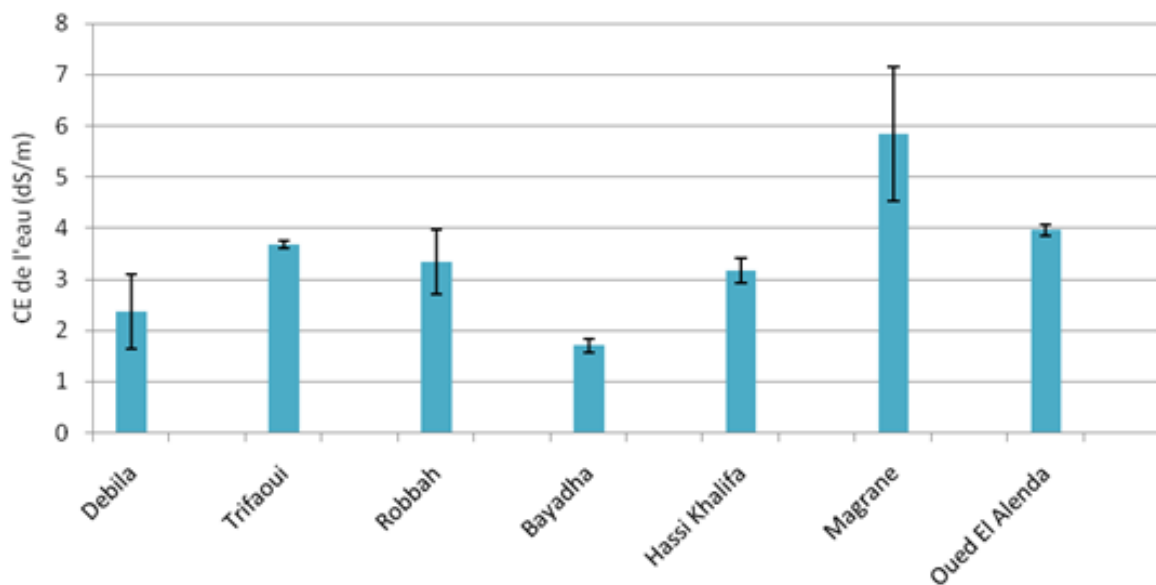
Dans les zones irriguées, les résultats obtenus montrent que le pH varie entre une valeur maximale de 7.59 enregistrée dans la zone de Bayadha et une valeur minimale de 6.88 enregistrée dans la région de Robbah.

Les autres zones enregistrent des valeurs de 7.07; 7.14; 7.20; 7.55 et 7.20 respectivement pour les zone de Trifaoui, Magrane, Oued El Alenda, Hassi Khalifa et Debila.

Quant à le pH dans les zones non irriguées, les résultats varie entre une valeur maximale de l'ordre de de 7.73 enregistrée dans la zone de Bayadha et une valeur minimale de l'ordre de de 6.91 enregistrée dans la zone de Robbah. Les autres zones enregistrent des valeurs du pH de 7,34 ; 7,16; 7,24; 7,57 et 7,38 respectivement pour les zones de Trifaoui, Magrane, Oued El Alenda, Hassi Khalifa et Debila.

### 3. La conductivité électrique de l'eau d'irrigation:

Les résultats de la mesure de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation au niveau des 07 zones d'étude sont illustrés dans la figure 13 .



