

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Agronomiques**



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la vie

**Filière** : Science agronomique

**Spécialité** : protection de la ressource Sol Eaux Environnement

**Présenté par** : - FAZZAI Ilham

-

- SAIDAT Afaf

-

**Thème**

**l'amélioration de la qualité de l'eau et l'effet du mélange eau salée et eau non salée sur les propriétés physique du sol de la région de Ouargla**

-

Le : **26/06/2023**

Devant le jury

M.	KARABI	Mokhtar	MCA	Présidente	UKM Ouargla
M.	SEGGAI	Med Mounir	MCA	Examineur	UKM Ouargla
Melle	BEN BESSIS	Yamina	MCB	Encadreur	UKM Ouargla

**Année Universitaire : 2022 / 2023**

## Remerciement

Le remerciement s'adresse, en premier lieu, au Dieu le tout puissant de m'avoir guidé au bon sens, de m'avoir donné la patience et la volonté pour réaliser ce travail.

J'adresse mes remerciements tout d'abord à mon encadreur, **Ben Bessis Yamina** pour les conseils et les précieuses informations que vous nous avez fournies et qui ont contribué à l'éloge du sujet de notre étude dans ses différents aspects.

Nos sincères remerciements vont également au **Dr. Karabi Mokhtar** pour l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté d'être Président du jury de cette mémoire.

Nous tenons à remercier également **Dr. Seggai Med Mounir**, d'avoir accepté de participer à la commission d'examen de ce travail.

Nous tenons également à remercier le personnel du laboratoire des travaux publics Sud Ouargla, pour ses précieux conseils tout au long de notre travail pratique. Merci pour votre bonne humeur.

Nous remercions les plus vifs à nos enseignants de l'Université de Kasdi Merbah Ouargla

Enfin, nous tenons à remercier nos familles et nos amis pour leur soutien et leurs encouragements continus tout au long de notre travail sur cette mémoire.

## Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père *Remdane*

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère *Fatima*

A mes *frères* et mes *sœurs* qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

Ma collègue : *Afaf*

A mes chères amies : *Soundes, Nesrine , Messouda*

*Ilham*

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Les deux personnes, les plus chers au monde que Je ne  
remercierais jamais assez : leurs aides, l'encouragement,  
Soutiens, sacrifices et leur patience pendant toute ma vie

A ma chère Mère *Samia*

A mon Père *Abd el kader*

A mes *frères* et ma *sœur*

Ma collègue : *Ilham*

A mes chères amies : *Soundes, Nesrine , Messouda*

À tous les gens m'aiment

*Afaf*

## *Liste des abréviations*

<b>CE</b>	Conductivité Electrique
<b>USSL</b>	United States Salinity Laboratory
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization
<b>TDS</b>	Total des sels dissous
<b>SAR</b>	sodium absorption ratio
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisations
<b>LTPS</b>	Laboratoire Travaux Publics - Ouargla –
<b>ENS</b>	l'Ecole Supérieure des Enseignants Ouargla

## *Liste des tableaux*

TABLEAU 1 :QUALITE PHYSICOCHIMIQUE DU SOL UTILISEE DANS L'EXPERIMENTATION : ..... 13

TABLEAU 2 :QUALITE PHYSICOCHIMIQUE DE L'EAU UTILISEE DANS L'EXPERIMENTATION : ..... 14

## *Liste des photos*

PHOTO 1 DISTILLATEUR SOLAIRE A PENTE UNIQUE.....5

PHOTO 2 BAC ABSORBANT..... 5

PHOTO 3 COUVERTURE (VERRE).....5

PHOTO 4 DISPOSITIF DE L'EXPERIMENTATION ..... 8

PHOTO 5 PREPARATION DES TRAITEMENTS DE L'EXPERIENCE ..... 8

## *Liste des figures*

FIGURE 1 :VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE MS/CM) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	15
FIGURE 4 VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE PH DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	16
FIGURE 2 : VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $Mg^{++}$ (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	18
FIGURE 3 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $Ca^{++}$ (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	19
FIGURE 11 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $K^{+}$ (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	20
FIGURE 5 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $NaCl\%$ DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	21
FIGURE 10 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE TDS (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	22
FIGURE 6 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $CaCO_3\%$ DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	23

FIGURE 7 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	25
FIGURE 8 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE SAR (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	26
FIGURE 9 VARIATION DE LA CONCENTRATION DE SAR (MG/L) DU SOL APRES 15 JOURS D'EXPERIMENTATION EN COMPARAISON AVEC LE SOL AVANT LA MISE EN EXPERIMENTATION A UN NIVEAU DE SIG P <0.05 (LES MEMES LETTRES REPRESENTE LA DIFFERENCE NON SIGNIFICATIVE) .....	27

# Table des matières

<b>1. CHAPITRE I: MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. MATERIEL.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 SOL UTILISE :.....	3
1.2.2 L'EAU UTILISEE : .....	3
1.2.2.1 Conception et montage des distillateurs solaires .....	4
1.2.2.2 Distillateur solaire à pente unique (ordinaire) .....	4
1.2.2.2.1 Bac absorbant :.....	4
1.2.2.2.2 Couverture (verre) : .....	4
<b>1.3. METHODES DE TRAVAIL .....</b>	<b>6</b>
1.3.1 REALISATION DE L'EXPERIMENTATION.....	6
1.3.1.1 Préparation des traitements de l'expérience .....	6
1.3.1.2 Calcul de la dose d'irrigation :.....	6
1.3.1.3 Dispositif expérimentale :.....	7
1.3.2 METHODES D'ANALYSES .....	9
1.3.2.1 Préparation des extraits du sol :.....	9
1.3.2.2 Les analyses physicochimiques du sol et de l'eau.....	9
1.3.2.2.1 Analyse granulométrique :.....	9
1.3.2.2.2 Mesure du pH: .....	9
1.3.2.2.3 Conductivité électrique :.....	9
1.3.2.2.4 Les sels totaux dissous (TDS) :.....	10
1.3.2.2.5 Dosage des cations et des anions solubles .....	10
1.3.2.2.6 Dosage de sodium (Na <sup>+</sup> ) et potassium (K <sup>+</sup> ).....	10
1.3.2.2.7 Dosage de Chlorures Cl <sup>-</sup> : .....	10
1.3.2.2.8 Dosage de magnésium (Mg <sup>++</sup> , Ca <sup>++</sup> ) :.....	10
1.3.2.2.9 Dosage du Sulfate et Gypse (CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O) .....	10
1.3.2.2.10 Le SAR (Sodium adsorption ratio) : .....	11
<b>2. CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. QUALITE DU SOL DE L'EXPERIMENTATION.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. QUALITE DE L'EAU DE L'EXPERIMENTATION :.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3. SUIVI DE LA VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....</b>	<b>14</b>



<b>.24</b>	<b>SUIVI DE LA VARIATION DU PH.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5.</b>	<b>SUIVI DE LA VARIATION DE LA MAGNESIUM.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.</b>	<b>SUIVI DE LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DE CALCIUM DU SOL .....</b>	<b>18</b>
<b>2.7.</b>	<b>VARIATION DE LA CONCENTRATION DE POTASSIUM DU SOL .....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.</b>	<b>SUIVI DE LA VARIATION DE LA CONCENTRATION DE NaCl .....</b>	<b>20</b>
<b>2.9.</b>	<b>EVOLUTIONS DES CONCENTRATIONS EN SELS TOTAUX DISSOUS (TDS).....</b>	<b>22</b>
<b>2.10.</b>	<b>LA VARIATION DE LA CONCENTRATION EN CALCAIRE .....</b>	<b>23</b>
<b>2.11.</b>	<b>LE SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA CONCENTRATION DE GYPSE .....</b>	<b>24</b>
<b>2.12.</b>	<b>VARIATION DE SAR DU SOL .....</b>	<b>25</b>
<b>2.13.</b>	<b>VARIATION DE PERMEABILITE : .....</b>	<b>27</b>
	<b><u>CONCLUSION.....</u></b>	<b><u>28</u></b>
	<b><u>RÉFÉRENCES .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
	<b><u>ANNEXE .....</u></b>	<b><u>34</u></b>



## Introduction

Le sol c'est une ressource limitée et non renouvelable, sa perte et sa dégradation ne peuvent être compensées au cours d'une vie humaine (FAO, 2015). Ils subissent une dégradation physique, chimique, naturelle et anthropique.

La salinité des sols est un problème mondial majeur en raison de son impact négatif sur l'environnement et la productivité agricole ainsi que la durabilité des agro-écosystèmes (Qadir *et al.*, 2000; Nezli *et al.*, 2007; Ouni *et al.*, 2013; Arora *et al.*, 2017). Les estimations mondiales actuelles révèlent une superficie d'un milliard d'hectares affectée à divers degrés de salinisation du sol (Shabbir *et al.*, 2013).

La salinisation des sols est l'un des problèmes environnementaux les plus importants au monde dans les régions arides et semi-arides en raison de ses effets néfastes sur la productivité agricole et le développement durable (Gorji *et al.*, 2015).

En effet, la salinisation peut entraîner des réductions de rendement de 10 à 25 % pour de nombreuses cultures et peut conduire à la désertification lorsqu'elle est sévère et rendre les terres incultivables (Zaman *et al.* 2018).

Les régions arides et semi-arides sont les zones qui souffrent le plus des problèmes de salinisation et sont caractérisées par une pénurie marquée d'eau d'irrigation de bonne qualité (Munns et Tester, 2008).

Dans les régions arides et semi-arides, l'irrigation est une nécessité incontournable pour assurer une production agricole stable et suffisante, l'irrigation aide à stabiliser et à augmenter la production agricole, bien que, selon Halilat (2004), les disponibilités en eau constituent la contrainte majeure pour l'agriculture dans l'Algérie et surtout dans ses régions arides. Etant donné que, dans les régions arides et semi-arides, les ressources en eau et en sol sont limitées et l'utilisation des eaux et des terres salées est de plus en plus imposée par des impératifs économiques (Touaf, Daoud et Djili, 2004). Bien que, son utilisation continue pose de sérieux risques pour l'environnement et, surtout la qualité des sols.

Dans la région de Ouargla, qui connaît une saison sèche prolongée tout au long de l'année, l'irrigation est cruciale pour assurer une production agricole suffisante. L'eau est une ressource vitale pour l'agriculture, et sa qualité joue un rôle essentiel dans la productivité et la santé des sols, Cette région a une disponibilité limitée d'eau douce, ce qui entraîne souvent l'utilisation d'eau salée pour irriguer les cultures. D'après Daoud et Halitim (1994), la majorité

des eaux d'irrigation du Sahara contiennent des quantités excessives de sels solubles. Les processus de dégradation des sols liés à l'eau d'irrigation comprennent la salinisation, l'alcalinisation et la sodisation. D'autre part, l'utilisation de l'eau salée devient une nécessité absolue en raison de la rareté ou de l'absence de ressources en eau douce dans ces régions.

Enfin, comme l'eau salée est souvent la seule eau disponible dans nos régions, il devient nécessaire d'accepter ses limitations et de l'utiliser sagement (Israelsen, 1965). Ce qui fait l'une des préoccupations les plus importantes dans le monde aujourd'hui la récupération de l'eau salée.

A cet effet, Il convient d'accorder une attention particulière à l'utilisation des sources d'énergie renouvelables (Selvaraj et Natarajan, 2017). L'énergie solaire, qui est abondamment accessible dans la région de l'Afrique plus spécifiquement dans les régions sahariennes, y compris le Sahara Algérien, peut être utilisée pour produire de l'eau non salée à faible coût. La distillation solaire offre une alternative durable à toutes les technologies de dessalement des eaux dépendantes des énergies non renouvelables (Nazari et al. 2019).

