

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculte des Sciences de la Nature et de lavie

Departement des sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection de la Ressource sol Eau et Environnement

Présenté par : **KEDRI Fatima / GUEZZANE Hadil**

Thème

**Etude de l'effet de l'amendement gypseux sur la salinité du sol de
l'exploitation de l'université Kasdi Merbah Ouargla.**

Soutenu publiquement le:

Devant le Jury:

| | | | | | |
|--------------|-------------------|---------------------|---------------|---------------------|--------------------|
| M. | KARABI | Mokhtar | M.C.A. | Président | UKM Ouargla |
| Meme. | YOUCEF | Fouzia | M.C.B. | Examinatrice | UKM Ouargla |
| M. | BELLAROUCI | Med Elhafed | M.C.A. | Encadreur | UKM Ouargla |
| M. | IDDER | Med Abdelhak | M.C.A. | Co-Encadreur | UKM Ouargla |

Année Universitaire: 2022/2023

Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la volonté pour mener à terme ce travail.*

*Nous remercions notre promoteur M. **BELAROUSSI Mohamed. Elhafdh**, pour avoir proposé et dirigé ce travail.*

*Nous remercions également notre Co promoteur M. **IDDER. Abdelhak**, à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla*

*Nous remercions M. **KARABI Mokhtar**, Maître de Conférences A à L'Université Kasdi Merbah - Ouargla, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider notre jury et d'évaluer ce travail.*

*Merci à Mme. **YOUCEF Fouzia**, Maître de Conférences B, à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, en acceptant d'examiner ce travail et de faire partie du jury.*

Merci également à tous les personnels des laboratoires : Phoeniciculture : Préservation et valorisation, de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla et les laboratoires pédagogiques de l'Université Kasdi Merbah Ouargla.

Aussi nous remercions infiniment le personnel de la bibliothèque de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie.

Un grand merci pour les ouvriers de l'exploitation de l'université d'Ouargla, pour leur accueil et leur patience.

Dédicaces

*Je rends grâce à Dieu et dédie ce modeste travail à tous ce qui sont proches
spécialement ;*

*À l'être la plus chère dans l'univers, ma source de tendresse, la femme la plus
patiente qui éclairé mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue; ma mère
Fatiha.*

*a la personne qui m'a offre tout ce que je besoin toute au long de mes études; mon
cher père **Mohamed Fethi.***

*A ma chère grand-mère que dieu prolonge sa vie **Taher Khaldia.***

*À mes chers frères **Aymen, Mehdi, Djawed,** Et à mon très cher petit mon frère mon
fils et tout **Djoud.***

*à mes soeurs **Rooa, Ihssene et Dalila.***

*a mes chères tantes **Dalila et Karima.***

*à toute la famille **Guezzane** ainsi que **Ounes.***

*à mes proches amis **Siham, Sabrina.***

*à toute la promotion protection de la ressource Sol & Eau et L'environnement
2022/2023.*

À tous mes enseignants du primaire jusqu'à l'université.

*A tout ceux qui espèrent trouver leur nom en faisant défiler cette page je ne vous ai
pas oublié, Je vous aime tous.*

G. Hadil

الأهداء

إلى كل من أضاء بعلمه عقل عميره أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائله

فأظهر بمساحته تواضع العلماء وبرحمته سماحة العارفين

إلى قدوتي الأولي، ونبراسي الذي ينيب دروبي، إلى من أعطانني ولم يزل يعطينني بلا حدود، إلى من رفعت رأسي عاليًا افتخارًا به...

أبي العزيز أدامه الله ذخرا لي "محمد"

إلى التي رأني قلبها قبل عينيها، وحننتني أحشاؤها قبل يديها، إلى شجرتي التي لا تذبل، إلى الظل الذي أوي إليه في كل حين ... أمي

الحبيبة حفظها الله "لهلى"

إلى أول من انتظر هذه اللحظات ليفتخر بي إلى سدي وشركي في الحياة إلى من كان ظلي حين يلغيني التعجب... زويبي "نسر"

"الدين"

إلى الشموع التي تنير لي الطريق اخوتي "محمد المالك، يزيد، رشيد وجمال"

واخواتي "نسرين، رحمة وأنفال" هم شجعوني وواظبوا العطاء دون مقابل

إلى البراعم الصغيرة أبناء اخواتي "فخر الدين، محمد، لقمان، إيلان، روان وبسة"

إلى رفقاء رحلة النجاح ومن كان صاحبًا لي أثناء دراستي "فريجي 2023 حماية موارد تربة وماء ومحيط"

إلى من لم تدربني بما علاقة النسج، بل حطر الصداقة وورد المحبة... صديقاتي (ز، هند، ه، م)

إلى الروح النقية ... جدتي اطل الله في عمرها "حدة"

إلى ممن كانوا داعمين لي بالأوقات الصعبة أهلي وأهل زويبي

وأخيرًا وليس آخرًا هدي هذا العمل المتواضع

إلى كل من يتكبد عناء قراءته سواء لتقييمه أو لنقده أو لزيادة علمه أو لإشباع فضوله

فطومة

Tableau de matière

| N ^o | Titre | Page |
|--|--|------|
| 01 | Remerciement..... | I |
| 02 | Dédicace..... | II |
| 03 | Dédicace | III |
| 04 | Sommaire..... | IV |
| 05 | Liste de figure..... | V |
| 06 | Liste de tableau..... | VI |
| 07 | Liste de photos..... | VII |
| 08 | Introduction..... | VIII |
| Chapitre1 Etude régionale | | |
| 09 | 1.1. Situation et limites géographique..... | 04 |
| 10 | 1.2. Caractéristique de la région d'étude..... | 04 |
| 11 | 2.1. Caractéristique climatique..... | 04 |
| 12 | 2.1.1. Température..... | 06 |
| 13 | 2.1.2. Humidité de l'air..... | 06 |
| 14 | 2.1.3. Précipitations..... | 06 |
| 15 | 2.1.4. Le vent..... | 06 |
| 16 | 2.1.5. Synthèse climatique de la région de Ouargla | 06 |
| 17 | 2.1.5.1. Diagramme ombrothermique..... | 06 |
| 18 | 2.1.5.2. Climagramme d'emberger..... | 07 |
| 19 | 2.2. Pédologie..... | 08 |
| 20 | 2.3. Hydrogéologie..... | 09 |
| 21 | 1. Nappe superficielle (phréatique)..... | 09 |
| 22 | 2. Nappe de complexe terminal..... | 09 |
| 23 | Nappe du continental intercalaire Albien..... | 09 |
| Chapitre 2.Salinité et gypse agricole | | |
| 24 | 1.1. Salinité..... | 11 |
| 25 | 1.2. Salinisation..... | 11 |
| 26 | 1.3. Sols salins..... | 11 |
| 27 | 2. Origines et types de la salinité..... | 11 |
| 28 | 2.1. Salinisation primaire..... | 11 |
| 29 | 2.2. Salinisation secondaire..... | 12 |
| 30 | 3. Paramètres de caractérisation des sols salés..... | 12 |
| 31 | 3.1. Conductivité électrique (CE)..... | 12 |
| 32 | 3.2. Potentiel hydrogène (pH)..... | 13 |
| 33 | 3.3. Composition ionique de la solution du sol..... | 13 |
| 34 | 3.4. Sodium adsorption ration (SAR)..... | 13 |
| 35 | 3.5. Taux de sodium échangeable (ESP)..... | 14 |

Tableau de matière

| | | |
|----|--|----|
| 36 | 3.6. Faciès chimique (Diagramme de PIPER)..... | 14 |
| 37 | 4. Effets de la salinité sur les sols et les plante..... | 14 |
| 38 | 4.1.Effet sur les Sols..... | 14 |
| 39 | 4.1.1. Propriétés physiques du sol..... | 14 |
| 40 | 4.1.2. Propriétés physico-chimiques du sol..... | 14 |
| 41 | 4.2. Effet sur les plantes..... | 15 |
| 42 | 5. Mise en valeur des sols salés..... | 15 |
| 43 | 6. Eau d'irrigation..... | 15 |
| 44 | 7. Gypse agricole..... | 15 |
| 45 | 7.1. Définition..... | 15 |
| 46 | 7.2. La différence entre le gypse agricole et le gypse | 15 |
| 47 | 7.3. Les avantages du gypse agricole | 16 |
| 48 | 7.4. Inconvénients du gypse agricole | 16 |
| 49 | 7.5. Nécessité des apports de gypse agricole..... | 17 |
| 50 | 7.6. La quantité de gypse agricole | 17 |
| 51 | 7.7. Méthodes et date d'ajout du gypse agricole | 17 |
| | Chapitre 3 Matériel et méthodes | |
| 52 | 1. Approche méthodologique..... | 19 |
| 53 | 2. Présentation de site d'étude..... | 20 |
| 54 | 3. Matériel et méthodes..... | 22 |
| 55 | 3.1. Matériel utilisé..... | 22 |
| 56 | 3.2 Méthodes d'étude au niveau du terrain..... | 23 |
| 57 | 3.3. Méthodes d'étude au niveau du laboratoire | 25 |
| 58 | 4. Dispositif expérimental | 26 |
| 59 | 5. Analyse statistique de résultat..... | 26 |
| 60 | 6. Analyse de d'eau irrigation..... | 27 |
| | Chapitre 4 Résultat et discussion | |
| 61 | 1. Résultat de la conductivité électrique (CE)..... | 30 |
| 62 | 2. Analyse de potentiel hydrogène (pH)..... | 38 |
| 63 | 3. Analyse résidu sec | 41 |
| 64 | 4. Évolution le différent paramètre mesure en fonction de temps..... | 47 |
| 65 | <i>Discussion</i> | 49 |
| 66 | <i>Conclusion</i> | 50 |
| 67 | <i>Référence</i> | 52 |
| 68 | <i>Annexe</i> | 58 |

Liste de Figures

| N° | Titre | Page |
|------------------|--|-----------|
| Figure 1 | Situation géographique de la région de Ouargla (Google Earth, 2023)..... | 04 |
| Figure 2 | Diagramme Ombrothermique de Ouargla (2012-2022)..... | 07 |
| Figure 3 | Étage bioclimatique de Ouargla (2012-2022)..... | 08 |
| Figure 4 | Méthodologie de travail..... | 19 |
| Figure 5 | Situation géographique de l'exploitation de l'université Ouargla (Google Earth,2023)..... | 20 |
| Figure 6 | Situation géographique des parcelles études de l'exploitation de l'université Ouargla (Google Earth,2023)..... | 21 |
| Figure 7 | Schéma de dispositif experimental..... | 26 |
| Figure 8 | Diagramme Riverside d'eau irrigation..... | 27 |
| Figure 9 | Diagramme de piper d'eau irrigation utilisée..... | 28 |
| Figure 10 | Graphiques des moyennes de la CE sans traitement..... | 30 |
| Figure 11 | Graphiques des moyennes de la CE après 20 jours..... | 31 |
| Figure 12 | Graphiques des moyennes de la CE après 40 jours..... | 32 |
| Figure 13 | Graphiques des moyennes de la CE après 60 jours à profondeur (0-20)..... | 33 |
| Figure 14 | Graphiques des moyennes de la CE après 60 jours à profondeur (20-40)..... | 34 |
| Figure 15 | Graphiques des moyennes de la CE après 60 jours à profondeur (40-60)..... | 35 |
| Figure 16 | Graphiques des moyennes de la variance du pH sans traitement..... | 36 |
| Figure 17 | Graphiques des moyennes du pH après 20 jours..... | 36 |
| Figure 18 | Graphiques des moyennes du pH après 40 jours..... | 37 |