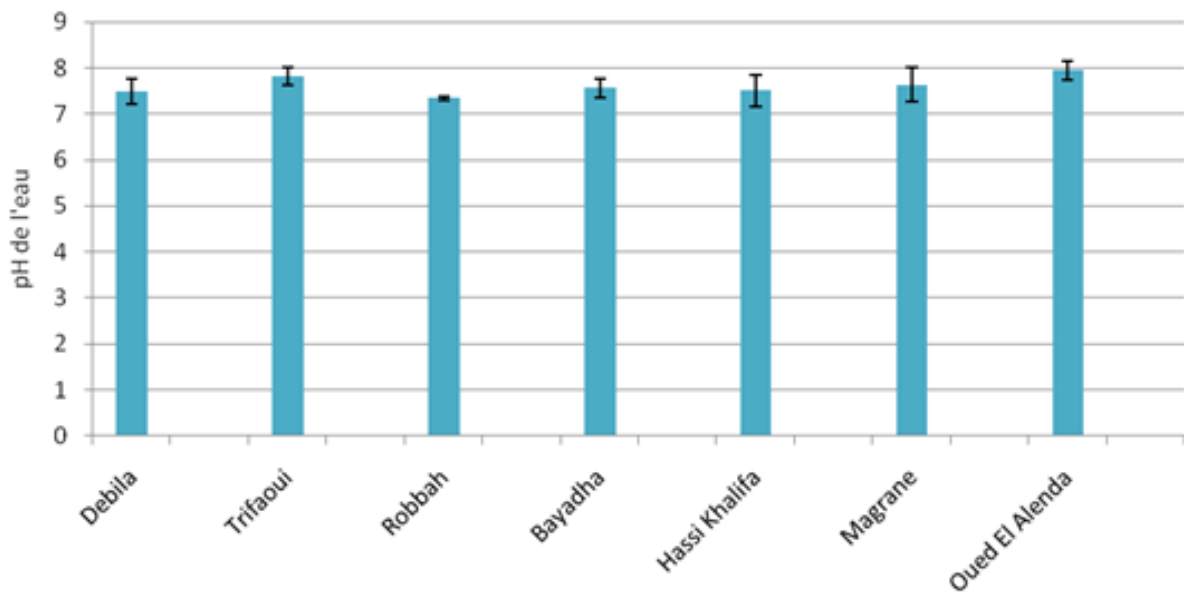
**Figure 13:** Valeurs de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations de l'étude.

La conductivité électrique de l'eau d'irrigation varie entre une valeur maximale enregistrée dans la zone de Magrane avec une valeur de 5.84 dS/m et une valeur minimale enregistrée dans la zone de Bayadha avec une valeur de 1.70 dS/m

Les autres régions enregistrent des conductivités électriques intermédiaires de l'ordre de 3.68 ; 2.36 ; 3.34 ; 3.16 ; 3.96 dS/m respectivement pour la station de zone de Trifaoui, Debila, Robbah, Hassi Khalifa et Oued El Alenda.

#### 4. Le potentiel hydrogène (pH) de l'eau d'irrigation :

Les résultats de la mesure de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations d'étude sont présentés dans la figure 14.



**Figure 14:** Valeurs de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations d'étude.

Le pH de l'eau d'irrigation varie entre une valeur maximale enregistrée dans la zone de Oued El Alenda avec une valeur de 7.95dS/m et une valeur minimale enregistrée dans la zone de Robbah avec une valeur de 7.34dS/m.

Les autres régions enregistrent des valeurs du pH de 7.81; 7.63; 7.56; 7.50 et 7.49 respectivement pour la station de Trifaoui, Megrane, Bayadha, Hassi Khalifa et Debila.

## Discussion

La forte salinité enregistrée dans les zones arides résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie à cause du climat aride qui caractérise les régions d'étude. Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les principaux facteurs qui contribuent à la forte salinité à l'extension de processus de salinisation des sols dans ces régions (**Daoud et Halitim, 1994 ; Djili et al., 2003**). En fait, les huit régions appartiennent à l'étage bioclimatique saharien avec un indice d'aridité élevé.

Selon **Messekher (2010)**, les eaux de la nappe phréatique du Souf sont caractérisées par une minéralisation très élevée. Les faciès chimiques prédominants sont sulfatés à chlorurés sodiques, typiques des régions évaporitiques et sont répartis d'une manière diffuse à travers toute

L'utilisation accrue et incontrôlée des eaux du CT, plus particulièrement dans le secteur agricole, dépasse de loin les normes de l'apport d'eau par hectare (**DSA, 2013**).

Les résultats obtenus de notre étude montrent une certaine proportionnalité entre la salinité de l'eau et celle de l'irrigation dans la plupart des stations étudiées notamment à Magrane et Oued Aldanda, ce qui nous permet de d'attribuer l'influence de la salinité de l'eau d'irrigation sur la salinité du sol et de penser à l'origine secondaire de la salinité dans ces régions.