Cette recherche vise à étudier l'effet de l'eau salée et de l'eau non salée produite par la distillation solaire sur les propriétés physiques et chimiques du sol dans la région de Ouargla. L'objectif principal est de comprendre comment l'eau salée peut affecter la structure du sol et sa composition chimique et ses propriétés physique et d'identifier la meilleure qualité d'eau et la plus économique pour la préservation de la ressource non renouvelable le sol.

Cette étude comporte deux (02) chapitres :

Première chapitre : matériel et méthode

Deuxième chapitre : résultats obtenus

Enfin on terminera par une conclusion

## **1. Chapitre I: Matériel et méthodes**

### **1.1. Objectif de l'étude**

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'irrigation par une eau saline sur les propriétés physicochimique du sol agricole dans la région aride de Ouargla et de chercher les meilleures techniques et les plus économiques pour améliorer la qualité des eaux salines dans ces régions.

### **1.2. Matériel**

#### **1.2.1 Sol utilisé**

Dans cette étude, nous avons utilisé un sol agricole prélevé de la zone de Djenain et El- khzana de la Daira de N'goussa la Wilaya Ouargla. Nous avons choisi ces deux régions à cause de la qualité du sol qui contient les classes granulométriques fines qui sont les plus vulnérables à la salinisation.

Les échantillons du sol ont été prélevés à partir des 20 premiers centimètres de la surface, qui est la zone la plus active et la plus sensible à l'érosion et à la dégradation induite par l'irrigation.

#### **1.2.2 L'eau utilisée**

L'eau salée utilisée, c'est une eau provienne de la nappe phréatique de la zone de Djnain. L'eau a été prélevée après la réalisation d'une fosse de 150cm de profondeur. Pour déterminer la qualité de l'eau nous avons effectué des analyses physico-chimiques. Les analyses des eaux ont porté sur la conductivité électrique (CE), le pH, la concentration en éléments minéraux (cations et anions). Ces derniers sont utilisés pour déterminer le fasciées chimique et la qualité des eaux, avec le calcul du SAR.

L'eau non salée a été obtenue par une distillation solaire de l'eau salée à l'aide d'un distillateur solaire à pente unique (photo1)réaliser par l' équipe de recherche physique à ENS Ouargla composé par (Dr Slimani S., Dr. Souiquette A. et Dr. Korichi Z.), le montage de distillateur solaire est comme suit :

## 1.2.2.1 Conception et montage de distillateur solaire

Les distillateurs solaires que nous avons utilisés dans notre expérience sont :  
Distillateur solaire à pente unique (ordinaire)

Voici les principaux composants de ce distillateur solaire à pente unique sont les suivants:

### 1.2.2.1.1 Bac absorbant

Le lit absorbant peint en noir mat permet une absorption maximale du rayonnement solaire et transfère la chaleur produite par cette absorption à la saumure. Pour assurer l'isolation thermique du distillateur, il est construit en bois de 3 cm d'épaisseur (Photo 2)

### 1.2.2.1.2 Couverture (verre)

Afin d'assurer une bonne transmission du rayonnement, une bonne visibilité et un faible coût, la couverture est du verre ordinaire (Photo 3).

Le distillateur dispose d'un système de récupération d'eau distillée constituée de :

- Un canal : incliné d'un côté pour recueillir l'eau distillée et la diriger vers l'extérieur
- Un récipient gradué (chaque trace 25ml) : pour évaluer la quantité d'eau produite chaque heure
- Code et tuyau en PVC 15/21 : pour raccorder entre le canal et le récipient gradué.



*Photo 1 : Distillateur solaire à pente unique*

*Photo 2 : Bac absorbant*

*Photo 3 : Couverture (verre)*



## 1.3. Méthodes du travail

### 1.3.1 Réalisation de l'expérimentation

#### 1.3.1.1 Préparation des traitements de l'expérience

Pour comprendre l'effet de l'irrigation avec une eau salée sur les propriétés physicochimique du sol et de trouver la meilleure solution pour améliorer la qualité de l'eau d'irrigation, nous avons adopté quatre traitements avec des différentes concentrations en eau salée et eau dessalée par la distillation solaire. Nous avons mélangé l'eau salée et de l'eau dessalée comme suit :

T1 : 100% eau salée,

T2 : 75% eau salée +25% eau dessalée,

T3 : 50% eau salée+ 50% eau dessalée,

T4 :100% eau dessalée.

#### 1.3.1.2 Calcul de la dose d'irrigation

Nous préparons des récipients en plastique vides, pesant  $P_0$ , nous les percions à la base avec une aiguille, nous tamisons la terre, en suite, nous mettions dans chaque récipient la terre tamisée. Nous ajoutons de l'eau à chacun d'eux du robinet jusqu'à saturation. Pour s'assurer que le sol est complètement saturé, nous agitions les récipients avec une spatule. Nous les couvrons de papier d'aluminium (pour éviter l'évaporation de l'eau) et les laissons au laboratoire pendant 24 heures. Nous pesons  $P_1$  Puis nous les mettions à l'étuve pendant 48 heures à  $65\text{ C}^\circ$ , puis on pèse à nouveau pour obtenir  $P_2$  pour chaque récipient. En suite, nous calculons la capacité de rétention du sol:

**Capacité de Rétention :**

**CR :**  $(P_2 - P_1) - P_0 = 29.7\text{ g} \Rightarrow 29.7\text{ mL}$

**P0 :** Poids du récipient vide

**P1 :** poids humide

**P2 :** poids sec

**Capacité de Rétention de pot 2kg :**

$142.207\text{g} \longrightarrow 29.7\text{mL}$



$$2000\text{g} \longleftrightarrow \chi$$

$$\chi = 2000\text{g} \times 29.7\text{ml} \div 142.207\text{g}$$

$$\text{CR} = 417.7 \text{ ml} \approx 0.417 \text{ L}$$

### **La dose d'irrigation**

La dose d'irrigation correspond à le 1/3 de la capacité de rétention du sol 33.33% :

$$\text{CR}_{33.33\%} = (0.41 \times 33.33) \div 100 = 0.136 \text{ L} \implies 136 \text{ ml/ pot}$$

### **1.3.1.3 Dispositif expérimentale**

L'expérience a été réalisée sur un sol qui a été prélevé sur les 20 premiers centimètres de Djenain et El-Khazana Ouargla.

La mise en place de l'essai a été réalisée en février 2023, suivant un dispositif complètement aléatoire. L'expérimentation comprend quatre traitements (100% eaux salée, 75% eau salée, 50% eau salée et 100% eau non salée) et deux types des sols (Sol Djnain et sol El-Khezana). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque traitement. L'essai a été conduit sous des conditions semi-contrôlées sous abris dans des pots en PVC d'un volume de 2.5 litres, non perforés à la base pour assurer les conditions sans drainage et éviter la lixiviation des sels hors pots. Nous avons utilisé 24 pots, 12 pots utilisé pour le sol de Djnain et 12 pots pour le sol d'El-Khazana. Dans chaque pot nous avons utilisé 2kg du sol tamisé à 2mm. L'irrigation a été effectuée à raison de 140ml par pot une fois chaque deux jours. L'expérimentation a été durée 15jous (photo4 et 5).



**4 : Dispositif de l'expérience**

**Photo**



**Photo 5 : Préparation des traitements de l'expérience**

## 1.3.2 Méthodes d'analyses

### 1.3.2.1 Préparation des extraits du sol

Nous avons utilisé l'extrait dilué 1/5, l'extrait dilué a été préparé en ajoutant 100ml d'eau distillée au 20mg du sol tamisé ( $< 2$  mm) séché à l'air libre, puis, le mélange a été soumis à une agitation pendant 30 min, en suite, la suspension a été filtrée sur un papier filtre. Le filtra obtenu a servi pour la détermination de la salinité et le contenu en sels solubles du sol.

### 1.3.2.2 Les analyses physicochimiques du sol et de l'eau

Les analyses ont été réalisées au Laboratoire des Travaux Publics - Ouargla - (LTPS) et le laboratoire de l'Ecole Supérieure des Enseignants Ouargla (ENS).

#### 1.3.2.2.1 Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique du sol a été faite en basant sur la méthode de tamisage par voie humide selon la méthode XP P94-041 Dec, 1995 (AFNOR, 1995) pour déterminer les classes granulométriques grossières.

Cependant, pour la détermination des classes granulométriques fines (limon et argile), la méthode utilisée est basée sur la loi de STOCKES. Différents traitements chimiques préalables servent à obtenir une bonne dispersion des particules élémentaires. Un premier traitement assure la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, un deuxième assure la destruction du calcaire par HCl, ensuite une longue agitation dans l'eau suffit en présence d'un sel dispersant (hexaméta-phosphate de sodium). Après une sédimentation libre sous l'action de la gravité, les particules tombent avec des vitesses constantes, d'autant plus grandes qu'elles sont plus grosses. en utilisant un densimètre, des lectures successives de la variation de densité ont été prélevée servi à tracer la courbe de la granulométrie et donner la fraction de limon et d'argile(photo annexe).

#### 1.3.2.2.2 Mesure du pH

Il est mesuré par un pH-mètre sur échantillon d'eau directe et sur l'extrait dilué du sol/eau = 1/5, selon la norme (AFNOR, 1999)(photo annexe).

#### 1.3.2.2.3 Conductivité électrique

Elle est mesurée par un conductimètre sur échantillon d'eau directe et sur l'extrait dilué du sol/eau de 1/5, selon la norme (AFNOR, 1999)(photo annexe).

### 1.3.2.2.4 Les sels totaux dissous (TDS)

Elle est mesurée par un conductimètre sur échantillon d'eau directe et sur l'extrait dilué du sol/eau de 1/5, selon la norme (AFNOR, 1999).

### 1.3.2.2.5 Dosage des cations et des anions solubles

Le dosage des cations et des anions solubles a été fait sur l'extrait dilué du sol (1/5)

### 1.3.2.2.6 Dosage de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ )

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme de la marque JENWAY PFP7; le principe consiste d'abord à faire passer les solutions de la gamme d'étalonnage ensuite faire passer les échantillons à mesurer. Pour les extraits, dans des bicher de 10ml, remplir de la solution à analyser et faire passer au spectrophotomètre à flamme. Les courbes étalons construites à partir des solutions étalons donnent directement les tenures en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  exprimés en  $\text{mg l}^{-1}$  d'échantillon (Ben Bessis, 2022)(photo annexe).

### 1.3.2.2.7 Dosage de Chlorures $\text{Cl}^-$

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui se précipite complètement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation (Rodier et *al.*, 2005 simplifié par ADE, 2012).

### 1.3.2.2.8 Dosage de magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ , $\text{Ca}^{++}$ )

Le dosage se fait par méthode de complexométrie. Titrage par complexométrie du calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide d'éthylène –diamine titracique (E.D.T.A) à un pH 10. Le noir érichrome qui forme avec le calcium et le magnésium un complexe rouge foncé ou violet est utilisé comme un indicateur (Rodier et *al.*, 2005 simplifié par ADE, 2012)(photo annexe).

### 1.3.2.2.9 Dosage du Sulfate et Gypse ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Les sulfates et le gypse ont dosé par méthode attaque puis précipitation dans le chlorure de baryum, le sulfate produit est précipité sous forme de sulfate de baryum par du chlorure du baryum puis filtré sur un papier filtre sans cendre en suite calciné à  $500^\circ\text{C}$ , le

sulfate de baryum est pesé, en suite, et la teneur en gypse est calculée à partir du résultat obtenue(Mathieu, Pieltain et Jeanroy, 2003).