Liste de Figures

| | | |
|------------------|--|-----------|
| Figure 19 | Graphiques des moyennes du pH après 60jours à profondeur (0-20)..... | 38 |
| Figure 20 | Graphiques des moyennes du pH après 60jours à profondeur (20-40)..... | 39 |
| Figure 21 | Graphiques des moyennes du pH après 60jours à profondeur (40-60)..... | 40 |
| Figure 22 | Graphiques des moyennes de la variance de le RS sans traitement..... | 42 |
| Figure 23 | Graphiques des moyennes du RS après 20 jours..... | 42 |
| Figure 24 | Graphiques des moyennes du RS après 40 jours..... | 43 |
| Figure 25 | Graphiques des moyennes de la RS après 60 jours à profondeur (0-20)..... | 44 |
| Figure 26 | Graphiques des moyennes de la RS après 60 jours à profondeur (20-40)..... | 45 |
| Figure 27 | Graphiques des moyennes de la RS après 60 jours à profondeur (40-60)..... | 46 |
| Figure 28 | Graphiques des moyennes du potentiel hydrogène en fonction de tempes..... | 47 |
| Figure 29 | Graphiques des moyennes du la conductivité électrique en fonction de tempes..... | 50 |
| Figure 30 | Graphiques des moyennes du le résidu sec en fonction de tempes..... | 50 |

Liste de Tableau

| N° | Titre | Page |
|-------------------|--|-----------|
| Tableau 1 | Données des différents paramètres météorologiques de la station d’Ouargla pour la période (2012-2022) (ONM Ouargla)..... | 05 |
| Tableau 2 | Résultats de l’analyse des eaux des forages..... | 28 |
| Tableau 3 | l’analyse de la variance de la CE sans traitement..... | 30 |
| Tableau 4 | l’analyse de la variance de la CE après 20jours..... | 31 |
| Tableau 5 | l’analyse de la variance de la CE après 40jours..... | 32 |
| Tableau 6 | l’analyse de la variance de la CE après 60jours à profondeur (0-20)..... | 33 |
| Tableau 7 | l’analyse de la variance de la CE après 60jours à profondeur (20-40)..... | 34 |
| Tableau 8 | l’analyse de la variance de la CE après 60jours à profondeur (40-60)..... | 35 |
| Tableau 9 | l’analyse de la variance de le pH sans traitement..... | 35 |
| Tableau 10 | l’analyse de la variance de le pH après 20 jours..... | 36 |
| Tableau 11 | l’analyse de la variance de le pH après 40 jours..... | 38 |
| Tableau 12 | l’analyse de la variance de le pH après 60jours à profondeur (0-20)..... | 39 |
| Tableau 13 | l’analyse de la variance de le pH après 60jours à profondeur (20-40)..... | 40 |
| Tableau 14 | l’analyse de la variance de le pH après 60jours à profondeur (40-60)..... | 41 |
| Tableau 15 | l’analyse de la variance de le RS sans traitement..... | 41 |
| Tableau 16 | l’analyse de la variance de le RS après 20 jours..... | 43 |
| Tableau 17 | l’analyse de la variance de le RS après 40 jours..... | 44 |
| Tableau 18 | l’analyse de la variance de le RS après 60 jours à profondeur (0-20)..... | 45 |
| Tableau 19 | l’analyse de la variance de le RS après 60 jours à profondeur (20-40)..... | 46 |
| Tableau 20 | l’analyse de la variance de le RS après 60 jours à profondeur (40-60)..... | 47 |

Liste des Photos

| N° | Titre | Page |
|----------------|-------------------------------------|-----------|
| Photo 1 | Échantillonnage du sol..... | 23 |
| Photo 2 | Gypse agricole utilisée | 24 |
| Photo 3 | L'ajoutation du gypse agricole..... | 24 |
| Photo 4 | pH mètre | 25 |
| Photo 5 | Étuve (matière sèche)..... | 25 |
| Photo 6 | Conductivité électrique..... | 25 |
| Photo 7 | Agitateur..... | 25 |

INTRODUCTION

INTRODUCTION

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 sols salins sont importants en tant que formations d'écosystème sur les terres affectées par de fortes concentrations de sels solubles, et en tant que moyens de production de cultures ayant une faible valeur économique (**Zaman et al., 2018**).

La salinité des sols s'étend à l'échelle mondiale sur plus de 100 pays, et aucun continent, même l'Antarctique (que l'on croyait à l'origine exempt de salinité), n'est pas totalement exempt de salinité (**Abrol et al. 1988 ; Schofield et al., 1991 ; Schofield, 1992 ; Pazira, 1999 ; Rengasamy, 2006 ; Mutin, 2009; Rahi et Halihan, 2010 ; Shahid, 2013**).

Les sols salins occupaient plus de 20 % de la superficie irriguée dans le monde au milieu des années 1990 (**Ghassemi, et al, 1995**). Cependant l'extension de la salinité est augmentée pour toucher le 50 % des terres irriguées selon les dernières statistiques.

En Afrique, $80,5 \times 10^6$ ha sont salins, (**Aubert, 1976; Dehni, 2018; Szabolcs, 1989**), dont le Sahel, en Afrique de l'Ouest, est le plus touché (**Abrol, Yadav, et Massoud, 1988**). En Algérie, plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par la salinisation, principalement dans les régions arides et semi-arides où 50 % des sols sont salins (**Insid, 2008 ; Dehni, 2018**).

En Algérie, les sols salés occupent de grandes étendues et ils sont particulièrement localisés dans les zones arides (**Aubert, et al , 2000**).

Ouargla est une des plus importantes oasis du Sahara algérien où le phénomène de salinité et salinisation des sols en mettant en évidence ses conséquences, en particulier sur la productivité agricole.

La salinité provoque la chute des rendements des cultures même des espèces tolérantes au sels comme le palmier dattier (**Dadi Bouhouun et al., 2012**). Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées ont montré que les conductivités électriques des différents sols de la cuvette d'Ouargla sont excessivement élevées, pouvant atteindre 50 dS/m-1 dans les horizons de surface en saison estivale. La salinité excessive est principalement influencée, non seulement par des

contextes géologique et climatique défavorables, mais aussi par une très forte salinité de la nappe superficielle dont la conductivité électrique dépasse 70 dSm-1 (**Idder et al., 2014**).

Djili et al., (2000), ont signalé la nécessité de motiver des actions de recherche pour générer de nouvelles technologies de gestion intégrée de l'eau de différente qualité dans le but d'accroître la productivité dans le cadre d'une agriculture durable.

Selon les prévisions, la salinisation des sols devrait s'accroître avec les scénarios de changement climatique à venir, comme l'élévation du niveau de la mer et son impact sur les zones côtières, ainsi que l'augmentation de la température, qui entraînera une augmentation de l'évaporation et de la salinisation (**Zaman et al., 2018b**).

Enfin, après ce que nous avons mentionné précédemment, nous avons mené une étude pour réduire la salinité du sol en utilisant du gypse agricole. Quel est l'effet du gypse agricole sur les sols salins?

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet des apports du gypse agricole comme amendement sur la salinité du sol dans l'exploitation de l'université Kasdi Merbah Ouargla. L'expérience consiste à apporter trois doses de gypse agricole et étudié leur effet sur la salinité à travers des mesures sur le potentiel hydrogène, la conductivité électrique et le résidu sec.

Chapitre I.

Etude régionale

Tableau 1. Données des différents paramètres météorologiques de la station de Ouargla pour la période (2012-2022) (ONM Ouargla).

| Mois | Températures (C°) | | | Humidité (%) | | | Vent (m/s) | Précipitations (mm) | Evaporation (mm) | Isolation (heure) |
|-----------------|-------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------|---------------------|------------------|-------------------|
| | min | moy | max | min | max | moy | | | | |
| Janvier | 5.54 | 12.44 | 19.34 | 35.45 | 79.25 | 57.35 | 8.15 | 7.75 | 93.49 | 249.60 |
| Février | 7.10 | 14.29 | 21.47 | 28.26 | 68.65 | 48.46 | 9.37 | 2.89 | 128.15 | 239.26 |
| Mars | 10.53 | 18.02 | 25.50 | 23.61 | 63.29 | 43.45 | 10.11 | 4.74 | 189.02 | 270.14 |
| Avril | 15.25 | 22.97 | 30.69 | 20.05 | 55.05 | 37.55 | 11.43 | 1.67 | 238.84 | 280.92 |
| Mai | 20.05 | 27.72 | 35.40 | 16.92 | 45.67 | 31.29 | 11.54 | 1.48 | 317.54 | 301.59 |
| Juin | 24.82 | 32.66 | 40.50 | 15.20 | 40.77 | 27.98 | 10.40 | 0.74 | 378.58 | 237.60 |
| Juillet | 27.86 | 35.72 | 43.58 | 13.68 | 35.44 | 24.56 | 9.30 | 0.32 | 436.60 | 324.02 |
| Aout | 27.40 | 35.05 | 42.70 | 15.03 | 39.41 | 27.22 | 9.10 | 0.54 | 396.55 | 338.00 |
| Septembre | 23.73 | 30.98 | 38.23 | 20.35 | 52.27 | 36.31 | 9.61 | 4.70 | 282.78 | 264.63 |
| Octobre | 17.43 | 24.64 | 31.85 | 25.01 | 61.80 | 43.41 | 9.63 | 5.68 | 210.32 | 267.01 |
| Novembre | 10.28 | 17.31 | 24.34 | 31.12 | 73.75 | 52.43 | 7.50 | 2.46 | 122.33 | 252.15 |
| Décembre | 5.81 | 12.67 | 19.52 | 36.84 | 81.04 | 58.94 | 7.51 | 4.01 | 85.72 | 229.24 |
| moyennes | 16.32 | 23.71 | 31.09 | 23.46 | 58.03 | 40.75 | 9.47 | 36.96 * | 2879.92 * | 3254.15* |

* :Cumul

2.1.1. Température

La température moyenne annuelle est de 23,71 °C, la valeur maximale est enregistrée en Juillet avec 43,58 °C et la valeur minimale en mois de janvier, avec 5,54 °C (**Tableau 1**).

2.1.2 Humidité de l'air

L'humidité de l'air est très faible, avec une moyenne annuelle de 40,75 %. D'après le (**tableau1**), nous remarquons que la valeur minimale est enregistrée au mois de juillet (13,68 %), où les températures très élevées. La valeur la plus élevée, au mois de décembre (81,04 %), avec des températures basses.

2.1.3. Précipitations

Les précipitations sont très rares et irrégulières, la période sèche s'étend presque toute l'année. De faibles précipitations sont notées pour les mois de juillet avec 0,32 mm, août avec 0,54 mm pour les mois de janvier avec 7,75 mm et octobre avec 5,68 mm, les précipitations sont les plus élevées par rapport aux autres mois. (**Tableau 1**).