La forte salinité du sol et de l'eau d'irrigation enregistrée notamment à Magrane et Oued EL alanda peut être due à l'extension de l'agriculture irriguée, à la forte concentration des eaux souterraines en sels et probablement au recours à la ferti-irrigation dans ces stations .

En revanche, la faible salinité enregistrée dans la station de Debila et El Bayadha au niveau du sol et de l'eau d'irrigation peut être justifiée par la nature la faible activité agricole à leur niveaux.

Par ailleurs, le pH révèle une réaction neutre à légèrement basique du sol au niveau presque toutes les stations étudiées.

Bien que, le recours à l'irrigation par des eaux chargées en sels a de graves conséquences sur les plantes ; l'activité agricole dans les régions sahariennes n'est possible qu'avec ce type d'irrigation.

Il nous semble que des mesures de lutte contre la salinisation doivent être entreprendre en particulier le lessivage des sels solubles accumulés au cours de la saison, c'est une opération indispensable pour commencer la saison prochaine des cultures car les sels accumulés constituent un danger pour les nouvelles culture s'ils ne sont pas lessivés d'avance (**Ayers et Westcot, 1985; Sharma et Munhas, 2003**).

Il nous semble que des mesures de lutte contre la salinisation doivent être entreprendre en particulier le lessivage et le drainage des sels solubles accumulés au cours de la saison, c'est une opération indispensable pour commencer la saison prochaine des cultures car les sels accumulés constituent un danger pour les nouvelles cultures s'ils ne sont pas lessivés d'avance (**Ayers et Westcot, 1985; Sharma et Munhas, 2003**).

## Conclusion

Notre travail expérimental a été basé sur la détermination de la conductivité électrique dans les extraits dilués de (1/1, 1/2,5, 1/5), et celle l'eau d'irrigation au niveau des 07 stations dans la région de Oued Souf .

Les résultats obtenus ont indiqué que la conductivité électrique du sol irrigué la plus élevée a été enregistrée dans la région de magrane dans l'extrait le moins dilué (extrait 1/1), 5.29 dS/m, alors au la plus faible a été dans la staion de Debila 1.78 dS/m .

Pour le sol non irrigué la CE plus élevée a été enregistrée dans la station de oued al alanda 3.11 dS/m et la plus faible station de Debila 0.91dS/m.

Quant à la CE de l'eau d'irrigation la plus élevée a été enregistrée dans l'eau de la station de magrane 5. 84 dS/m et la plus faible dans l'eau d'irrigation de la station de Bayadha 1.7dS/m.

La concentration des sels dans les sols et dans l'eau sont actuellement considérées comme des menaces pour la durabilité de l'agriculture dans les régions arides.

De ce fait, l'agriculture durable en milieu aride ne peut être possible que si on maîtrise la gestion de l'eau et du sol. Le suivi de l'évolution des sols sous irrigation apparaît indispensable pour garantir une agriculture irriguée rentable et durable dans la région aride.

Les résultats obtenus de la salinité de sol et celle de l'eau d'irrigation montrent l'origine secondaire de la salinité du sol au niveau de la plupart des régions étudiées notamment la région de Magrane et Oued El alanda, ce qui est liée notamment à la qualité trop minéralisée de l'eau utilisée pour l'irrigation dans ces régions.

L'eau à forte concentration en sels peut être utilisée en irrigation, si des pratiques de gestion adéquates sont appliquées (bonne choix de système d'irrigation, bon drainage, lessivage adéquat, fertilisation organique et minérale bien maitrisée et fractionnée, choix de variétés des plantes résistantes).

### Recommandations et perspectives

Les points suivants synthétisent les principales solutions pour résoudre le problème de salinité du sol liée à l'irrigation :

- ✓ Mise au point des méthodes d'irrigation, et pilotage et prévoir un calendrier prévisionnel d'irrigation en fonction de la demande climatique, de la qualité des eaux, des types de sols, des cultures et des stades de développement. Tenant compte les potentialités hydriques de la région aride ;
- ✓ Maitriser la dose de lessivage ; L'irrigation des sols salés nécessite en plus de l'eau apportée aux cultures, un volume excédentaire permettant de lessiver les sels en profondeur. La détermination de la dose de lessivage est fonction de plusieurs paramètres, dont la nécessité d'une étude pour la définir.
- ✓ Utilisation de modèles de simulation mathématiques pour une gestion efficace de l'irrigation par les eaux salées, avec contrôle de la salinité des sols et des rendements des cultures.
- ✓ La tolérance des plantes cultivées vis-à-vis de la salinité varie largement en fonction de l'espèce, de la variété, du stade végétatif et des facteurs liés au milieu. Néanmoins l'historique de la région et le choix stratégique du pays doivent être orienter vers le choix des variétés adaptées à la salinité.