### **1.3.2.2.10 Le SAR (Sodium adsorption ratio)**

C'est un paramètre fondamental pour la détermination du risque de sodisation d'une eau d'irrigation et du niveau d'alcalinisation et sodisation des sols(Ben Bessis ,2022).

Le SAR (Sodium adsorption ratio) a été calculé selon la relation suivante (Durand. 1958, in Boutlli, 2012).

$$S.A.R = Na^+ / \sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}$$

Les concentrations de  $Na^+$  ,  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  sont exprimées en milliéquivalents par litre ( $meq\ l^{-1}$  ) et le SAR est exprimé en  $(\text{millimoles par litre})^{0,5}$  ( $mmoles\ l^{-1}$  )<sup>0,5</sup>

### **1.3.2.2.11 Analyses statistiques**

A l'aide de programme XLstat, nous avons utilisé l'ANOVA pour la comparaison des traitements entre et un classement des moyennes avec le test Tukey. Tous les tests ont été significatifs à  $P < 0.05$ .

### 2. Chapitre II : Résultats et discussion

#### 2.1. Qualité du sol de l'expérimentation

Les caractéristiques physicochimiques du sol utilisé pour cette expérience sont indiquées dans le tableau (01). Le sol de Djnain, c'est un sol sableux (28.63% de sable grossier, 65.46% de sable fin, limon 5% et d'argile 0%) selon l'analyse granulométrique méthode de tamisage par voie humide XP P94-041 Dec, 1995 (AFNOR, 1995) et la méthode de sédimentation. Selon l'échelle de Baize (2000), le sol est peu calcaire ( $\text{CaCO}_3=1\%$ ) et faiblement gypsifère ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}=0.51\%$ ) (Al-Barzanji, 1973). Le sol utilisé pour cette expérimentation, est un sol très fortement salé ( $\text{CE}=4\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$  et  $\text{TDS}=1760\text{mg l}^{-1}$ ) (Aubert, 1978), le cation le plus dominant c'est le  $\text{Ca}^{2+}$  ( $429\text{ mg l}^{-1}$ ) et l'anion le plus dominant est  $\text{Cl}^-$  ( $320\text{ mg l}^{-1}$ ). Moyennement alcalin ( $\text{pH}=8.22$ ), avec un risque d'alcalinisation modéré  $\text{SAR}=8.35 (\text{mmol l}^{-1})^{0.5}$ .

Cependant, le sol El-Khazana, c'est un sol sableux (26.81% de sable grossier, 60% de sable fin, limon 8% et d'argile 3.8%) selon l'analyse granulométrique méthode de tamisage par voie humide XP P94-041 Dec, 1995 (AFNOR, 1995) et la méthode de sédimentation. Selon l'échelle de Baize (2000), le sol est modérément calcaire ( $\text{CaCO}_3=5\%$ ) et faiblement gypsifère ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}=0.43\%$ ) (Al-Barzanji, 1973). Le sol utilisé pour cette expérimentation, est un sol fortement salé ( $\text{CE}=2.2\text{mS m}^{-1}$  et  $\text{TDS}=988\text{mg l}^{-1}$ ) (Aubert, 1978), le cation le plus dominant c'est le  $\text{Ca}^{2+}$  ( $429\text{ mg l}^{-1}$ ) et l'anion le plus dominant est  $\text{Cl}^-$  ( $420\text{ mg l}^{-1}$ ). moyennement alcalin ( $\text{pH}=8.45$ ), avec un faible risque d'alcalinisation  $\text{SAR}=0.49 (\text{mmol l}^{-1})^{0.5}$ .

**Tableau 1 : Qualité physicochimique du sol utilisé dans l'expérimentation**

Paramètre	EL-Khazana	Djnain
pH	8.45	8.22
CE (ms/cm)	2.2	4
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	420	320
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	342.63	524.88
Na <sup>+</sup> (mg/l)	9.6	171.57
K <sup>+</sup> (mg/l)	16.18	10.16
Cl <sup>-</sup> %	0.01	0.32
TDS(mg/l)	988	1760
SAR	0.49	8.35
CaCO <sub>3</sub> %	5	1
CaSO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	0.43	0.51
Classe texturale (%)		
Sable grossier	26.81%	28.63%
Sable fins	60%	65.46%
Limon	8%	5%
Argile	3.8%	0%

### 2.2. Qualité de l'eau de l'expérimentation

L'eau d'irrigation, comme présente le tableau (02), est une eau salée légèrement alcaline pH=7.7, extrêmement salée caractérisée par une CE= 38.4mS.cm<sup>-1</sup>, y compris à la classe C4S4, à risque d'alcalinisation très forte (SAR = 87.22 mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>) (USSSL , 1954). Selon le diagramme de Piper, c'est une eau à faciès chimique hyper chlorurée sodique. Selon Follett et Soltanpour(1985); Halilat (2004) et Bauder et al., (2011), les eaux ayant ces

## Chapitre II : Résultats et discussion

caractéristiques constituent un danger de salinisation très sévère et sont mauvaise pour l'irrigation.

Pour l'eau dessalée c'est une eau neutre pH=6.8, non saline caractérisée par une CE= 0.159mS.cm<sup>-1</sup>, y compris à la classe C1S1, avec une faible alcalinisation (SAR = 1.19 mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>) (USSL , 1954). Selon le diagramme de Piper, c'est une eau à faciès chimique chlorurée et sulfaté calcique et magnésique. Selon Follett et Soltanpour (1985); Halilat (2004) et Bauder et al., (2011), les eaux ayant ces caractéristiques sont bonne pour l'irrigation et sans risque d'alcalinisation.

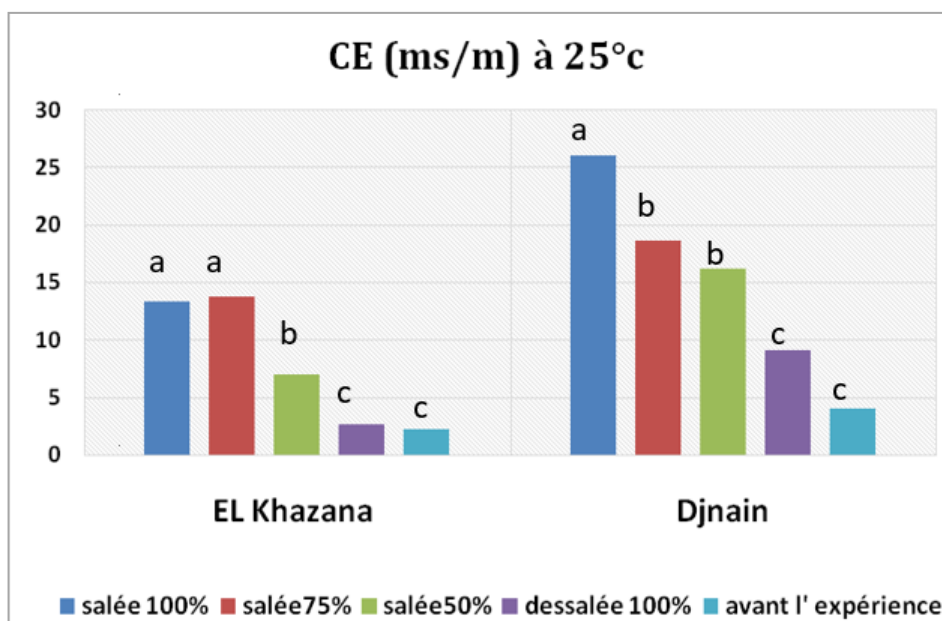
**Tableau 2 : Qualité physicochimique de l'eau utilisée dans l'expérimentation**

Paramètre	Eau salée	Eau dessalée
pH	7.7	6.8
CE (ms/cm)	38.4	0.159
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	840	16
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	947.7	2.43
Na <sup>+</sup> (mg/l)	3225.59	3.84
K <sup>+</sup> (mg/l)	143.01	0.01
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	2975	0.48
TDS (mg/l)	19400	80
SAR	87.22	1.19
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	601.21	11.27
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	5756.15	72.23

### 2.3. Suivi de la variation de la conductivité électrique

Les résultats de l'expérimentation ont montré que il y a eu une augmentation progressive et significative des valeurs de salinité du sol avec l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation (Figure 1).





**Figure 1 :** Variation de la conductivité électrique (CE ms/cm) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

La conductivité électrique dans le sol de Djnain a augmenté dans tous les pots irrigués d'une manière prononcée. Le sol irrigué avec de l'eau salée 100% a enregistré la CE la plus élevée 26.1mS/cm avec une augmentation par (552.5%) par rapport au sol avant l'irrigation (4 ms/cm). Suivi par le sol irrigué avec l'eau 50% et 75% eau salée sans différence significative entre ces deux traitements, (16,2mS/cm) (18,7mS/cm) qui ont augmenté par (305%, 367.5%) respectivement. Le sol irrigué avec 100% eau dessalée a enregistré le taux le plus faible par 125% d'augmentation avec une CE (9ms/cm) sans différence significative avec le sol initial avant la mise en expérimentation. Selon l'échelle de (Aubert ,1978) le sol initial de Djnain était très salé pour devenir extrêmement salé à la fin de l'expérimentation pour tous les traitements.

Quant au sol de El-Khazana, il a enregistré une augmentation du taux de CE avec des proportions similaires sans différence significative dans les pots irrigués avec 100% et 75% eau salée 13,4mS/cm et 13,8mS/cm qui ont augmenté par 509%, 527%. Suivis par le sol irrigué avec 50% eau salée 7mS/cm avec un taux d'augmentation de 218.18%. La variation la plus faible et non significative a enregistré dans le sol irrigué avec 100% d'eau dessalée

## Chapitre II : Résultats et discussion

2,7mS/cm et un taux d'augmentation de 22.72%, ce qui est très proche de la CE du sol initial non irrigué (2,2mS/cm). Selon l'échelle de (Aubert, 1978) le sol initial de Khezana était salé pour devenir extrêmement salé à la fin de l'expérimentation dans le sol irrigué par 100%, 75% et 50% eau salée, cependant pour le sol irrigué par 100% eau dessalée le sol a resté salé.

L'accumulation de sels dans le sol était étroitement liée aux concentrations des sels de l'eau d'irrigation (Sheferia, Alem, Seid, 2021).

La comparaison entre les résultats dans les deux types de sol a montré que l'irrigation par l'eau salée a provoqué une salinisation plus importante dans le sol de Djnain que dans le sol de EL Khezana et cela parce que la salinité initiale du sol de Djnain est plus importante que la salinité d'El Khezana.

### 2.4. Suivi de la variation du pH

La dégradation des sols par la salinisation a un effet direct sur la variation du pH du sol, ou l'augmentation de la salinité est souvent accompagnée par une augmentation du pH, (alcalinisation). L'alcalinisation affecte négativement la stabilité structurale du sol. De ce fait, le pH, est l'une des propriétés chimiques du sol les plus importantes à suivre (Ben Bessis 2022).