2.1.4 Vent

Les vents sont fréquents pendant toute l'année dans la région de Ouargla. La vitesse moyenne annuelle est de 9.47 km/h (**Tableau 1**).

2.1.5 Synthèse climatique de la région de Ouargla

La caractérisation du climat de Ouargla a été faite en exploitant le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls et le Climagramme d'Emberger.

2.1.5.1. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique représente les variations mensuelles, des températures et des précipitations, selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2T$). Ce diagramme permet de déterminer la durée de la période sèche et de la période humide durant l'année.

D’après (**figure 2**), nous remarquons que la période sèche s’étale sur toute l’année. Ceci est lié aux précipitations qui sont faibles, en comparaison avec les températures qui sont très élevées.

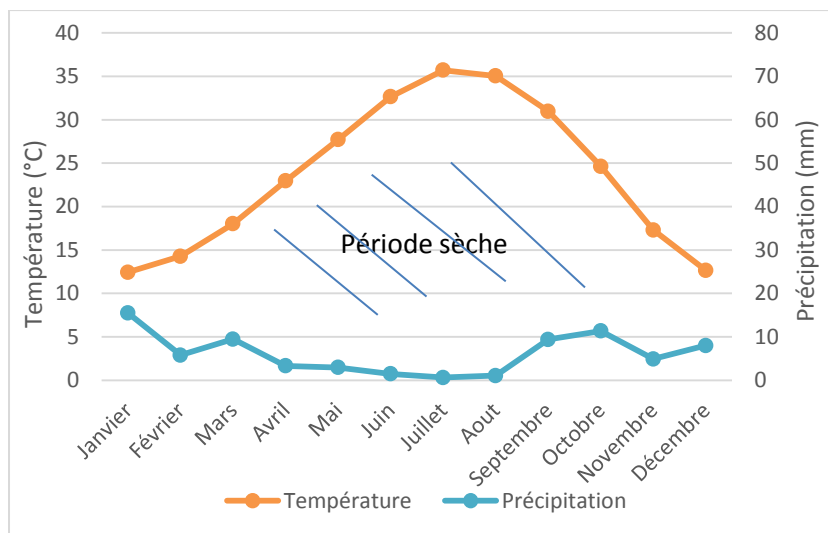


Figure 2. Diagramme Ombrothermique de Ouargla (2012-2022).

2.1.5.2. Climagramme d’Emberger.

La détermination de l’étage bioclimatique est réalisée à l’aide du climagramme pluvio-thermique d’Emberger. Ce dernier porte en ordonnées le quotient pluvio-thermique (**Q3**), spécifique pour le climat de l’Algérie et en abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid (m). Q3 peut être calculé comme suite (**Le Houérou et al, 1977 ; Le Houerou, 1995**) :

$$Q3 = 3,43P / M-m$$

Où :

- M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en kelvin
- m : la moyenne des températures minimales du mois le plus frais en kelvin
- P : pluviométrie annuelle en mm.

Ouargla, possède un quotient pluvio-thermique (**Q3**) de 3.33, pour la période 2012-2022.

Donc le bioclimat est de type hyper aride (saharien) à hivers doux (**Figure 2**).

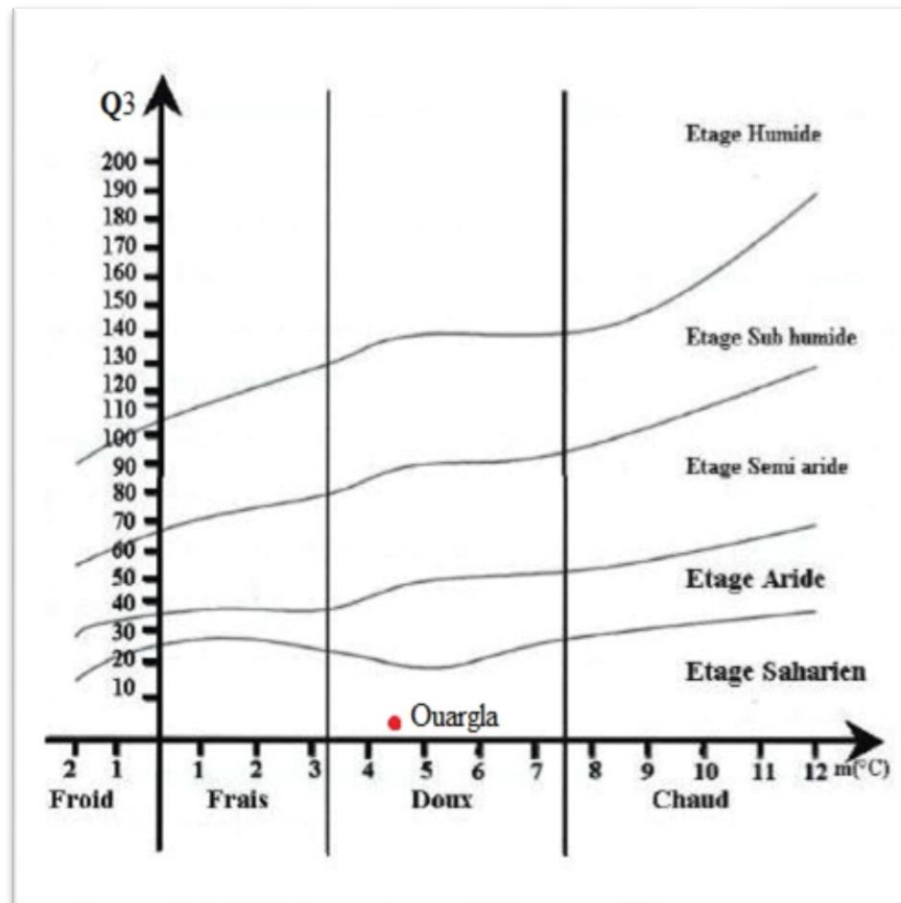


Figure 3. Étage bioclimatique de Ouargla (2012-2022).

2.2 Pédologie

Les sols de la région d'Ouargla représentent cinq (05) pédopysages, d'Ouest en Est, selon la dénomination des sols du référentiel pédologique (**Hamdi-Aissa et Girard, 2000**) :

- ❖ Gypseux calcaire sur le plateau ;
- ❖ Alluvio-éolien et régosolique sur le versant à 140 m d'altitude ;
- ❖ Gypseux sur le chott ;
- ❖ Salin dans la Sebka ;
- ❖ Les dunes qui sont des REGOSOLS sableux.

2.3. Hydrogéologie

1) Nappe superficielle (phréatique)

La minéralisation des eaux de cette nappe varie entre 3,38 et 6,71 g/l (**Achour et al., 2008**). Cette nappe est contenue dans les sables alluviaux de la vallée d'Oued Mya. Elle est située à des profondeurs variant entre 1 à 3 m dans les zones urbaines, de 0,5 à 0,9 m dans les zones agricoles, affleure dans les Chotts et peut atteindre 15 m de profondeur dans certaines zones de couverture dunaire. Son sens de l'écoulement est du Sud vers le Nord (**Nezli et al., 2007**).

2) Nappe de Complexe Terminal

Il regroupe des formations aquifères contenues dans les horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Cette nappe s'étend sur une superficie de 350 000 km², elle est généralement peu profonde : de 100 à 400 m (**Unesco, 1972**). Les eaux de cette nappe ont une température qui varie entre 20 et 30°C (**Achour et al., 2008**).

Il existe deux formations aquifères distinctes dans ce Complexe Terminal. La première est contenue dans les sables du MioPliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur et l'Eocène inférieur (Sénonien pour Ouargla principalement) (**Nesson, 1978**).

Ces eaux sont chargées en sels, la minéralisation de la nappe Sénonien varie entre 1,44 à 3,37 g/l, tandis que celle de la nappe Miopliocène varie entre 1,87 et 5,17 g/l (**Achour et al., 2008**).

3) Nappe du Continental Intercalaire "Albien"

Elle s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional, sur plus de 600 000 km², avec une épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. Cet aquifère est contenu dans les formations sablo-gréseuses et argilo-sableuses (**Unesco, 1972**).

Les eaux de cette nappe sont caractérisées par des températures très élevées qui dépassent 50°C. Elles sont moins minéralisées ; leur résidu sec varie entre 1,74 2,83 g/l et 2,83 g/l dans la région de Ouargla (**Achour et al., 2008**).

Chapitre II.

Salinité et Gypse Agricole.

1.1. Salinité

La salinité seréfère à la quantité de sels solubles qui se trouve dans le sol (**Chesworth, 2008**). Elle est mesurée à l'aide de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (**Mathieu Et Lozet, 2011**).

1.2. Salinisation

La salinisation est le processus qui accroît la quantité de sels dans les sols (**Grünberger, 2015**). Elle se solde par des effets nocifs sur les végétaux et le sol (**Mermoud, 2006**).

1.3. Sols salins

Selon **Girard et al., (2005)** les sols sont dits salins lorsqu'ils contiennent une certaine quantité d'élémentsminéraux; sous forme dissoute, échangeable ouprécipitée Il scomprennent plusieurs types de sols qui se sont formés à partir de trois processus physicochimiques: la salinisation, la sodisation et l'alcalisation.

1.4. Sels solubles

Les sels solubles sont tous les sels plus solubles dans l'eau que le gypse, leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique (**Halitim, 1988**).

Selon **Mathieu et Lozet (2011)**, les sels solubles est sont un ensemble des anions et des cations présents dans le sol soit sous forme solide cristallisée soluble, ou sous forme dissoute dans la solution du sol, à l'exclusion des matières organiques solubles .

2. Origines et types de la salinité

La présence des sels solubles dans les sols se justifie par diverses causes. Deux processu à savoir:

2.1. Salinisation primaire

C'est un processus lié à la pédogenèse, en autre terme à l'altération des roches salifères qui libèrent des sels sous l'effet de différents facteurs géologiques, géomorphologiques et climatiques (**Gucher et Brudin, 1974 in Missaoui, 1991**).

Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit le matériau géologique, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes).
- Soit par l'eau de mer est, bien entendu, une source principale de sel en milieu côtier. La salinisation peut alors être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou encore due à la présence de lentilles d'eau sur salées lorsque les zones basses sont isolées de la mer par un colmatage alluvial (salinisation lagunaire) ;
- Soit une nappe phréatique, d'origine continentale et salée par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire (Ird, 2008).

2.2. Salinisation secondaire

La salinisation d'origine secondaire est induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées. Les principales causes de la salinisation secondaire sont (Gucher Et Brudin, 1974 in Missaoui, 1991) :

- La remontée de la nappe souterraine à proximité de surface et transport de sels par remontées capillaires (Lacharme, 2001);
- L'absence d'exutoire naturel pour l'évacuation des excès d'eau de drainage et d'assainissement (Badraoui *et al*, 2000).

3. Paramètres de caractérisation des sols salés

Le diagnostic de la salinité des sols se base sur un ensemble de mesures physicochimiques (CE, pH et CEC) et chimiques (cations solubles, anions solubles et sodium échangeable).

Ces paramètres nous permettent d'apprécier le degré et la charge saline ainsi que le faciès chimique des sels et le taux de sodium échangeable. La mesure de la conductivité électrique et du pH nous permettent d'estimer la salinité globale dans le sol (Haddad et Abbes, 2015).