## Référence bibliographique

**AFNOR (1981)** Norme expérimentale X 31-102 : *Qualité des sols : détermination de l'humidité résiduelle d'échantillons de sols préparés pour analyse*. Edition Afnor, Paris

**Álvarez, S., & Sánchez-Blanco, M. J. (2015)**. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. *Journal of plant physiology*, 185, 65-74.

**ANRH, (2009)**. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Direction Régionale SudOuargla. Rapports et campagne des mesures

**Ashraf M., Harris. (2004)**. Potentialbiochemicalindicators of salinitytolerance inplants.Plant Science. 166:3-6.

**Aubert G, (1978)**. Méthode d'analyse des sols. C.R.D.P., Marseille, 546p

**Aubert, G., (1976)**. Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp: 185-196

**Ayers R.S. et Westcot D.W. (1985)** - La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, n° 29, Édit. FAO, Rome, 174 p  
**DOUAOUI A. et HARTANI. T. (2007)** - Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. Actes du troisième atelier régional SIRMA (Nabeul, Tunis), CD-Rom, Édit. CIRAD, Montpellier, 5 p

**Barbouchi, Meriem, Lhissou, Rachid, Chokmani, Karem, Abdelfattah, Riadh, El Harti, Abderrazak et Ben Aissa, Nadhira (2013)**. Caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie radar satellitaire: cas de la Tunisie et du Maroc. Rapport de recherche (R1480). INRS, Centre Eau Terre Environnement, Québec.

**Belmebrouk A., (2019)**. La variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El Barka région de In-Salah ,Mémoire Master Acadimique.Université .Ouargla ,pp 05\_8

**Benhdid H. et Harrouz N., (2009)**. Contribution à l'étude de la performanced'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla). Mémoire Ing, UniversitéOuargla, 124 p.

**Benzahi Y., (1994)**. contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué souspalmeraie. Thèse Ing. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 111 p.

**Bouchemal Fatoume, (2017)**. Diagnostique de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra, Thèse doctorat,Université Biskra pp1



**Bouselsal, B et Kherici, N. (2014).** Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (Sud-Est Algérie). *AfriqueScience*, Vol.10, N°3, 1 septembre 2014.

**Cappuyns V., Swennen R. & Verhulst J. (2004),** Assessment of acid neutralizing and potential mobilisation of trace metals from land disposed dredged sediments. *Science of the Total Environment*, p 333 :p233-247.

**Castany G., (1982)** Principe et méthodes de l'hydrologie. Ed. C.N.R.S. 2eme Ed. Paris, 622 Pages.

**Chandra S., Joshi H.C., Pathak H., Jain M.C. et Kalra N. (2002).** Effect of potassium salts and distillery effluent on carbon mineralization in soil. *BioresourceTechnology*, **83** : 255-257.

**Cherbu Y., (1991).** Les sols salés et leur réhabilitation .Etude bibliographique. p124.

**Côte M., (1998).** Des oasis malades de trop d'eau. *Sécheresse*, 9: 123-130.

**Dajoz R., (1971).** Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris, 434 P.

**Dajoz R., (1982).** Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503p..

**Daoud Y., Halitim A., (1994).** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse DE HOUCHE Radia & GHERBI Zohra., 2013\_Caractérisation pédologique des sols de la station De STEP (Said-Otba Ouargla).mémoire master .Université .Ouargla pp15

**Diba, M. (1995).** Analyse comparée de deux méthodes d'évaluation de la répartition spatiale de la salinité des sols: la pâte saturée (méthode de référence), la conductivimétrie électromagnétique. Ph.D. Thesis, Mémoire d'Ingénieur, Dakar, Senegal.