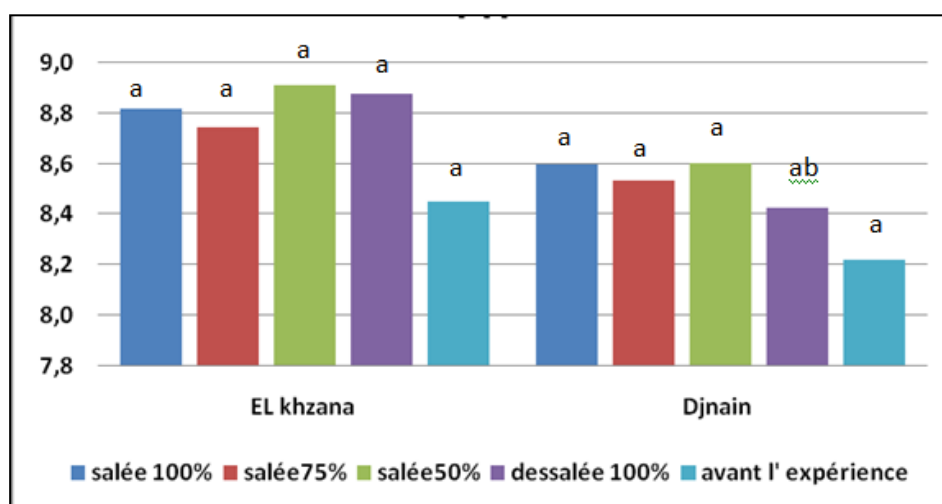


Figure 2 Variation du pH du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représentent la différence non significative)

## Chapitre II : Résultats et discussion

---

La figure (4) présente la variation du pH du sol sous l'effet de l'irrigation par des eaux à des différentes salinités.

Selon le projet PNUD/FAO (1990), le sol initial de Djnain à un pH Moyennement alcalin, les résultats de suivi du sol ont montré que le pH du sol ne présente pas un changement important pour les traitements sol irrigué (par le eau 100% dessalée, 75% eau salée, 50% eau salée, 100% eau salée) en comparant avec le témoin (sol avant la mise en irrigué). Nous avons enregistré une légère augmentation non significative du pH pour le sol irrigué, l'augmentation la plus importante a été enregistrée dans le sol irrigué par 50% et 100% et 75% eau salée avec 8.6 sans différence significative entre eux. Cependant, sol irrigué par le 100% eau dessalée a enregistré un pH 8.4, en comparant avec le sol non irrigué, le pH initial a été 8.2.

Le sol initial de El-Khazana à un pH Moyennement alcalin, les résultats de suivi du sol ont montré que le pH du sol ne présente pas un changement significatif pour les sols irrigués (par le eau 100% dessalée, 75% eau salée, 50% eau salée, 100% eau salée) en comparant avec le témoin (sol avant la mise en irrigué). Nous avons enregistré une légère augmentation du pH pour le sol irrigué, l'augmentation la plus importante a été enregistrée dans le sol irrigué par 50% eau salée et 100 eau dessalée avec 8.9. Les autres, sol irrigué par le 75% et 100% eau salée ont enregistrés respectivement 8.7 et 8.8, une augmentation en comparant avec le sol initial non irrigué, le pH initial a été 8.45.

### 2.5. Suivi de la variation de la Magnésium

Le suivi de l'évolution des concentrations de  $Mg^{++}$  dans le sol montre que le  $Mg^{++}$  du sol n'a été que légèrement affecté à la fin de l'expérimentation sans différences significatives entre traitements et le sol avant la mise en expérimentation (Figures 2).

La concentration de  $Mg^{++}$  dans le sol initial de Djanine a été (524.88 mg/l), à la fin de l'expérimentation, nous avons enregistré une diminution de la concentration de magnésium par rapport au sol non irrigué. Sol irrigué par eau 100% dessalée et 75% ,50% eau salée ont respectivement 157.95 mg/l et 400.95mg/l, 182.25mg/l avec une réduction de 69.90%, 23.61%, 65.27%. Quant au sol irrigué par 100% eau salée, il a enregistré une augmentation mais toujours sans différence significative avec 1117.8mg/l par rapport aux sols avec une augmentation de 112.96%.

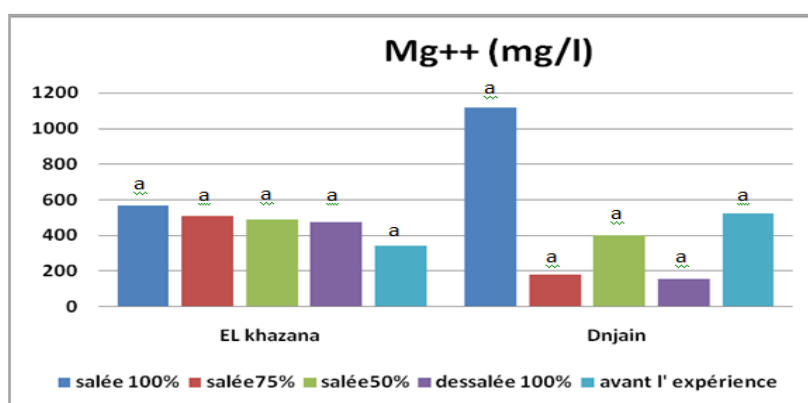


Figure 3 : Variation de la concentration de  $Mg^{++}$  (mg/l) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

Quant au sol du El-Khazana, il a enregistré une légère augmentation par rapport au sol non irrigué 342.63mg/l pour le sol irrigué 100% eau dessalée, 75% et 50% eau salée 473.85mg/l, 490.35mg/l, 508.60mg/l qui sont augmentés respectivement par 38.29%, 43.11%, 48.44%. Le pourcentage le plus élevé a enregistré dans le sol irrigué avec 100% eau salée 568.62mg/l avec 65.95% d'augmentation.

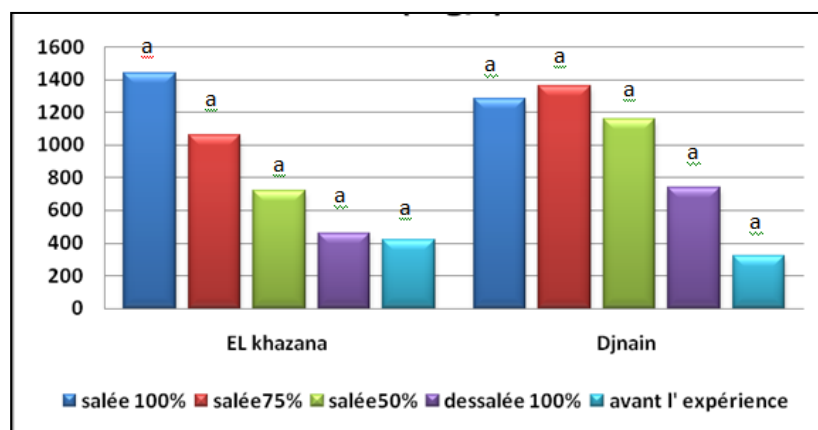
L'augmentation de  $Mg^{++}$  se justifie toujours par l'apport de l'eau d'irrigation et les pertes de  $Mg^{++}$  est probablement par précipitations sous forme de carbonate de magnésium et/ ou sulfate de magnésium (Gransee et Fühns, 2012 et Yan et Hou, 2018).

### 2.6. Suivi de la variation de la concentration de calcium du sol

La concentration de  $Ca^{++}$  initial dans le sol de Djnain a été 320mg/l. A la fin de l'expérience Les concentrations de  $Ca^{++}$  ont augmenté dans le sol irrigué mais comme la variation de magnésium, cette variation aussi non significative (figure 3). Bien que, l'augmentation dans le sol irrigué avec de l'eau 100% saline était plus importante que l'augmentation dans les autres sols irrigués.

Le sol de Djnain irrigué par le 100% eau dessalée a présenté la concentration la plus faible en  $Ca^{2+}$  avec 740mg/l, une augmentation de l'ordre de 131.25%, le sol irrigué par 50% eau salée avec 1160mg/l avec une augmentation de 262.5%, le sol irrigué par 75% et

100% eau salée avec 1360mg/l, 1280mg/l respectivement une augmentation de l'ordre de 325%, 300%.



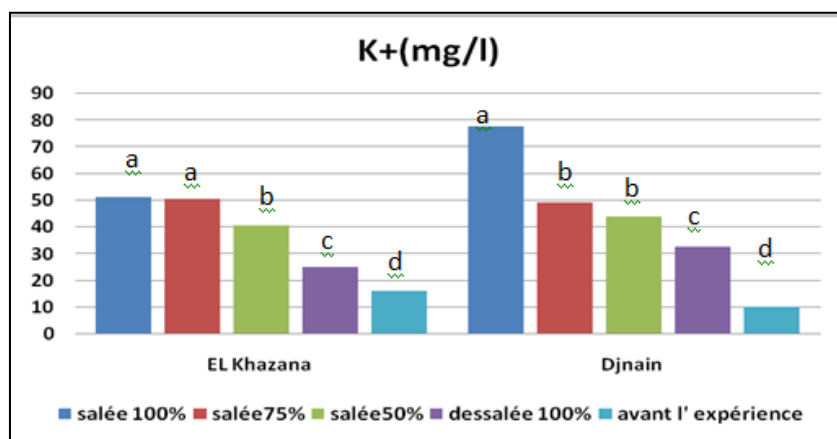
**Figure 4** Variation de la concentration de  $\text{Ca}^{++}$  (mg/l) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représentent la différence non significative)

Quant au sol de El-Khazana, il a enregistré une augmentation de la concentration de  $\text{Ca}^{++}$  avec des proportions similaires dans les pots irrigués avec 100% et 75% eau salée 1440mg/l et 1060mg/l, avec une augmentation de l'ordre de 242.85%, 152.38%. Suivi par le sol irrigué par 50% eau salée 720mg/l avec une augmentation de l'ordre de 71.42%, et le pourcentage le plus faible a enregistré dans le sol irrigué avec 100% d'eau dessalée 460mg/l, il n'a augmenté que par 9.52%, ce qui est très proche de la concentration du sol initial non irrigué 420mg/l.

Les résultats de cette étude ont indiqué que la salinité de l'eau d'irrigation saline affecte le calcium et le magnésium échangeables du sol malgré que l'analyse statistique a montré que la différence est non significatif et ces résultats sont similaires aux résultats obtenus par Sheferia et al.(2021), qui sont aussi étudiés l'effet de l'irrigation par une eau salines sur les propriétés physicochimique du sol.

### 2.7. Variation de la concentration de potassium du sol

Les résultats de l'expérimentation ont montré que il y a eu une augmentation progressive et significative des valeurs de  $\text{K}^+$ (figure 11).



**Figure 5** Variation de la concentration de K<sup>+</sup> (mg/l) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig p <0.05 (les mêmes lettres représente la différence non significative)

Le K<sup>+</sup> du sol de El-Khazana a augmenté dans tous les pots irrigués d'une manière prononcée. Dans sol irrigué avec de 100% eau dessalée (25,29 mg/l) 56.30% et augment dans 50% eau salée à 40,64 mg/l et 75% eau salée à 50,68mg/l, valeur la plus élevée a été enregistrée dans le sol irrigué par 100% eau salée 51,18 mg/l qui ont augmenté respectivement par 151.17%, 213.22%, 216.31% par rapport au sol initial.

Quant au sol de Djnain, il a enregistré une augmentation de taux de K<sup>+</sup> dans les pots irrigués avec de 100% eau dessalée à (32,74mg/l) 222.24% et augmente dans le sol irrigué par 50% eau salée à 44,16mg/l et irrigué par 75% eau salée à 49,43mg/l, la valeur la plus élevée a été enregistré dans 100% eau salée 77,78 mg/l qui ont augmenté respectivement par 334.64%, 386.51%, 665.55 %.