3.1. Conductivité électrique (CE)

La salinité du sol est généralement définie et mesurée sur des extraits aqueux saturés de sol dits saturés (Ussl, 1954), ou l'extrait diluée avec un rapport eau/sol variable du sol (MATHIEU et PEILTAIN, 2009). Elle est exprimée en mmhos/cm, en siemens/m, ou en déci

Siemens/m (Mathieu et Lozet, 2011).

L'échelle agronomique mise au point par United State Salinity Laboratory (USSL, 1954) est graduée selon les valeurs de la CE, de 0 à 16 mmhos/cm. Un sol considéré salé lorsque la CE est supérieure à 4 mmhos/cm (4 dS/m) à 25°C (USSL, 1954 ; Calvet, 2003).

3.2. Potentiel hydrogène (pH)

Selon (Soltner, 1989 in Haddad et Abbas) la notion de pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol salin. Les sols salés ont un pH supérieur à 7, et il augmente en corrélation avec le rapport Na^+ / CEC .

La mesure du pH du sol s'effectue dans une suspension de l'échantillon de sol dans l'eau (pHeau) ou dans l'eau plus de chlorure de potassium (pH,KCl) dans laquelle on mesure la concentration en ions H^+ et OH^- à l'état dissocié, dans le liquide surnageant. Le rapport sol/eau étant généralement de 1/2,5. Aussi dans le sol, le pH de la solution varie habituellement de 4,5 à 9,5 (Mathieu et Lozet, 2011).

3.3. Composition ionique de la solution du sol

Afin de connaître la concentration en anions solubles (Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^-) et en cations solubles (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), une analyse chimique est effectuée sur extrait de pâte saturée ou sur extrait aqueux dilué. Elle sert à donner le type de faciès salin selon le diagramme de PIPER ou autre classification. C'est ainsi qu'on peut utiliser le rapport $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ pour classer les solutions du sol (Servant, 1966).

3.4. Sodium adsorption ration (SAR)

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol. (Richardes L.A, 1954).

Selon (Mathieu, 2009) Dans l'étude de mécanisme de sodification, l'Ecole de Riverside aux Etats-Unis utilise depuis 1969 un paramètre précis pour définir la composition des solutions du sol ou des nappes salées ; il s'agit de SAR « Sodium Adsorption Ration » ou taux de sodium adsorbé.

D'après (DURAND, 1958, in BOUTLLI, 2012). Le SAR est déterminé par la relation suivante :

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

Avec l'unité de (Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) définie par méq / l

3.5. Taux de sodium échangeable (ESP)

Il exprime le taux de saturation du complexe adsorbant en sodium échangeable par rapport à tous autres cations échangeables. En effet, il exprime la sodicité édaphique. Or, le sodium échangeable peut détruire la structure à partir d'un seuil qui est souvent fixé à 15 % de la CEC (Ussl, 1954).

3.6. Faciès chimique (Diagramme de PIPER)

Le faciès chimique représente la/les anion(s) et cation(s) prédominant dans l'eau ou dans une solution de sol .

4. Effets de la salinité sur les sols et les plantes

La salinité du sol peut affecter négativement celui-ci et les plantes, Ces effets sont sur:

4.1. Effet sur les Sols

4.1.1. Propriétés physiques du sol

Un taux de sodium échangeable élevé a pour effet une dispersion des agrégats; ce qui conduit à une réduction de la perméabilité, de la porosité et un tassement des sols en plus la stabilité structurale disparaît complètement à un ESP égale à 15 % (Diarra, 1991) .

4.1.2. Propriétés physico-chimiques du sol

La présence d'un taux élevé de sels peut entraîner une augmentation de la CE qui dépasse 4 dS/m. La salinité peut augmenter le pH dans le cas du sol sodique qui dépasse 8,5 (Mathieu et al., 2007, in Kemassi, 2015).

D'après (Diarra, 1991), une élévation du pH peut créer des problèmes de fertilité par :

- les carences induites de certains éléments minéraux (Zn, Mn, Fe, Cu) ;
- la dispersion de la matière organique;

- le blocage du phosphore sous des formes nonoupeu assimilables ;
- l'évolution del'azotetout à fait particulière (volatilisation).

4.2. Effet sur les plantes

Les sels dissous ont des effets indirects sur les végétaux par leur action sur la structure du sol et la circulation des fluides et ont des effets directs sur la croissance et le développement des plantes (Calvet, 2003), provoquant ainsi son flétrissement « sécheresse physiologique» (Diarra, 1991).

5. Mise en valeur des sols salés

Les sols salés présentent une évolution par la présence de fortes quantités de sels, notamment les chlorures et les sulfates de sodium, il s'avère nécessaire d'exploiter les terres salées qui sont parfois très riches en éléments nutritifs (Missaoui, 1991). La réhabilitation des terres salinisées est coûteuse : il peut représenter de 65 % à 100% des coûts d'investissement. Il est parfois impossible techniquement (Iptribid, 2006).

6. Eau d'irrigation

L'irrigation a été assurée par une eau saline disponible dans le site de l'expérimentation, nous avons déterminé les caractéristiques physicochimiques de cette eau à savoir : (CE, pH, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃, TDS, SAR et RSC).

7. Gypse agricole

7.1. Définition

Le gypse agricole est un engrais de sol naturel pur à partir de sulfate | Le calcium hydraté est de couleur blanche, doux et sec, et c'est l'un des meilleurs moyens pour traiter l'alcalinité du sol et se débarrasser des sels.

7.2. La différence entre le gypse agricole et le gypse

- ❖ **Gypse agricole:** C'est un gypse naturel brut, chimiquement connu sous le nom de sulfate de calcium hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en le monde. Mais en Algérie est utilisée gypse agricole $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
- Il représente plus de 75 % des composants du gypse brut;

- Carbonate de calcium d'environ 10 %;
 - Oxyde de fer et d'aluminium de 1,5 %;
 - Chlorure de sodium à moins de 0,5 %;
 - Silice ou sable.
- ❖ **Gypse de maçonnerie** : Il est extrait du gypse naturel brut, qui est cassé, puis tamisé et lavé pour en séparer les impuretés, puis séché. Après cela, il est placé dans des fours à une température de 130 degrés pendant un temps suffisant pour que les liaisons entre le sulfate de calcium et l'eau soient rompues, et les trois quarts de l'eau s'évaporent pour se transformer en sulfate de calcium semi-aqueux $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$.
- Sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) ;
 - Carbonate de calcium (CaCO_3) ;
 - Silice (SiO_2) ;
 - Alumine (Al_2O_3) ;
 - Oxyde de fer (Fe_2O_3).



7.3. Les avantages du gypse agricole

- Se débarrasser des sels nocifs et du sodium dans le sol
- Stimule la plante à la floraison et à la fructification
- Sans éléments toxiques
- Il a une teneur élevée en soufre
- Augmenter la productivité des cultures
- Prix écologique et bon marché
- Une source de calcium dans le sol

7.4. Inconvénients du gypse agricole

Le gypse agricole n'affecte pas l'acidité du sol et constitue une substance inoffensive et non brûlante pour les humains et les animaux, mais l'utilisation de gypse agricole en grande quantité peut entraîner une pénurie d'aluminium, de fer et de manganèse dans le sol, de sorte qu'il devient pauvre en nutriments importants pour la croissance des plantes (**James Ellison, 2022**).

7.5. Nécessité des apports du gypse agricole

- lorsqu'il y a une croûte de sel blanche à la surface du sol
- un pH d'acidité du sol élevé supérieur à 7, et une augmentation du pourcentage de sodium dans celui-ci
- Manque de perméabilité du sol et manque d'aération.
- nanisme de la plante, chute des fruits, apparition de symptômes de manque de promoteurs sur la plante et brûlure des feuilles.

7.6. La quantité de gypse agricole

- si la salinité du sol est de 4 dS/m (2500 ppm).

Le gypse agricole est ajouté chaque année, 100-350 kg par dunam

- Salinité du sol 4-8 dS/m (2500-5000 ppm)

le gypse agricole est ajouté annuellement 500-1000 kg par dunum

- Salinité du sol 8-12 dS/m (5000-7500 ppm)

le gypse agricole est ajouté annuellement 1000-2000 kg par dunum

7.7. Méthodes et date d'ajout du gypse agricole

- Le gypse agricole est ajouté avant la plantation après nivellement du terrain puis saupoudré sur le sol en une quantité équivalente à 1 kg pour 1 m²
- Le gypse agricole est mélangé au sol par un travail du sol en profondeur
- Divisez la terre en bassins et immergez ces bassins avec de l'eau pour éliminer les sels dans le sol et réduire son alcalinité.

Chapitre III.

Matériel et méthodes

1. Approche méthodologique

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de l'apport du gypse agricole sur la salinité du sol. Le protocole expérimentale consiste à un choix des parcelles dans les mêmes conditions pédologiques et tester trois doses de gypse agricole. Afin d'évaluer l'effet de ces amendements nous avons réalisé des mesures sur le pH, la conductivité et le résidu sec (figure 4).

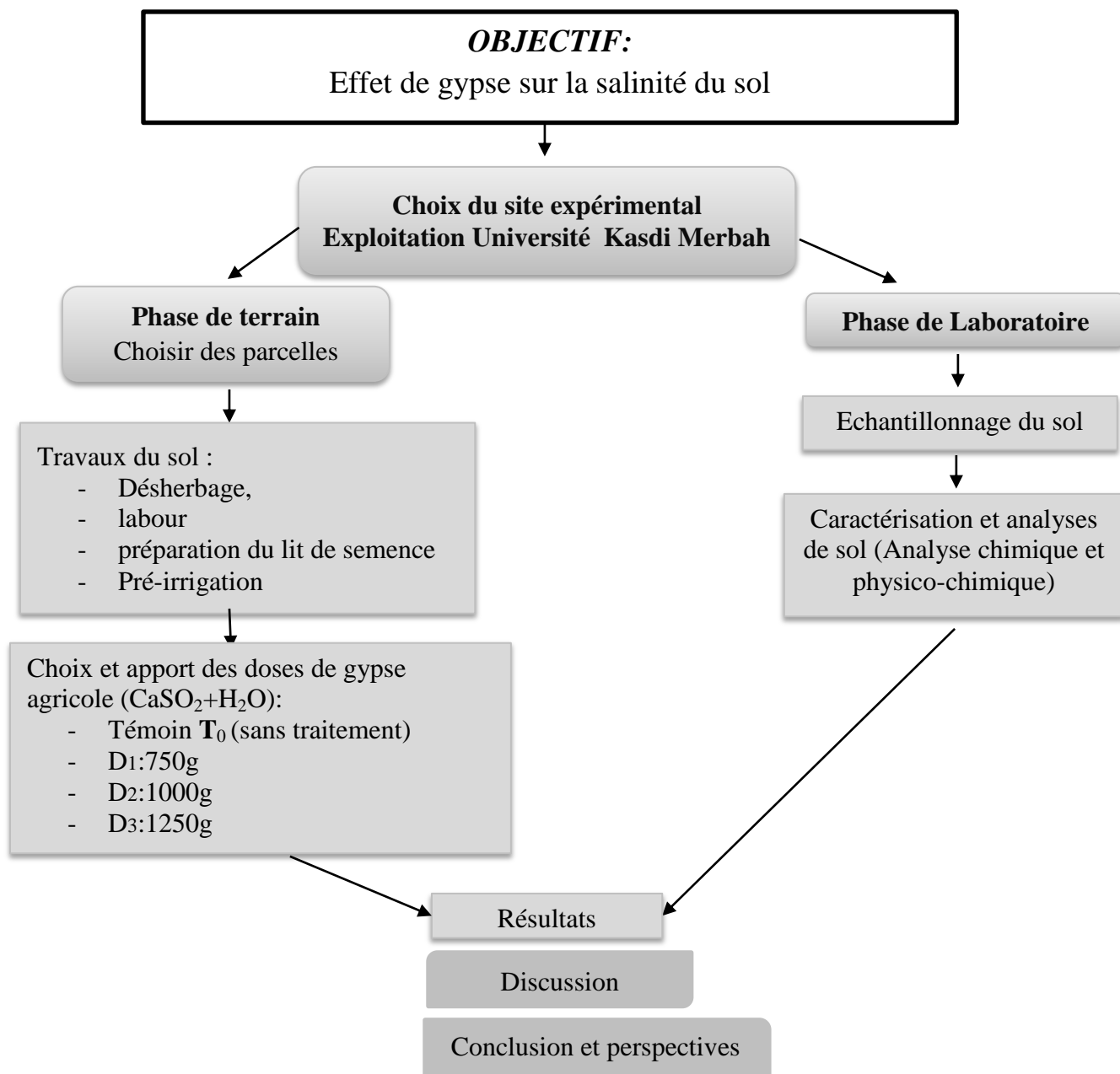


Figure 4. Méthodologie de travail.