**Dioumacor, et al. (2016).** Germination, growth and physiological responses of *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Hurter and *Prosopis juliflora* (Swartz) DC to salinity stress in greenhouse conditions." *African Journal of Biotechnology* 15.37 (2016): 2017-2027.

**Djili K., Daoud Y., Touaf L., (2003).** La salinisation et la sodisation des sols d'Algérie. Congrès scientifique sur l'apport de la recherche scientifique et des nouvelles technologies dans le développement et la mise en valeur des régions arides et semi-aride climat. 2-3 octobre. El-Oued, 9 p.

**Douaïk A., (2005).** Evaluation of the space-time variability of soil salinity :By statistical, geostatistical, and bayesian maximum entropy methods. Doctor (Ph.D.) thèses, Université Gent, 211 p. de Belfar Nassima et Boubaaya Ratiba mémoire de master Etude de la relation entre deux méthodes de mesure de la salinité des sols : \_à Application sur les sols de Sebket Melloul (Wilaya de Sétif).

**Duchaufour P. (1977).** Pédogénèse et Classification, Paris Masson, 496 p.,

- Durand J. H., (1958).** Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p.
- FAO, (2006).** World Reference Base for Soil Resources 2006: A framework for international classification, correlation and communication. Rome, 128 p.
- FAO., (2006).** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégies de réhabilitation. Organisée et coordonnée par Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage, du 6 février au 6 Mars 2006. 12p.
- Faurie C., Ferrera C. et Medori P., (1980).** Ecologie. Ed. Baillière, Paris, 168p.
- Greenway, H. and Munns, R. (1980)** Mechanisms of Salt Tolerance in Non-Halophytes. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 31, 149-190.
- Guevara-Riban A. Sahuquillo. A., Rubio. R & Rauret. G, (2004).** «Assessment of mobility in dredged harbour sediments from Barcelona », Spain. Science of the Total Environment, p321: 241-255p
- Hachicha, M., (2007).** Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. Sécheresse 18 (1), pp. 45-50.
- Haj Najib Bassel, (2007).** Gestion optimale de l'utilisation de l'eau douce et salée pour l'irrigation, thèse doctorat, UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE, N° d'ordre : 4151pp 21\_22.
- Halitim A., (1973).** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3ème cycle. Univ de Rennes, 176 p.
- Halitim A., (1988).** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
- Halitim, A. (1994).** Irrigation and Salinization in the Algerian Sahara. Sécheresse, 5, 151-160p.
- Halitim, A. (2011).** Aridoculture et le développement durable. Algerian journal of arid environment 3 vol. 1, N° 1, Janvier: 3-9.
- INSID., (2008).** Caractérisation de l'état actuel de la salinité dans le périmètre irrigué de la Mina.
- IPTRID, (2006).** Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation, 12p.
- IRD, (2008).** Les dossiers thématiques de l'Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles. 21p
- Khadraoui A., (2005).** Eaux et Sols en Algérie (Gestion et impact sur l'environnement). Ed. EMPAC, Constantine, Algérie, 392p.

**Koll Naima, (2007).** effet de la matière organique sur les propriété physique et chimique des sols sableux de région de Ouargla, mémoire magister ,université Ouargla Disponible en [https://www.memoireonline.com/03/11/4331/m\\_Effet-de-la-matiere-organique-sur-les-proprietes-physiques-et-chimiques-des-sols-sableux-de-la-r14.html](https://www.memoireonline.com/03/11/4331/m_Effet-de-la-matiere-organique-sur-les-proprietes-physiques-et-chimiques-des-sols-sableux-de-la-r14.html) consulté en 18/09/2020.

**Lahlou M., (2002).** Elaboration et validation de deux modèles de simulation du mouvement des sels dans les sols irrigués. Thèse de Doctorat. 205p, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

**Lakhdhar, A., Hafsi, C., Rabhi, M., Debez, A., Montemurro, F., Abdelly, Jedidi N., & Ouerghi, Z. (2008).** Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeummaritimum* L. *Bioresource technology*, 99(15), 7160-7167.

**Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., et al. (1995).** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4, 263-273p.

**Madani D. (2007).** Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques Mem Magistère Univ de Batna. Algérie, 119 p.