### 2.8. Suivi de la variation de la concentration de NaCl

La surabondance en Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> dans l'environnement peut nuire à l'utilisation des terres agricoles en réduisant la fertilité des sols et en provoquant des toxicités pour les cultures (Geilfus, 2019), malgré que, le sodium et les chlorures sont considérés comme des éléments importants pour la fertilité des sols car ils sont des éléments nutritifs pour les cultures.

La qualité de l'eau d'irrigation directement liée à l'accumulation de sel dans le sol. Par conséquent, l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation augmente la salinité du sol.

## Chapitre II : Résultats et discussion

Selon les conclusions de Ragab (2008) qui a constaté que la teneur en sodium soluble dans le sol augmentait en augmentant la teneur en sodium dans l'eau d'irrigation.

Le résultat de la présente étude a indiqué que la concentration en NaCl a été affectée de une manière significative par la salinité du l'eau d'irrigation, comme présente la figure (5).

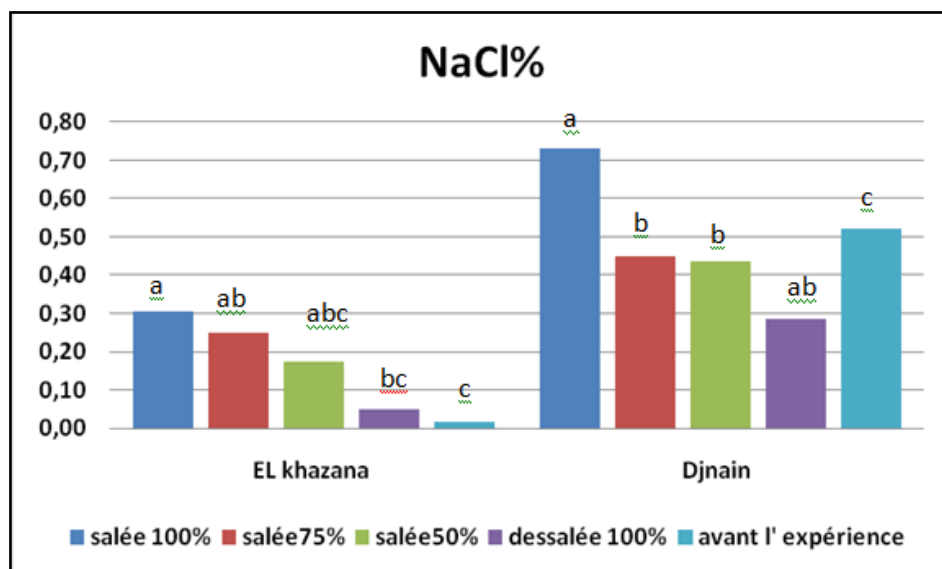


Figure 6 Variation de la concentration de NaCl% du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

Les résultats dans le sol Djnain ont enregistré une diminution de la teneur en NaCl du sol irrigué avec de 100% l'eau dessalée 0.29%, une réduction de 44.23% par rapport au sol non irrigué 0.52%, puis une légère augmentation a été enregistrée dans le sol irrigué avec 50%, 75% sans différence significative entre ces deux traitements avec 0.44%, 0.45%. L'irrigation avec 100% eau salée a provoqué une augmentation de taux de NaCl jusqu'à 0.73%.

Contrairement au sol du El-Khazana, il a enregistré une augmentation significative dans tous les sols irrigués, et la concentration la plus faible a été enregistrée dans le sol irrigué avec 100% d'eau dessalée avec 0.05% une augmentation de l'ordre de 150%. Puis, il a augmenté dans le sol irrigué avec 50%, 75% et 100% eau salée 0.18%, 0.25% et 0.31% respectivement, une augmentation de l'ordre de 800%, 1150, 1450% par rapport au sol non irrigué 0.02% de NaCl.

## Chapitre II : Résultats et discussion

La teneur en sodium soluble dans le sol est augmentée en augmentant la teneur en sodium dans l'eau d'irrigation. Aussi la teneur en ions chlorure dans le sol augmente en augmentant les niveaux de salinité de l'eau d'irrigation Geerts, Garcia, Mamani , Cusicanqui and Vacher (2008) si le sol est irrigué avec de l'eau salée, la capacité d'échange cationique du sol se concentre avec le sodium créant un sol sodique (Meysam Abedinpour, 2016).

L'irrigation de l'eau salée peut également entraîner une accumulation de sel dans le sol, entraînant la détérioration des ressources du sol. La plupart des stress salins dans la nature sont dus aux sels  $\text{Na}^+$ , en particulier  $\text{NaCl}$  (Demiral, 2005).

### 2.9. Evolutions des concentrations en sels totaux dissous (TDS)

Les résultats de l'expérimentation ont montré qu'il y a eu une augmentation significative des valeurs de TDS (figures 10).

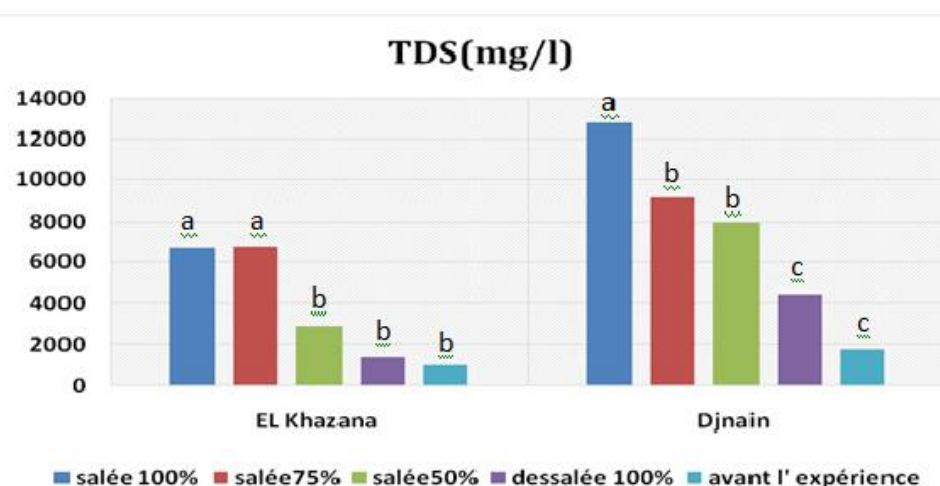


Figure 7 Variation de la concentration de TDS (mg/l) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

Le TDS du sol de El-Khazana a augmenté dans tous les pots irrigués d'une manière prononcée dans le sol irrigué avec de 100% eau dessalée à 1360mg/l qui a augmenté par 37.35% et le sol irrigué par 50% eau salée 2902mg/l et 75% eau salée à 6743,33mg/l et dans 100% eau salée à 6693,33mg/l qui ont augmenté respectivement par 193.72 %, 582.52% et 577.46%.

Quant au sol de Djnain, il a enregistré une augmentation de taux TDS dans les pots irrigués avec de 100% eau dessalée (4423,33mg/l) qui a augmenté par 151.32% et augmenté



## Chapitre II : Résultats et discussion

dans le sol irrigué par 50% eau salée (7956,66mg/l) et 75% eau salée (173,33mg/l) et la valeur la plus élevée a été enregistrée dans le sol irrigué par 100% eau salée avec 12800mg/l qui ont augmenté respectivement par 352.08% , 421.21% et 627.27%.

Par ailleurs, les résultats obtenus pour les valeurs de TDS de sol de Djanin et El-Khazana sont proches aux résultats obtenus par Benbessis (2022) pour le sol irrigué sans culture dans des conditions sans drainage.

Effectivement, l'irrigation avec de l'eau salée augmente le total des sels solubles dans le sol (Sheferia, Alem, Seid, 2021).

### 2.10. La variation de la concentration en calcaire

La variation de taux des sels peu solubles les carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) du sol sous l'effet de l'irrigation par une eau saline c'est un paramètre important dont elle forme un indicateur de sodisation du sol par l'effet de précipitation des ions de calcium. Les résultats de la présente expérimentation sont présentés dans la figure (6).

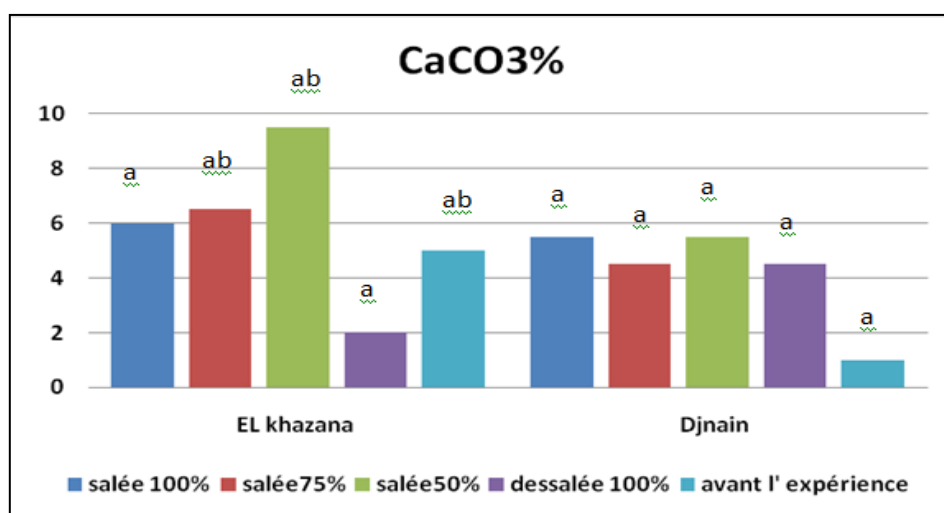


Figure 8 Variation de la concentration de  $\text{CaCO}_3\%$  du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

La diminution la plus importante dans le sol El-Khazana de calcaire a été enregistrée dans le sol irrigué par le 100% eau dessalée avec une réduction 60%, pendant que dans le sol irrigué par le 100% et 75% eau salée le calcaire a augmenté 6% et 6.5% avec une augmentation de 20%, 30% respectivement. En dernier lieu le sol irrigué par 50% eau salée 9.5% qui affichée une augmentation de 90% en comparaison avec le sol initial 5%.

Selon l'échelle de Baise (2000), le sol El khazan initial a été modérément calcaire mais après l'irrigation par 100% eau dessalée a devenu peu calcaire et après l'irrigation par 50%, 75% et 100% salée a resté modérément calcaire.

L'analyse statistique a montré que le sol irrigué par 100% eau salée et 100% eau dessalée, le résultat représente des différences significatives par rapport le sol initial. Mais le sol irrigué par 50% et 75% eau salée représente des différences non significatives par rapporte le taux initial.

Contrairement au sol Djnain, il a enregistré une variation des taux des carbonates de calcium apparait importante mais statistiquement est non significative. Il a enregistré des taux similaires dans le sol irrigué par 50% et 100% eau salée avec 5.5% qui ont augmenté par 450% par rapport au sol initial. Puis il a légèrement plus faible dans le sol irrigué par 75% eau salée et 100% eau dessalée avec 4.5%, qui ont affichée une augmentation de 350% en comparaison avec le sol initial (1%).

Le taux de calcaire initial fait le sol peu calcaire mais après l'irrigation par 100%, 75% et 50% eau salée et 100% eau dessalée devenu modérément calcaire (Baise ,2000).

Dans le sol de El-Khazana et Djnain, nous remarquons une augmentation de calcaire, cela signifie qu'il y a une précipitation de calcium, ce qui provoque une augmentation de calcaire. Le calcium qui provient de l'eau d'irrigation.

### **2.11. Le suivi de l'évolution de la concentration de gypse**

La variation de taux de gypse, après 15 jours d'irrigations avec des eaux à différentes degrés de salinité, est présentée dans la figure (7).