2. Présentation de site d'étude

L'exploitation est située au sud-ouest de la ville d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre-ville. Elle se présente sous forme d'un glacis, d'une grande homogénéité topographique.

Elle se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. La dénivellée topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres. Ses coordonnées sont les suivantes

- Longitude : $5^{\circ},20'$ Est;
- Latitude : $31^{\circ},57'$ Nord;
- Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 134.0 m.

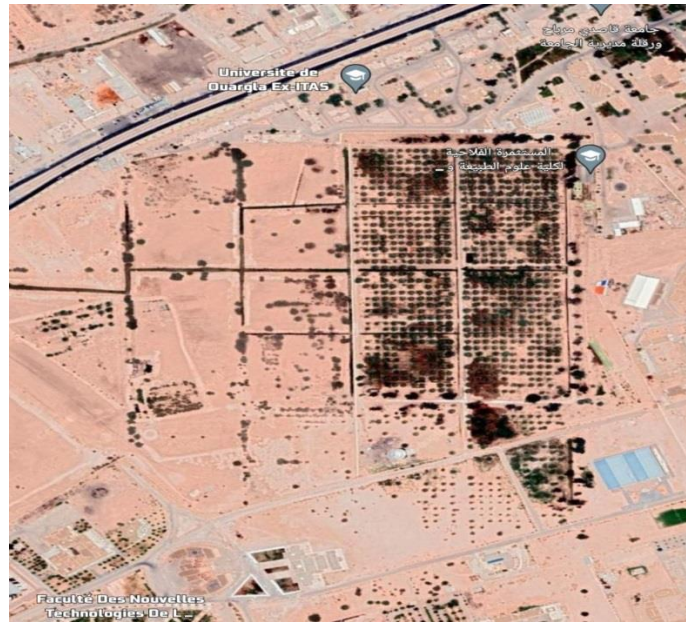


Figure 5. Situation géographique de l'exploitation de l'université Ouargla (Google Earth, 2023).

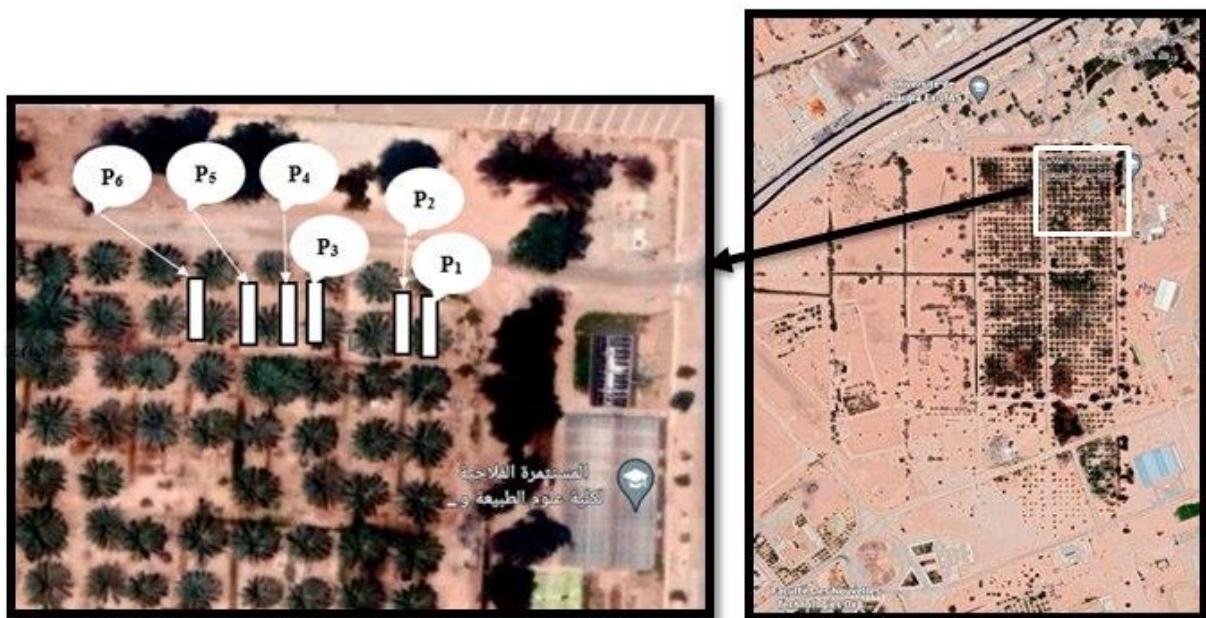


Figure 6. Situation géographique des parcelles études de l'exploitation de l'université Ouargla (Google Earth,2023).

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel utilisé

Pour la réalisation de notre travail nous avons utilisé le matériel suivant :

| Matériel utilisé au niveau du terrain | Matériel utilisé au niveau du laboratoire |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bloc-notes ▪ Gypse agricole ▪ Appareil photo ▪ Tarière: ▪ Pots pour essais ; ▪ Sachets en plastique avec des étiquettes ▪ Le râteau ; ▪ La pelle ; ▪ Une truelle ; ▪ Une binette ; ▪ Une brouette : ▪ Les gants ; ▪ Mètre ruban ; ▪ Un Ruban adhésif ; ▪ Tuyau d'eau ; ▪ Une balance. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ pH-mètre; ▪ Conductivité électrique; ▪ Agitateur; ▪ Balance numérique; ▪ Etuve; ▪ Tamis de 2mm; ▪ Verreries (Becher, éprouvette, bouteille, funnel....) ; ▪ Une pissette d'eau distillée ; ▪ Papier filtre ; ▪ L'eau distillée ; ▪ Une spatule. |

3.2 Méthodes d'étude au niveau du terrain

➤ Travail de sol :

D'abord, Nous avons sélectionné le terrain souhaité pour étudier, Il était divisé en 6 parcelles et à chaque parcelle elle divisé en 4 partie égale (T0, T1, T2, T3).

Préparation des terres, en utilisation de ces outils (Le râteau, La pelle, Une binette), nous prélèverons des échantillons à trois horizons de profondeur dans le sol. Cette porosité permet la circulation de l'eau et de l'air dans le sol et favorise la pénétration des racines et l'activité biologique. Elle se modifie de façon plus ou moins réversible au rythme de l'activité saisonnière de l'agriculture. Il a été irrigué pendant trois semaines chaque semaine une fois en nivelant la terre et en la saturant.

➤ Échantillonnage du sol :

- Des échantillons de sol ont été prélevés de chaque traitement à trois horizons de profondeur avant d'ajouter du gypse agricole;
- Répétez le ballon pour trois dates différentes après un arrosage continu du sol;
- Prélèvement d'autres échantillons après ajout de gypse agricole à chaque traitement et à trois horizons en profondeur. Cette



Photo1. Échantillonnage du sol

➤ **Apport du gypse agricole :**

Pour préparer les parcelles avant d'ajouter du gypse agricole, il faut l'arroser pendant trois semaines consécutives une fois par semaine on à :

- Préparer les outils nécessaires pour ajouter du gypse agricole (Une balance, pots pour essais, une truelle) ;
- Pesez le gypse agricole avec la balance pour les trois doses (750g, 1000g et 1250g) ;
- Apport de gypse agricole sur les parcelles la (**Photo 2**) ;
- Irriguer les parcelles une fois par semaine après l'ajouté du gypse agricole.
- Un total de cinquante-quatre échantillons sont prélevé et analyser au laboratoire.



Photo 2. Le gypse agricole utilisé.



Photo 3. L'ajout du gypse agricole.

3.3. Méthodes d'étude au niveau du laboratoire :

➤ **Préparation de la solution de sol :**

- Après tamisage et séchage du sol, nous pesons 20 g de chaque échantillon;
- Mettre le sol dans des flacons pour tous les échantillons;
- Ajouter 50 ml d'eau distillée dans chaque flacon;
- Bien refermer les bouteilles Mettre les bouteilles dans l'agitateur pendant 30 minutes;
- Laisser les bouteilles au repos pendant une heure et demie pour dépôt la terre au fond;
- Filtrer la solution dans un flacon avec un entonnoir à travers du papier filtre;
- Mesure de la solution résultante pour le pH et la conductivité électrique;

➤ **Méthode pour mesurer le résidu sec :**

- Peser les flacons avant d'ajouter la solution résultante à chaque échantillon;
- Ajoutez la solution obtenue dans les bouteilles et mettez la au étuve pendant 24 heures à une température de 105 degrés Celsius;
- Laisser refroidir les bouteilles pendant un certain temps repeser les flacons après séchage de la solution au étuve ;
- Une comparaison entre le premier et le deuxième poids pour déterminer la valeur de la matière sèche (résidu sec) sédimentée au fond du ballon pour chaque échantillon.

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| <p>Photo: pH mètre.</p> | <p>Photo: Etuve (matière sèche).</p> | <p>Photo: Conductivité électrique.</p> | <p>Photo: Agitateur.</p> |

4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet avec 6 blocs, un seul facteur gypse agricole (**Figure 7**).