**Marlet S et Job J, (2006),** Processus et gestion de la salinité des sols. In : Tiercelin Jean-Robert (ed.), Vidal Alain (ed.).Traité d'irrigation. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 02p.

**Mathieu C et Pieltain F., (2009).** Analyse chimique des sols: méthodes choisies. 2éme édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. 317 p.

**Meziani A., Meziani S., Dridi H. et Kalla M., (2008)** La remontée des eaux profondes dans le Souf- Sahara algérien: Conséquence de la mauvaise gestion des ressources en eaux souterraines. Les premières journées d'étude sur la remontée des eaux dans la région d'El Oued, the groundwater rise and environment, 20 – 21 Avril, 2008, Dép. d'hydraulique, Centre Univ. El Oued, p.17.

**Mustapha Youcefi., (2011).** Étude de l'impact de l'hydro-halomorphie des solssur la biogéographie des hydro-halophytes dans la cuvette de Ouargla, Mémoire Magister.Université.Ouargla 3\_4p

**Nadjah A, (1971).** Le Souf des oasis. Edit la maison du livre. Alger. 1971. 174p.

**Noumen, Robert (2011).** La Coopérative Importée : historicité, contraintes, projet, pratiques et déconvenues. Montréal, Éditions de la Recherche.

**Oustani M, (2006),** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions sahariennes

**Ozenda P., (1983).** Flore du Sahara. Ed. Centre National des Recherches Scientifiques, Paris. 39 p.

**Ramade F., (2003)** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Dunod France, 217 Pages.

Référence Electronique : WWW.Google earth 2022.com.

**Richards L.A., (1954)**, Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils, United States Salinity Laboratory Staff, Agricultural handbook N° 60, United States Department of Agriculture, 160p.

**Ruellan, A., Blanchart, É., Brauman, A., Grimaldi, M., Grünberger, O., Barbiero, L., Chaplot, V., Olivier, M., Bernoux, M. (2008)**. Les sols, des milieux vivants très fragiles, les dossiers thématiques de l'IRD. 21 pages

**Saibi H., (2003)**. Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée du Souf et impact sur l'environnement, région arides à semi arides d'El-Oued. Mémoire magister univ. Houari Boumediene. 160 p.

**Servant J.M, (1970)**. Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols sales de la région méditerranéenne Française. Ann de l'I.N.A., El Harrach, Vol.VI.

**Snoussi S.A. et Halitim A., (1998)**. Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées : cas de la tomate et du haricot. Etude et Gestion des sols, 5, 4, pp. 289-298.

**Soffih Mohamed., (2017)** contribution au diagnostic de l'état de salinisation des sols de la plaine d'el hmadna ,Mémoire. Master Académique. Université. Mostaganem pp23\_43.

**Soltner D., (1989)** Les bases de la production végétale. Le sol. Ed. Angers, 468 p.

**Source, Serge Malet et Jean, (2006)** Processus et gestion de la salinité des sols ,in book: Traité d'irrigation Edition: Seconde édition Chapter: Processus et gestion de la salinité des sols Publisher: Tec & Doc Lavoisier.

**Stéphane Follain, ElenBless, François Colin, Xavier Le Clanche, Armand Crabit, Nicolas Devaux, Olivier Philippon ., (2016)** Dépérissements et salinité des sols diagnostic et action de lutte en zone littorale

**Stewart P., (1969)** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. T. 59, 24 – 25

**Tack F. M., Callewaert O. W. J. J. & Verloo M. G., (1996)**. Metalsolubility as a function of ph in a contaminated dredged sediment affected by oxidation. Environmental Pollution, 91(2) : 199-208

**Tahraoui, (2015)**. Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordium vulgare*) et le blé dur (*Triticum durum*), mémoire magister université Biskra pp150.

**Toutain G, (1979).** Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement Marrakech, 276 p.

**USSL Staff (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No 60 Washington DC, USA, 160 pp

**Vandecasteele B., De Vos B. & Tack F. M. G., (2002).** Heavy metal contents in surface soils along the Upper Scheldt river (Belgium

**VOISIN R, (2004).** Le Souf monographie, Edit El Walid. 319p.

**Wang L., Sun X., Li T.S., Zhang W. Etzhai P. (2014).** Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: effects on soil physical and chemical properties and tree growth. *PLoS ONE*, **9** (2): e89185.