L'augmentation la plus importante dans le sol El-Khazana de gypse a été enregistrée dans le sol irrigué par le 100% ,75% eau salée et 100% eau dessalée 0.90%, 0.90% et 0.80% respectivement, avec une augmentation (125%) (125%) et (100%) pendant que dans le sol

## Chapitre II : Résultats et discussion

irrigué par le 50% eau salée le gypse a connu une légère diminution 0.40% qui diminue par 7.5% par rapporte le gypse initial (0.43%).

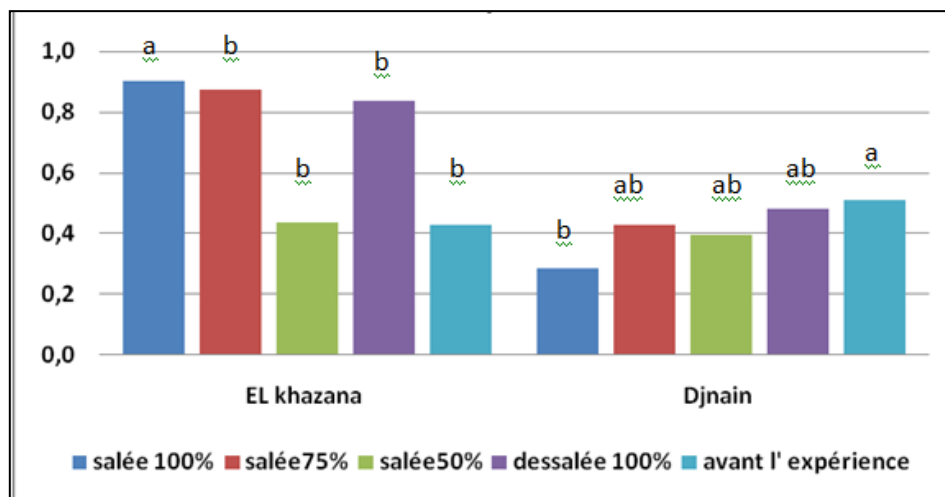


Figure 9 Variation de la concentration de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représente la différence non significative)

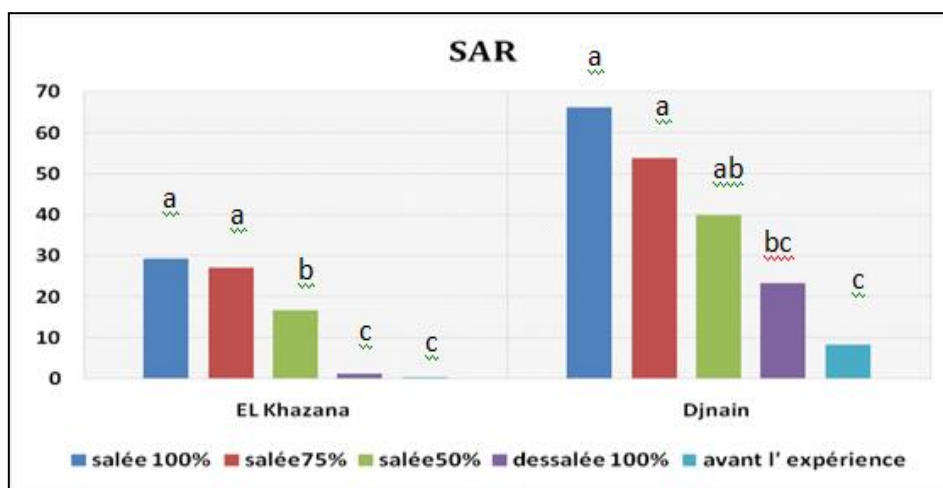
Tous les sols de El-Khazana irrigués sont des sols faiblement gypsifère, le sol irrigué par 50%,75% eau salée et 100% eau dessalée le résultat représente la différence non significative et que le sol irrigue par 100% eau salée qui représente une différence significative par rapporte le taux initial.

Contrairement au sol Djnain qui a enregistré une diminution de taux de gypse car il a enregistré une diminution similaire dans les sols irrigues par 100% eau dessalée 75%, 50% eau salée avec 0.45 % avec une diminution 7.5%. Cependant, une importante diminution dans le sol irrigué avec 100% eau salée 0.30% qui diminué par 41.17% par rapporte le gypse initial 0.51%.

Tous les sols de Djnain irrigués sont des sols faiblement gypsifère, le sol irrigue par 50% ,75% et 100% eau salée, le résultat représente des différences significatives par rapporte le taux initial.

### 2.12. Variation de SAR du sol

La variation moyenne des valeurs de SAR du sol est présentée dans les figures (8).



**Figure 10** Variation du SAR ((mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig p <0.05 (les mêmes lettres représentent la différence non significative)

A la fin de l'expérimentation, le SAR a augmenté dans tous les sols irrigués de Djnain et El-Khazana. L'augmentation la plus importante a été enregistrée pour le sol irrigué par 100% eau salée, suivi par le sol irrigué par 75% eau salée en suite le sol irrigué par le 50% eau salée et le sol irrigué par 100% eau dessalée. Les valeurs correspondantes au SAR sont respectivement Djnain (66.29, 53.94 , 39.92 , 23.32) (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>, El-Khazana (29.45 , 27.14 , 16.76 , 1.30 ) (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup>. Tandis que le sol initial non irrigué a enregistré un SAR 0.49 (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> pour le sol -El-Khazana et 8.35 (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> pour le sol de Djnain.

Le SAR 0.49 (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> et 8.35 (mmol.l<sup>-1</sup>)<sup>0.5</sup> pour El-Khazana et Djnain respectivement du sol initial utilisé dans cette expérimentation pour El-Khazana n'a pas un risque d'alcalinisation et Djnain a été à alcalinisation moyenne (USSSL, 1954).

À la fin de l'expérience, les niveaux de SAR ont augmenté dans tous les pots irrigués El-Khazana. Le sol irrigué avec 50% eau salée est devenu à risque fort d'alcalinisation. Le sol irrigué avec 75% et 100% eau salée a risque très élevé et le sol irrigué 100% eau dessalée reste toujours à faible risque d'alcalinisation. Cependant, pour sol de Djnain, le sol irrigué avec 100% d'eau dessalée a risque élevé, tandis que pour le sol irrigué par 50%, 75% et 100% eau salée ont risque d'alcalinisation très élevé.

### 2.13. Variation de perméabilité

La Figures (9) illustre la variation de la perméabilité du sol sous l'effet de l'irrigation. Les résultats de l'expérimentation ont montré que il y a eu une variation de la perméabilité non significative dans le sol de Djnain et significative dans le sol El-Khazana.

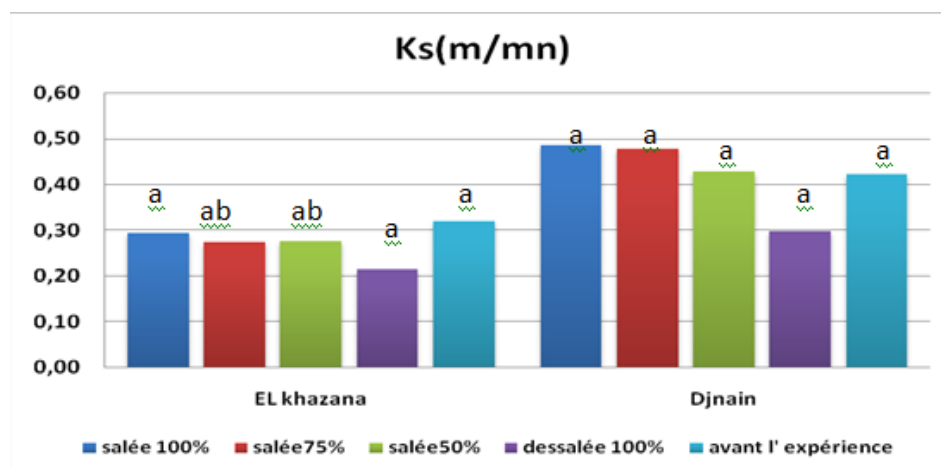


Figure 11 Variation de la perméabilité  $K_s$  (m/mn) du sol après 15 jours d'expérimentation en comparaison avec le sol avant la mise en expérimentation à un niveau de sig  $p < 0.05$  (les mêmes lettres représentent la différence non significative)

La perméabilité dans le sol de Djnain a enregistré une diminution dans le sol irrigué 100% eau dessalé 0.29m/mn (30.95%) par rapport le sol initial 0.42m/mn, et une augmentation dans le sol irrigué par 50%, 75% et 100%eau salée respectivement avec 0.42, 0.47 et 0.48 m/mn, une réduction par 11.90% et 14.28% respectivement.

Le sol de El-Khazana a enregistré la plus faible valeur dans le sol irrigué 100% eau dessalée 0.21m/mn (23.80%) par rapport le sol initial 0.31m/mn et augmentation progressive dans le sol irrigué 50%, 75% et 100% eau salée respectivement 0.27, 0.27 et 0.29 m/mn ; une réduction par 12.90%et 6.45%.

D'ailleurs, le SAR affecte particulièrement les sols argileux plus que les sols à fraction faible en argile dans lesquelles l'excès d'ions  $Na^+$  sur le complexe d'échange détériorait la structure du sol et réduisait sa perméabilité (So et Aylmore, 1993; Keren et Ben-Hur, 2003).

Alors, qu'est-ce qui a fait augmenter la perméabilité du sol malgré l'irrigation avec de l'eau salée avec un risque d'alcalinisation très forte ?

### Conclusion

La durabilité de l'agriculture dans les régions arides et semi arides est confrontée, par une contrainte majeure qui est l'aridité de climat, ce qui met l'extension de l'agriculture dans ces régions sous la condition de l'irrigation.

La pénurie des ressources en eau douce suite aux faibles précipitations et les eaux saumâtres constituent la majorité des eaux salines souterraines, combinées à une forte évaporation constituent inévitablement à la salinisation des sols et la dégradation de ses propriétés physique et chimique qui peut conduire à une désertification et abandonnement total de ces sols.

A propos de cette problématique s'inscrivent les objectifs de cette mémoire. Ce travail vise à étudier l'effet de l'irrigation par eau saline sur les propriétés physicochimique du sol agricole dans la région aride de Ouargla et de chercher les meilleures techniques et les plus économiques pour améliorer la qualité des eaux salines dans cette région.

Dans des conditions expérimentales semi contrôlées, nous avons suivi l'évolution de la salinité du sol et ces effets sur certaines propriétés du sol sous l'effet d'irrigation par l'eau salée qui provient de la nappe phréatique de la zone de Djnain et une eau dessalée qui est obtenu par la distillation solaire de l'eau salée. En utilisant quatre traitements avec des différentes proportions d'eau salée et eau dessalée comme suit :

T1: 100% eau salée,

T2: 75% eau salée + 25% eau dessalée,

T3: 50% eau salée + 50% eau dessalée,

T4: 100% eau dessalée.