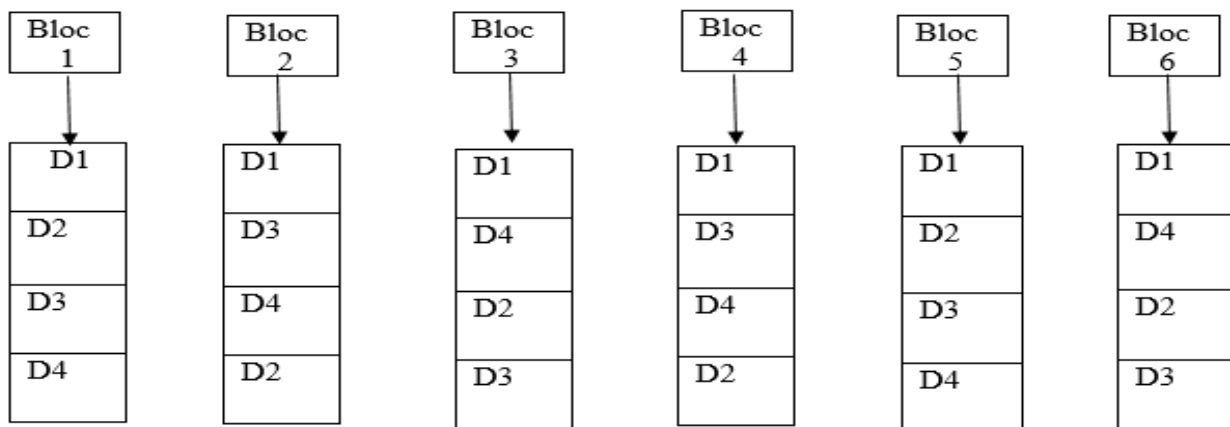


Figure 7. Schéma du dispositif expérimental

D1: Dose sans traitement

D2: Dose 750g

D3: Dose 1000g

D4: Dose 1250g

5. Analyse statistique de résultat

Les données de la conductivité électrique (CE), le potentiel hydrogène (pH) et le résidu sec (RS) des sols sont traitées par le logiciel statistique Xlstat version 2009.6.01. Nous avons réalisé une analyse de la variance à un facteur (ANOVA one way).

6. Analyse de l'eau d'irrigation

Selon le digramme de classification des eaux d'irrigation de Riverside (**US. Salinity Laboratory Staff, 1954**), modifié par **Durand (1983)**, les eaux du forage du Mio-Pliocène (**Tableau 2**) appartiennent à la classe **C5 S3**. Cette eau devrait être utilisée sur des sols à texture grossière avec beaucoup de précautions. Son utilisation est sans risque pour le palmier dattier qui pourrait supporter des salures allant jusqu'à 15 mS.cm-1 (**Durand, 1983**).

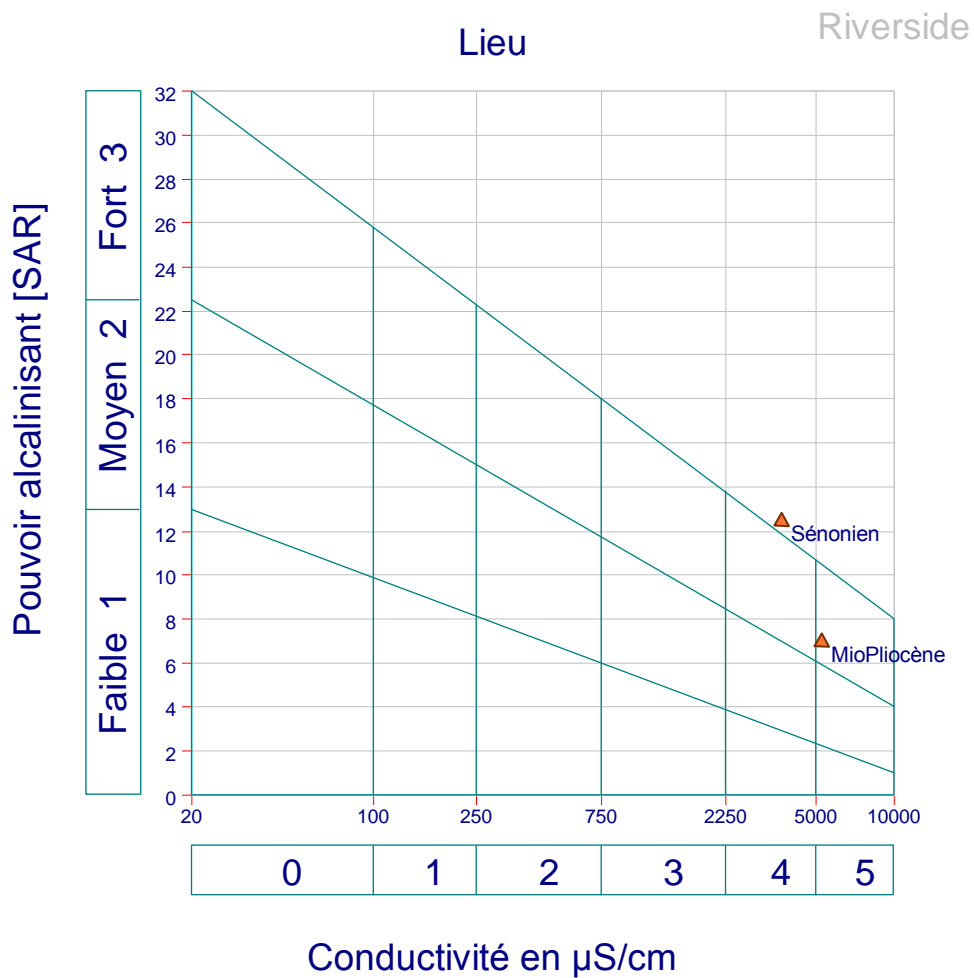


Figure 8. Diagramme Riverside d'eau irrigation.

Le faciès chimique.

La figure suivante l'analyse de ces résultats montre que le faciès chimique de l'eau de forage utilisée est : sulfate, équilibre de sodium calcique et magnésienne.

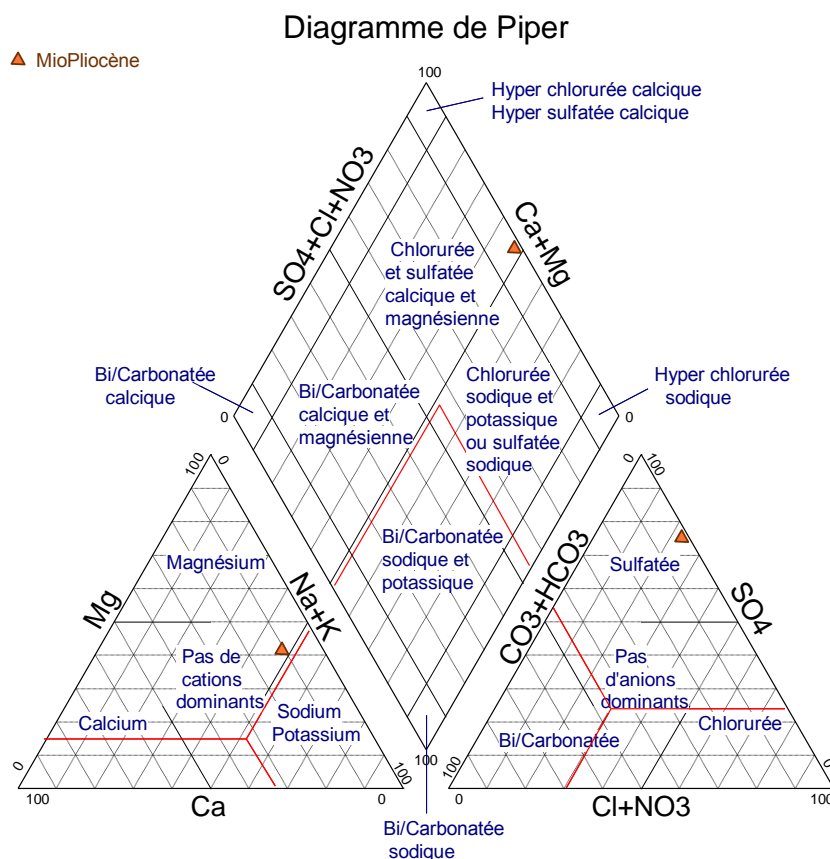


Figure 9. Diagramme de Piper d'eau irrigation utilisées.

Tableau 2. Résultats de l'analyse des eaux des forages (Berkal, 2016)

| Forages | EC à 25°C (mS.cm ⁻¹) | SAR | pH | Cations (méq/l) | | | | anions (méq/l) | | |
|-------------|----------------------------------|------|-----|-----------------|----------------|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | | | | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ |
| MioPliocène | 5,3 | 6,9 | 7,3 | 26,3 | 0,1 | 6,0 | 22,8 | 1,2 | 13,2 | 43,2 |
| Sénonien | 3,7 | 12,4 | 8,1 | 40,1 | 0,2 | 7,6 | 13,2 | 3,0 | 25,4 | 29,5 |

Chapitre IV:

Résultat et discussion

1. Résultats de la conductivité électrique (CE)

1.1. Résultats de la conductivité électrique (CE) sans traitement

La **figure 10**, présente l'analyse de la conductivité électrique des parcelles sans traitement. On constate une certaine hétérogénéité de la conductivité qui varie entre 0,45 et 1,22.

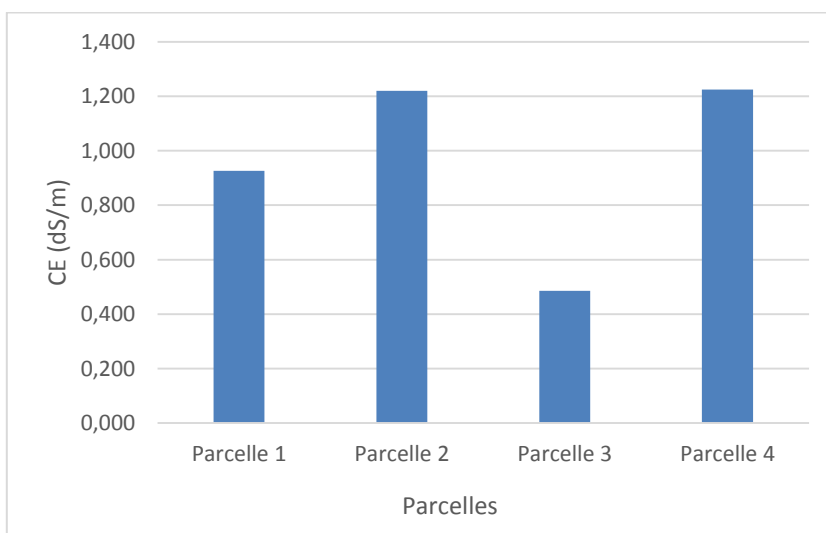


Figure 10. Graphiques des moyennes de la CE sans traitement.

L'analyse de la variance (**Tableau 3**) montre qu'il n'y pas de différences significative entre les parcelles avant traitement ($Pr = 0,46$, ddl = 3).

Tableau 3: l'analyse de la variance de la CE sans traitement

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Parcelles | 3 | 1.460 | 0.487 | 0.900 | 0.466 |
| Erreur | 14 | 7.574 | 0.541 | | |
| Total corrigé | 17 | 9.034 | | | |

1.2. Résultats de la conductivité électrique (CE) après 20 jours

Selon la figure **Figure 11**, le maximum de la conductivité électrique après 20 jours est enregistré pour les traitements T3 et T1) le minimum est présenté par la parcelle (traitement T2).