## Résumé

La présente étude vise en premier temps à déterminer la conductivité électrique de sol et celle de l'eau d'irrigation dans Sept stations (Debila , Trifaoui, Roubah, Oued el Alanda, Magrane , Bayadha , Hassi khalifa ) situées dans la région d'Oued Souf au Sahara Algérien, et en deuxième temps à mettre en évidence l'influence de la salinité de l'eau de l'irrigation sur la salinisation du sol. Pour ce faire, la conductivité électrique du sol (extraits dilués 1/1,1/2.5 et 1/5) et celle de l'eau d'irrigation ont été mesurées dans le sol irrigué et non irrigué au niveau de chaque station. Les résultats obtenus ont indiqué que la conductivité électrique du sol de l'extrait le plus concentré (1/1) la plus élevée a été enregistrée dans la station de magrane (5.29 dS/m), alors que la plus faible a été enregistrée dans la région de Debila (1.78 dS/m). Quant à la conductivité de l'eau d'irrigation, la conductivité la plus élevée a été enregistrée toujours dans la station de magrane (5.84 dS/m), alors que la plus faible a été enregistrée dans la station de bayadha (1.7dS/m). L'ensemble des résultats obtenus montrent l'influence de l'eau d'irrigation sur l'augmentation de la salinisation du sol dans la plupart des stations étudiées.

**Mot clés :** Conductivité électrique, Extrait dilué, Sol, Eau d'irrigation, Sahara Algérien.

## Summary

The present study aims firstly to determine the electrical conductivity of the soil and that of the irrigation water in seven stations (Debila, Trifaoui, Roubah, Oued el Alanda, Magrane, Bayadha, Hassi khalifa) located in the Oued Souf region in the Algerian Sahara, and secondly to highlight the influence of irrigation water salinity on soil salinization. For that, the electrical conductivity of the soil (extracts diluted 1/1,2/5 and 1/5) and that of the irrigation water were measured in the irrigated and non-irrigated soil at each station. The results obtained indicated that the electrical conductivity of the soil of the most concentrated extract (1/1) the highest was recorded in the magrane station (5.29 dS/m), while the lowest was recorded in the Debila region (1.78 dS/m). As for the conductivity of irrigation water, the highest conductivity was still recorded in the magrane station (5.84 dS/m), while the lowest was recorded in the bayadha station (1.7dS/ m). All the results obtained show the influence of irrigation water on the increase in soil salinization in most of the stations studied.

**.Keywords :** Electrical conductivity, Diluted extract, Soil, Irrigation water, Algerian Sahara

## ملخص

تهدف هذه الدراسة أولاً إلى تحديد درجة ملوحة التربة ومياه الري في سبع محطات واقعة في منطقة وادي سوف في صحراء الجزائر تتمثل هذه المحطات في: الدبيلة ، الطريفواوي ، الرياح، وادي العلنده ، المقرن، البيضاء ، حاسي خليفة. وثانياً لإبراز تأثير ملوحة مياه الري على تملح التربة. للقيام بذلك تم قياس الناقلية الكهربائية للتربة (المستخلص المخفف 1/1، 5/2 و 5/1) وكذا الناقلية الكهربائية الخاصة بمياه الري في التربة المسقية وغير مسقية في كل محطة. أشارت النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الناقلية الكهربائية للتربة للمستخلص الأكثر تركيزاً (1/1) سجلت أعلى مستوى في محطة المقرن (5.29 ديسي سيمنز / م) ، بينما سجلت أقل الموصلية في منطقة الدبيلة (1.78 ديسي سيمنز / م). أما بالنسبة لمياه الري ، فقد سجلت أعلى موصلية في محطة المقرن (5.84 ديسي سيمنز / م) ، بينما سجلت أقل موصلية في محطة البيضاء (1.7 ديس / م). أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها تأثير مياه الري على زيادة تملح التربة في معظم المحطات المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** التوصيل الكهربائي، المستخلص المخفف ، التربة ، مياه الري ، الصحراء الجزائرية.