Ensuite, nous avons étudié les propriétés physiques et chimiques avant l'arrosage et après arrosage pendant 15 jours d'expérimentation dans des conditions sans drainage. À la fin de l'expérimentation, nous avons obtenu les résultats suivantes:

Le sol de Djnain c'est un sol sableux (28,63% de sable grossier , 65,46% de sable fin , limon 5% et 0% d'argile ) , le sol est modérément calcaire (  $\text{CaCO}_3 = 1\%$  ) et faiblement gypsifère (  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0.51\%$  ) , est un sol très fortement salé (  $\text{CE} = 4 \text{ms cm}^{-1}$  et  $\text{TDS} = 1760 \text{mg l}^{-1}$  ) ,  $\text{Ca}^{++}(429 \text{mg l}^{-1})$  est  $\text{Cl}^- ( 320 \text{mg l}^{-1})$   $\text{SAR} = 8.35 (\text{mmol l}^{-1})$

le sol el El-Khazana , sableux (26.81% de sable grossier , 60% sable fine , limon 8% et d'argile 3.8%) , le sol est modérément calcaire (  $\text{CaCO}_3= 5\%$ ) et gypsifère (  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}=0.43\%$ ) , fortement salé(  $\text{CE}= 2.2\text{mS Cm}^{-1}$  et  $\text{TDS} = 988\text{mg l}^{-1}$ ) , le  $\text{Ca}^{++}$  (  $429 \text{ mg l}^{-1}$  ) le  $\text{Cl}^-$  (  $420 \text{ mg l}^{-1}$ ) (  $\text{pH}= 8.45$ )  $\text{SAR}= 0.49$ .

Les résultats de l'expérimentation a montré que il y a eu une variation significative dans le sol irrigué avec de l'eau salée (100%, 50%, 75%) pour chacun du (CE, NaCl, SAR)

Par contre les résultats de l'expérimentation ont montré que il y a eu une variation non significative de sol irrigué par l'eau 100% dessalée pour les paramètres (CE,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , NaCl et SAR).

Alors, le meilleur pourcentage pour améliorer la qualité de l'eau est 100% dessalée parce que l'augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation augmente la salinité du sol.

Eaux salée : les eaux ayant ces caractéristiques constituent un danger de salinisation très sévère et mauvaise pour l'irrigation.

L'eau dessalée : ces caractéristiques sont bonne pour l'irrigation et sans risque d'alcalinisation.

En fin, il est important de continuer l'étude sur cette thématique et étudier la possibilité de l'amélioration par distillation solaire et par mélange d'eau salée et eau distillée en utilisant des eaux avec une salinité plus faible que l'eau utilisé dans la présente étude. Comme, il est intéressant de répéter cette expérimentation mais dans des conditions de drainage.

### Références

- ADE. 2012. analyses physicochiques des eaux. société Algérienne Des Eaux Ouargla.
  - AFNOR, N. (1995). 94-056: Sols: reconnaissance et essais. Analyse granulométrique méthode par tamisage à sec après lavage. Normalisation Française.
  - Al-Barzanji, A F. 1973. "Gypsiferous Soils of Iraq." Ph. D. Thesis, State University of Ghent, Belgium.
  - Arora, Sanjay, Atul K. Singh, and Y. P. Singh. 2017. *Bioremediation of Salt Affected Soils: An Indian Perspective*. *Bioremediation of Salt Affected Soils: An Indian Perspective*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-48257-6>.
  - Aubert, Georges. 1976. "Les Sols Sodiques En Afrique Du Nord."
  - Baize, Denis. 2000. "Guide Des Analyses En Pédologie, 2ème Édition Revue et Augmentée." INRA, Paris 257.
  - Bauder, Troy Allen, R M Waskom, P L Sutherland, and J G Davis. 2011. "Irrigation Water Quality Criteria." Colorado State University. Libraries.
  - Benbessis Y. ,2022. Phyto-dessalement des sols salés par la culture des halophytes dans la région de Ouargla (Sahara septentrional Est Algérien), thèse doctorat science, science agronomique, université kasdiMerbah Ouargla, p.34-45-62.
- Boutelli M.H. 2012 ; La salinité des sols et des eaux au niveau de la Sebkhha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mém., Mag.,
- Daoud Youcef, and Amor Halitim. 1994. "Irrigation et Salinisation Au Sahara Algérien." *Science et Changements Planétaires/Sécheresse* 5 (3): 151–60.
  - Demiral 2005; Comparative response of two olive (*Olea europaea*) cultivars to salinity. *Turk J. Agric* 25: 267-274.
  - Durand J H., 1958. Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais
  - FAO., 2015 - Les sols sont une ressource non renouvelable leur préservation est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire et un avenir durable. Italie.
  - Follett, Roy H, and Parviz Neil Soltanpour. 1985. "Irrigation Water Quality Criteria." Colorado State University. Libraries



- Geilfus, Christoph Martin. 2019. “Chloride in Soil: From Nutrient to Soil Pollutant.” *Environmental and Experimental Botany* 157 (June 2018): 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.035>.
- Gorji T., Tanik A., Sertel E., 2015 - Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern technologies. *Procedia Earth and Planetary Science*. ELSEVIER. 507-212.
- Gransee, A., and H. Führs. 2013. “Magnesium Mobility in Soils as a Challenge for Soil and Plant Analysis, Magnesium Fertilization and Root Uptake under Adverse Growth Conditions.” *Plant and Soil* 368 (1–2): 5–21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>.
- Gutiérrez, E M, and S F Gutiérrez. 1996. “Geomorphology of the Tertiary Gypsum Formations in Ebro Depresión, P: 1-20.” In *International Symposium on Soil With Gypsum*, 15–21
- Halilat, M. T. Effect of potash and nitrogen fertilization on wheat under Saharan conditions. In : IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa. Rabat, Morocco. 2004. p. 24-28.
- Hiouani F., **2007** Influence de la teneur en gypse et de la taille de ses grains sur la capacité de rétention en eau. Mémoire magister, université de Batna, 106P  
Intercontinental. Newyork.  
investigations of productivity, energy and exergy efficiency of a single slope solar still enhanced with thermoelectric channel and nanofluid. *Renew Energy* 135:729–744. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.059>
- Israelsen O.W, Hansenv.E., 1965 *Traité pratique de l'irrigation*. Ed.
- Keren, Rami, and Meni Ben-Hur. 2003. “Interaction Effects of Clay Swelling and Dispersion and CaCO<sub>3</sub> Content on Saturated Hydraulic Conductivity.” *Soil Research* 41 (5): 979–89.
- Mathieu, Clément, Françoise Pieltain, and E Jeanroy. 2003. *Analyse Chimique Des Sols: Méthodes Choisies*. Tec & doc.
- Meysam Abedinpour 2016, Assessments of saline water application and different irrigation intervals on soil and Soybean yield. *Azarian J. Agric* 3: 50-57.
- Munns, Rana, and Mark Tester. 2008. “Mechanisms of Salinity Tolerance.” *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651–81.
- Nazari S, Safarzadeh H, Bahiraei M 2019, Experimental and analytical

- Nezli, I E, S Achour, and L Djabri. 2007. “Approche Géochimique Des Processus d’acquisition de La Salinité Des Eaux de La Nappe Phréatique de La Basse Vallée de l’oued M’ya (Ouargla).” *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, no. 6.
- Ouni, Youssef, AbdelbassetLakhdar, MokdedRabhi, AbderrazakSmaoui, A. Rao Maria, and AbdellyChedly. 2013. “Effects of the Halophytes *Tecticornia Indica* and *SuaedaFruticosa* on Soil Enzyme Activities in a Mediterranean Sabkha.” *International Journal of Phytoremediation* 15 (2): 188–97. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.687194>.
- PNUD (1990). Evaluation globale de la dégradation du sol dans le monde (GLASODISRIC/ PNUE/FAO, 1990)
- Porta, J. 1996. “Methodology and Study Techniques of Gypsum in Soils, a Review.” In *International Symposium of Soils with Gypsum’*.(Ed. RM Poch) Pp, 21–33.
- Pouget M., 1968, Contribution à l’étude des croûtes et en croûtements gypseux de nappe dans les udtunisien. Cah. ORSTOM. Ser .Pédologie ,VI,103,4,309 – 336.
- Pouget, M. 1968. “Contribution à l’étude Des Croûtes et Encroûtements Gypseux de Nappe Dans Le Sud Tunisien.” *Cahiers ORSTOM Série Pédologie* 6: 309–65.  
productivity of solar stills - A review. *Desalination*:0–1. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.09.031>
- Qadir, M, A Ghafoor, and G Murtaza. 2000. “Amelioration Strategies for Saline Soils: A Review.” *Land Degradation & Development* 11 (6): 501–21
- Ragab, Hellal and Abd El-Hady, 2008. Water Salinity Impacts on Some Soil Properties and Nutrients Uptake by Wheat Plants in Sandy and Calcareous Soil, *Aus J App Sci.* 2:225-233.
- Selvaraj K., Natarajan A. 2017, Factors influencing the performance and
- Shabbir A. Shahid, Mahmoud A. Abdelfattah, Faisal K.Taha., 2013, *Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation: Innovative Thinking and Use of Marginal Soil and Water Resources in Irrigated Agriculture.* Springer Science & Business Media. 808 p.
- Shahid, S A, and H Mahmoudi. 2014. “National Strategy to Improve Plant and Animal Production in the United Arab Emirates.” *Soil and Water Resources Annexes.*

- So, H B, and L A G Aylmore. 1993. “How Do Sodic Soils Behave-the Effects of Sodicy on Soil Physical Behavior.” *Soil Research* 31 (6): 761–77.
- Touaf, L, Y Daoud, and K Djili. 2004. “Evaluation de l’etat de salinite et de sodicite des sols du nord de l’algerie.” *Recherche Agronomique* 8 (14): 35–42.
- USSL. 1954. “Diagnosis and Improvement Of.” *Soil Science Society of America Journal* 18 (February 1954): 348.
- Yan, Bo, and Ying Hou. 2018. “Effect of Soil Magnesium on Plants: A Review.” In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170:22168. IOP Publishing.
- Zaman, Mohammad, Shabbir A. Shahid, and Lee Heng. 2018. *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3>.

Université de Ouargla, 113 p.

## Annexe

**Annexe :** Echelles d'interprétation de pH MATHIEU et PIELTAIN (2009)

Valeur de pH	Classe d'interprétation
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 - 5.0	Très fortement acide
5.1 - 5.5	Fortement acide
5.6 - 6.0	Moyennement acide
6.1 - 6.5	Légèrement acide
6.6 - 7.3	Neutre
7.4 - 7.8	Légèrement alcalin
7.9 - 8.4	Moyennement alcalin
8.5 - 9.0	Fortement alcalin
> 9.0	Très fortement alcalin

**Annexe :** Echelles de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT ,1978).

CE dS/m à 25C°	Degrés de salinité
$CE \leq 0.6$	Sols non salé
$0.6 < CE \leq 1.2$	Sols peu salé
$1.2 < CE \leq 2.4$	Sols salé
$2.4 < CE \leq 6$	Sols très salé
$CE > 6$	Sols extrêmement