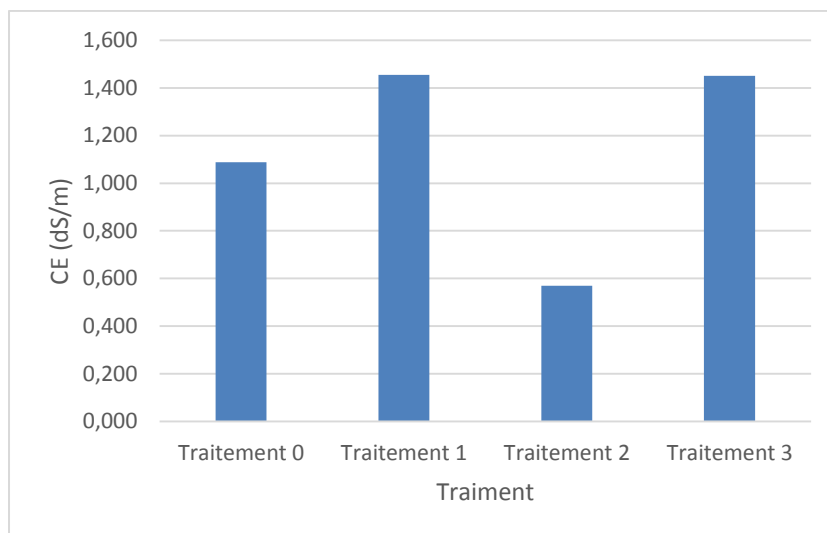


Figure 11. Graphiques des moyennes de la CE après 20 jours.

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,386 est nettement supérieur a α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 4**).

Tableau 4. L'analyse de la variance de la CE après 20 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 2.096 | 0,699 | 1.090 | 0.386 |
| Erreur | 14 | 8.974 | 0.641 | | |
| Total corrigé | 17 | 11.070 | | | |

1.3. Résultats de la conductivité électrique (CE) après 40 jours.

Selon la **figure 12**, le maximum de la CE après 40 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T3 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T2)

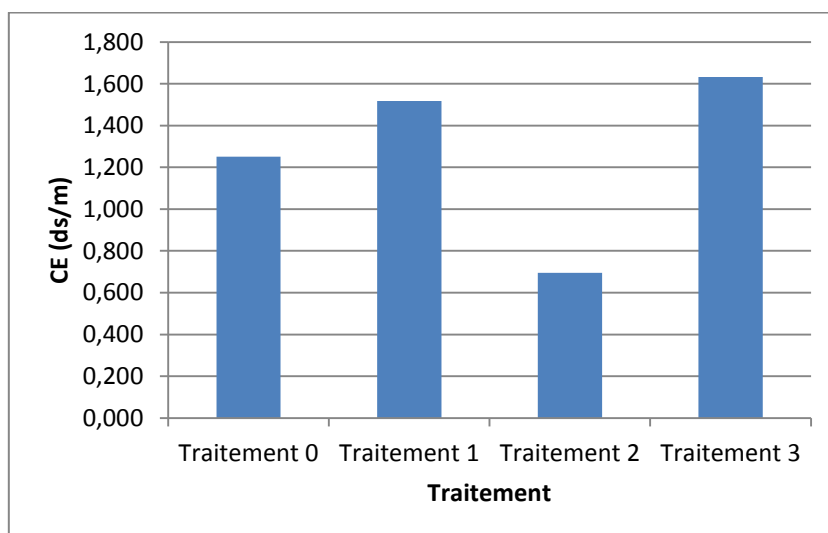


Figure 12: Graphiques des moyennes de la CE après 40 jours

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,439 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 5**).

Tableau 5. L'analyse de la variance de la CE après 40 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 2.095 | 0.698 | 0.959 | 0.439 |
| Erreur | 14 | 10.193 | 0.728 | | |
| Total corrigé | 17 | 12.288 | | | |

1.4. Mesure de la conductivité électrique selon la profondeur après 60 jours

Nous avons mesuré la conductivité électrique après 60 jours et sur trois profondeurs à savoir de 0 à 20 cm, 20 à 40 cm et de 40 à 60 cm.

1.4.1. L'analyse de la variance de la CE après 60 jours (0 à 20 cm)

- Selon la figure (**Figure 13**) le maximum de la CE après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T3 et T1) le minimum est présenté par la parcelle (traitement T2)

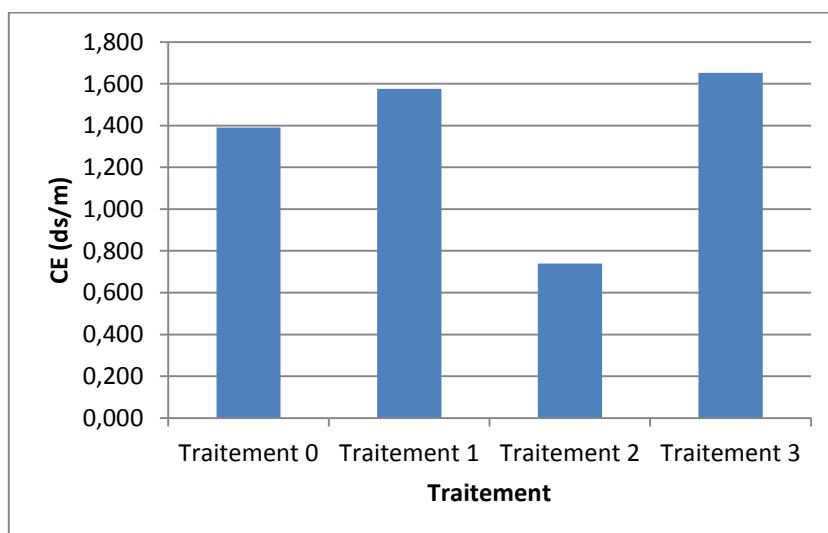


Figure 13: Graphiques des moyennes du CE après 60 jours à profondeur (0-20).

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,473 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (0-20) (**Tableau 6**).

Tableau 6: l'analyse de la variance de la CE après 60 jours à profondeur (0-20)

| Source | DDL | Somme des carrés | Source | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|---------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 2.066 | Modèle | 0.884 | 0.473 |
| Erreur | 14 | 10.905 | Erreur | | |
| Total corrigé | 17 | 12.971 | Total corrigé | | |

1.4.2. L'analyse de la variance de la CE après 60 jours (20 à 40 cm)

Selon la figure (**Figure 14**) le maximum de la CE après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T3 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T2)

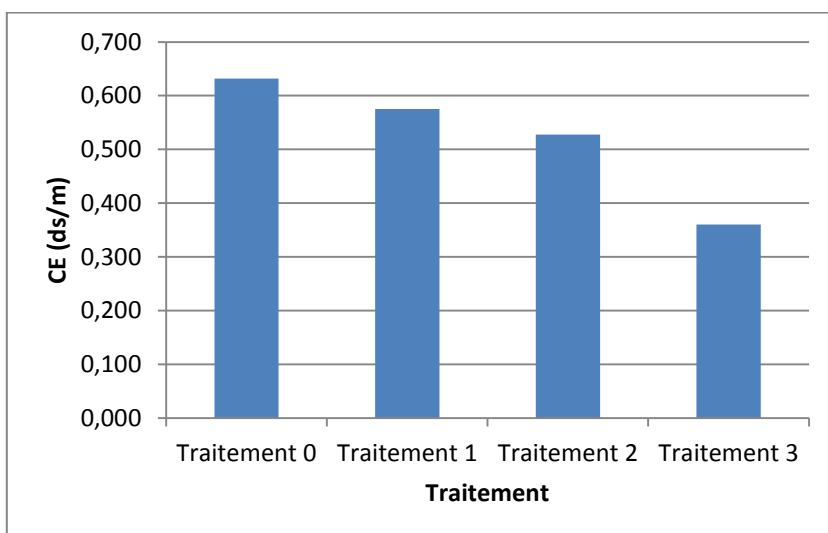


Figure 14: Graphiques des moyennes de la CE après 60 jours à profondeur (20-40)

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,651 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (40-60) (**Tableau 7**).

Tableau 7: l'analyse de la variance de la CE après 60 jours à profondeur (20-40)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.185 | 0.062 | 0.558 | 0.651 |
| Erreur | 14 | 1.549 | 0.111 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.734 | | | |

1.4.3. L'analyse de la variance de le CE après 60 jours (40 à 60 cm)

Selon la figure (**Figure 15**) le maximum de la CE après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T3 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T2).

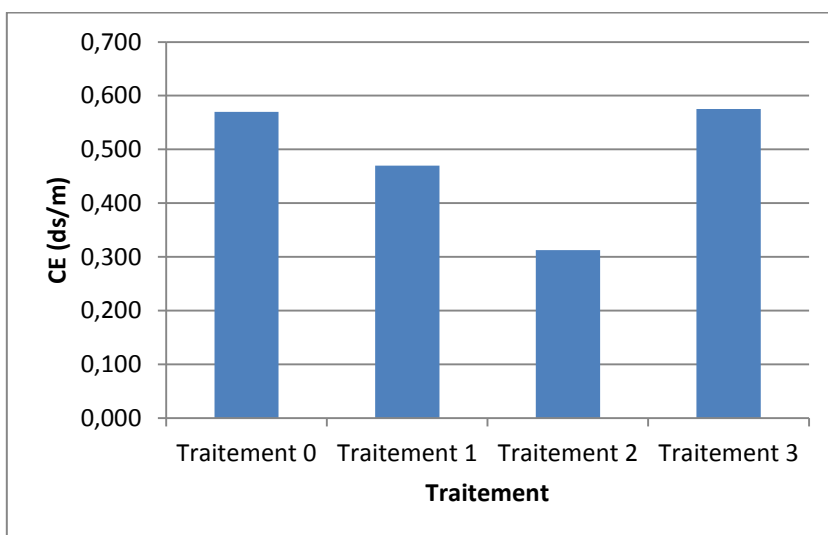


Figure 15: Graphiques des moyennes de le CE après 60 jours à profondeur (40-60).

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,497 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (40-60) (**Tableau 8**).

Tableau 8 : l'analyse de la variance de la CE après 60 jours à profunder (40-60)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.195 | 0.065 | 0.835 | 0.497 |
| Erreur | 14 | 1.089 | 0.078 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.284 | | | |

2. Analyses de potentiel hydrogène (pH)

Tableau 9: l'analyse de la variance du potentiel hydrogène (pH) sans traitement

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.103 | 0.034 | 0.280 | 0.839 |
| Erreur | 14 | 1.725 | 0.123 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.828 | | | |

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,839 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 9**).

La figure 16, présente l'analyse du potentiel hydrogène des parcelles sans traitement. On constate une certaine hétérogénéité de la potentiel hydrogène qui varie entre 7 et 7,2.

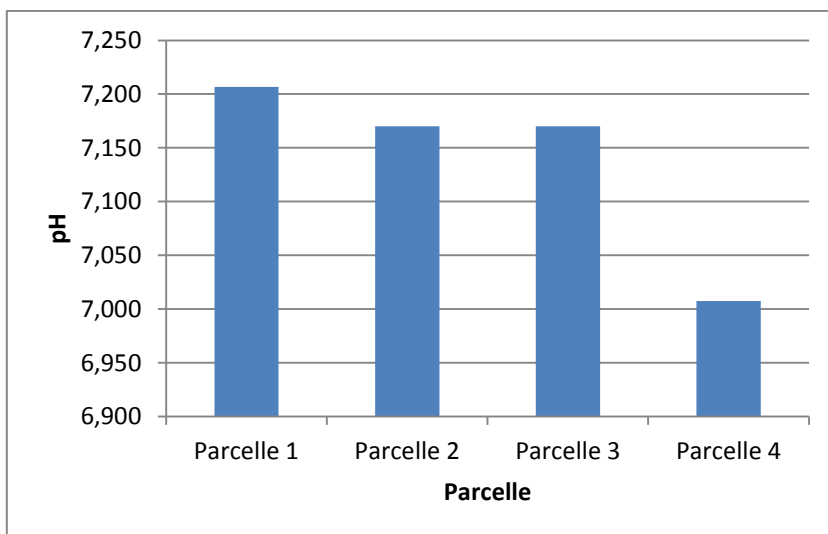


Figure 16: Graphiques des moyennes de la variance du pH sans traitement.