**Annexe : SAR et degrés d'alcalinisation des sols (SERVANT ,1975)**

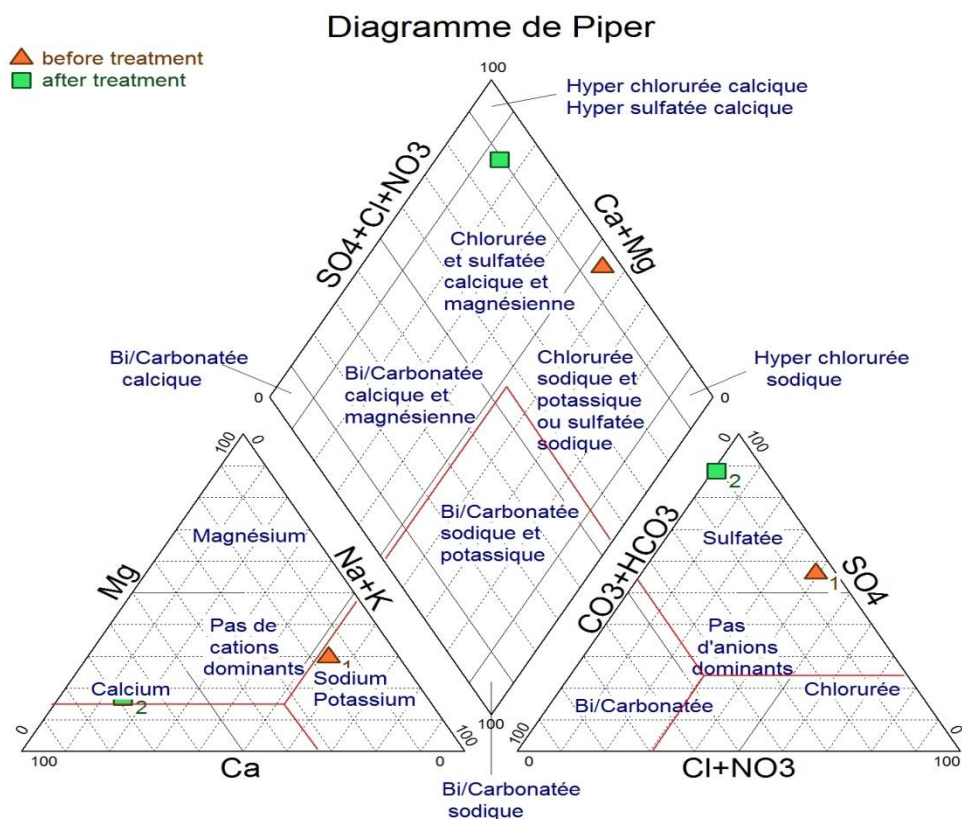
<b>SAR</b>	<b>Degrés d'alcalinisation</b>
$SAR \leq 4$	Pas alcalinisation
$4 < SAR \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < SAR \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < SAR \leq 18$	Alcalinisation forte
$SAR > 18$	Alcalinisation intense

**Annexe : gypse**

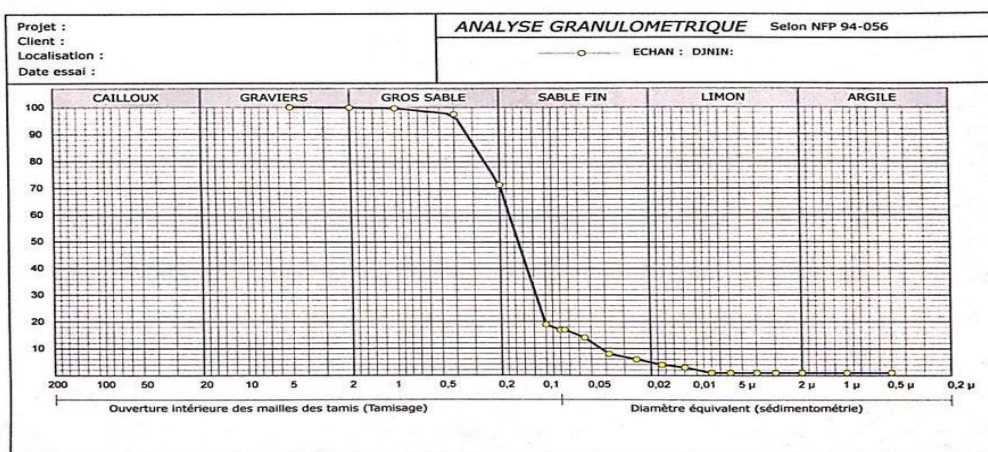
<b>Gypse</b>	<b>sol</b>
$< 0.3\%$	Non gypsifère
0.3% - 10%	Faiblement gypsifère
10% - 15%	Modérément gypsifère
15% - 25%	Forment gypsifère
25% - 50%	gypsifère
$> 50\%$	Gypsifère extrêmement

**Annexe : Echelles d'interprétation de calcaire total (BAISE , 2000) .**

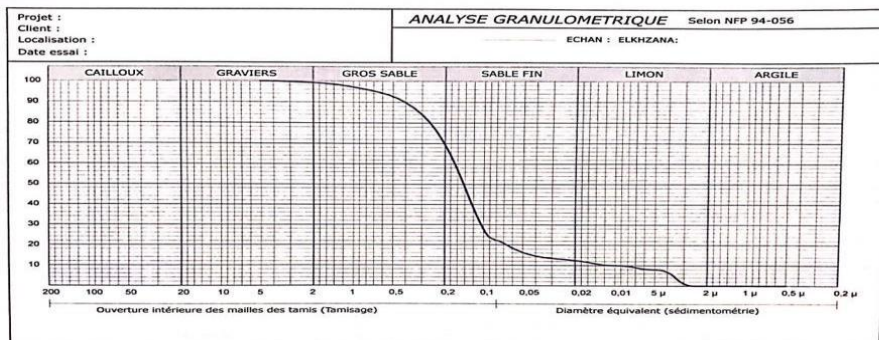
<b>COCO3%</b>	<b>sol</b>
$COCO3 < 1\%$	Non calcaire
$1 < COCO3 < 5\%$	Pue calcaire
$5 < COCO3 < 25\%$	Modérément calcaire
$25 < COCO3 < 50\%$	Forment calcaire
$50 < COCO3 < 80\%$	Très calcaire
$COCO3 > 80\%$	Excessivement calcaire



### Annexe :les analyses physico-chimique



Courbe de granulométrie du Djnain



Scanné avec CamScanner

**Courbe de granulométrie du El-Khazana**



**Pipette de Robenson**



**Préparation des extraits du sol**



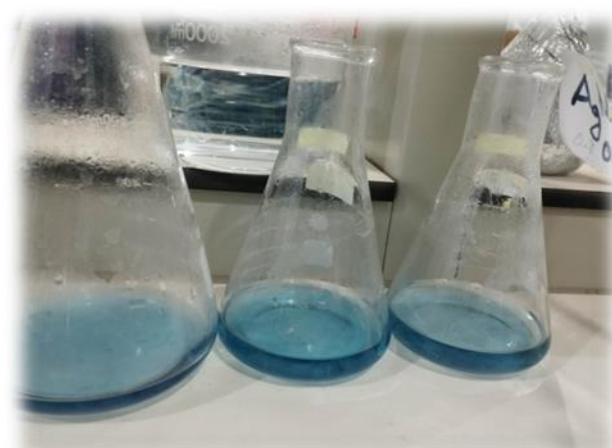
**Annexe**



**Mesure du CE et pH**



**Dosage de chlorure**



**Dosage de magnésium ( $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ )**

## Résumé

### L'amélioration de la qualité de l'eau et l'effet du mélange eau salée et eau non salée sur les propriétés physique du sol de la région de Ouargla

Les eaux saline présente la seule source qui est disponible dans la région de Ouargla. La qualité médiocre des eaux additionnée aux conditions climatiques arides affect négativement la qualité des sols. Alors, comment l'eau salée affecte-t-elle les propriétés physiques et chimiques du sol dans la région de Ouargla, et quelles sont les solution possibles et économiques pour développer la qualité de l'eau dans cette région ? pour répondre à ces questions, une expérimentation, en conditions semi contrôlées sans drainage, a été réaliser pour savoir l'effet de l'irrigation par des eaux de différentes degrés de salinité (T1 : 100% salée, T2 : 75% eau salée, T3 : 50% salée, T4 : eau 100% dessalée), sur les propriétés physicochimique du sol après 15 jours d'expérimentation. L'eau salée provienne de la nappe phréatique (CE=38.4mS/cm) et l'eau dessalée provienne de la distillation solaire de l'eau salée (CE= 0.159mS/cm). Les résultats obtenus ont montré que l'irrigation par les différentes de degrés de salinité a provoqué une augmentation significative de CE, TDS, SAR et taux de NaCl. Cependant, un effet non significative sur le pH, la perméabilité et la concentration en Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> et le taux des sels peu solubles CaCO<sub>3</sub> et gypse. Les résultats ont montré aussi, l'eau 100% dessalée ne présente pas un risque de salinisation de sol. Enfin, plusieurs questions restent posées pour comprendre mieux l'effet de la salinité des eaux sur les propriétés physicochimique des sols dans des conditions de drainage, ainsi que, l'effet de la distillation solaire sur des eaux ont une salinité plus faible que l'eau de la nappe phréatique..

**Mots clés :** salinité d'eau, irrigation , sol salinisation , propriétés physique et chimique du sol.

#### the improvement of water quality and the effect of mixing salt water and non-saline water on the physical properties of the soil in the Ouargla region.

#### Abstract

Salt water is the only source available in the Ouargla region. Poor water quality, combined with arid climatic conditions, adversely affects soil quality. So, how does saline water affect the physical and chemical properties of the soil in the Ouargla region, and what are the possible cost-effective solutions for developing water quality in this region?. To this end, an experiment was carried out under semi-controlled conditions without drainage, to determine the effect of irrigation with water of different degrees of salinity (T1: 100% saline, T2: 75% saline, T3: 50% saline, T4: 100% desalinated), on the physicochemical properties of the soil after 15 days of experimentation. The results showed that irrigation with different degrees of salinity resulted in a significant increase in EC, TDS, SAR and NaCl levels. However, there was a non-significant effect on pH, permeability, Ca<sup>++</sup> and Mg<sup>++</sup> concentration and the levels of poorly soluble salts CaCO<sub>3</sub> and gypsum. The results also showed that 100% desalinated water does not present a risk of soil salinization. Several questions remain to better understand the effect of water salinity on the physicochemical properties of soils under drainage conditions, as well as the effect of solar distillation on water with a lower salinity than groundwater.

**Keywords:** Water salinity, irrigation, soil salinization, physical and chemical properties of the soil

تحسين نوعية المياه وتأثير خلط المياه المالحة مع المياه غير المالحة على الخواص الفيزيائية للتربة بمنطقة ورقلة

#### ملخص

المياه المالحة هي المصدر الوحيد المتوفر في منطقة ورقلة. تؤثر جودة المياه الرديئة ، جنباً إلى جنب مع الظروف المناخية القاحلة ، سلباً على جودة التربة. فكيف تؤثر المياه المالحة على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة في منطقة ورقلة ، وما هي الحلول الفعالة و الاقتصادية لتطوير جودة المياه في هذه المنطقة ؟. للإجابة على هذا التساؤل، أجريت تجربة تحت ظروف شبه مقيدة و بدون صرف ، لتحديد تأثير الري بالماء بدرجات مختلفة من الملوحة (معاملة 1:مالح 100 % ، معاملة 2 : 75 % مالح ،معاملة 3 : 50% مالح ، معاملة 4 : محلى 100%) على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة بعد 15 يوماً من التجربة. أظهرت النتائج أن الري بدرجات مختلفة من الملوحة أدى إلى زيادة مجدية في مستويات EC و TDS و SAR و NaCl. ومع ذلك ، لم يكن هناك تأثير مجدي على الأس الهيدروجيني والنفاذية وتركيز الكالسيوم والمغنيسيوم ومستويات الأملاح ضعيفة الذوبان كربونات الكالسيوم والجبس. كما أظهرت النتائج أن المياه المحلاة بنسبة 100% لا تشكل خطر تملح التربة. لا تزال هناك عدة أسئلة لفهم تأثير ملوحة المياه بشكل أفضل على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة تحت ظروف الصرف ، وكذلك تأثير التقطير الشمسي على المياه ذات الملوحة الأقل من المياه الجوفية.

**الكلمات المفتاحية:** المياه المالحة ، الري ، تملح التربة ، الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