2.1. L'analyse de la variance du potentiel hydrogène (pH) après 20 jours

- Selon la figure (**Figure 17**) le maximum de la potentiel hydrogène après 20 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3).

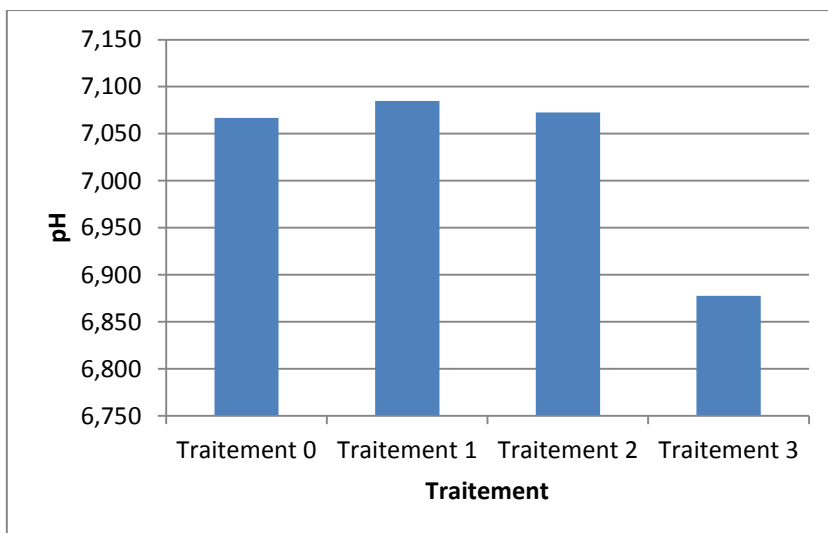


Figure 17. Graphiques des moyennes du pH après 20 jours

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,772 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 10**).

Tableau 10: l'analyse de la variance de le potentiel hydrogène (pH) après 20 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.120 | 0.040 | 0.375 | 0.772 |
| Erreur | 14 | 1.499 | 0.107 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.619 | | | |

2.2. L'analyse de la variance du potentiel hydrogène (pH) après 40 jours

- Selon la figure (**Figure 18**) le maximum de la potentiel hydrogène après 40 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3).

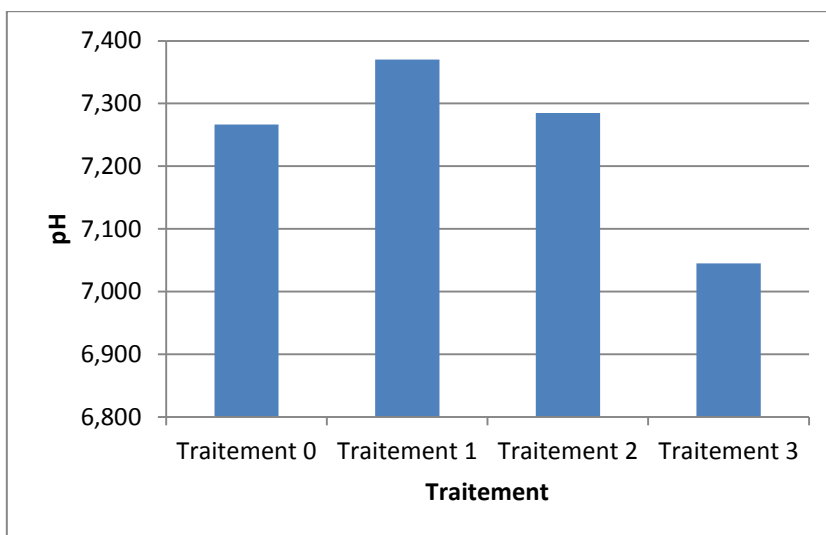


Figure 18: Graphiques des moyennes du pH après 40 jours.

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,432 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 11**).

Tableau 11 : L'analyse de la variance de le potentiel hydrogène (pH) après 40 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.232 | 0.077 | 0.976 | 0.432 |
| Erreur | 14 | 1.108 | 0.079 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.339 | | | |

2.3. Mesure du potentiel hydrogène selon la profondeur après 60 jours

2.3.1. L'analyse de la variance du pH après 60 jours à profondeur (0-20)

- Selon la figure (**Figure 19**) le maximum de la potentiel hydrogène après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3)

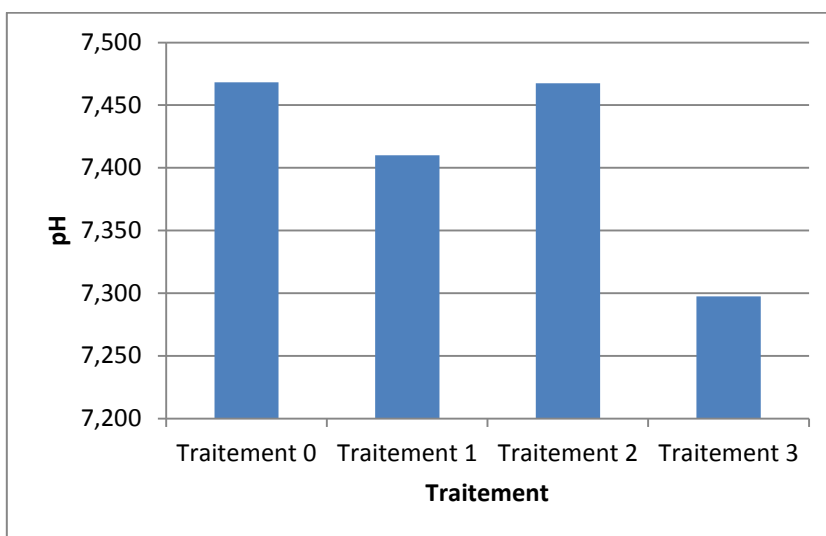


Figure 19. Graphiques des moyennes de le pH après 60 jours à profondeur (0-20).

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,867 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (0-20) (**Tableau 12**).

Tableau 12. L'analyse de la variance de le potentiel hydrogène (pH) après 60jours à profondeur (0-20)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.083 | 0.028 | 0.240 | 0.867 |
| Erreur | 14 | 1.623 | 0.116 | | |
| Total corrigé | 17 | 1.707 | | | |

2.3.2. L'analyse de la variance du pH après 60jours à profondeur (20-40)

- Selon la figure (**Figure 20**) le maximum de la potentiel hydrogène après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T3 et T1) le minimum est présenté par la parcelle (traitement T2).

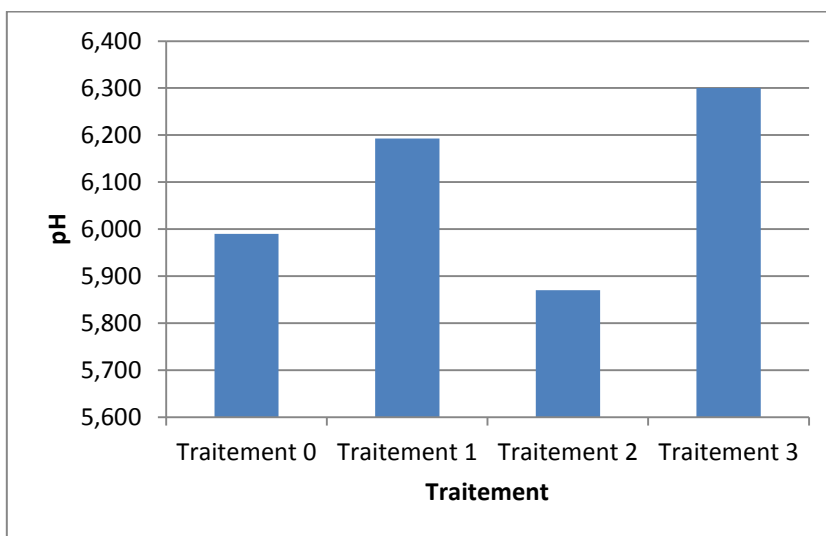


Figure 20. Graphiques des moyennes de le pH après 60jours à profondeur (20-40).

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,498 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (20-40) (**Tableau 13**).

Tableau 13. L'analyse de la variance de le potentiel hydrogène (pH) après 60jours à profondeur (20-40)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.469 | 0.156 | 0.832 | 0.498 |
| Erreur | 14 | 2.630 | 0.188 | | |
| Total corrigé | 17 | 3.100 | | | |

2.3.3. L'analyse de la variance du pH après 60jours à profondeur (40-60)

- Selon la figure (**Figure 21**) le maximum de la potentiel hydrogène après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T3) le minimum est présenté par la parcelle (traitement T1).

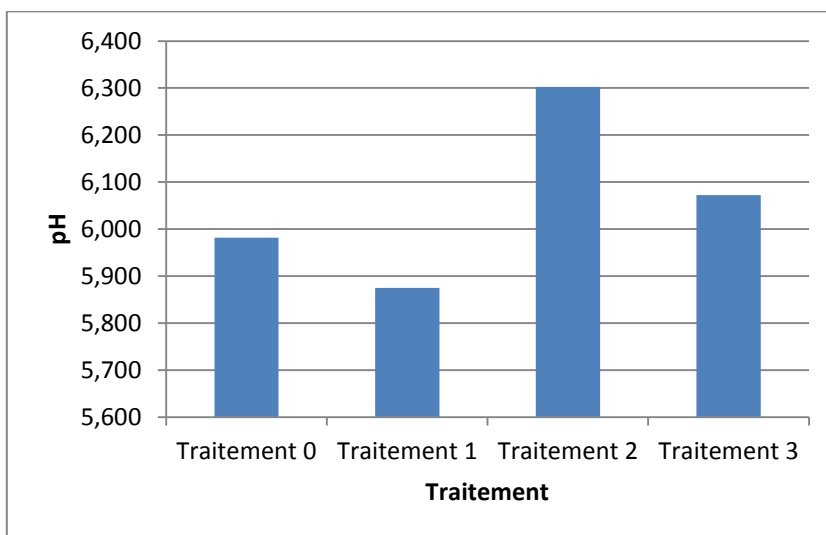


Figure 21. Graphiques des moyennes du pH après 60jours à profondeur (40-60)

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,442 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (40-60) (**Tableau 14**).

Tableau 14 : L'analyse de la variance de le potentiel hydrogène (pH) après 60jours à profondeur (40-60)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.408 | 0.136 | 0.952 | 0.442 |
| Erreur | 14 | 1.999 | 0.143 | | |
| Total corrigé | 17 | 2.406 | | | |

3. Analyses résidu sec

Tableau 15 : L'analyse de la variance de le résidu sec (RS) sans traitement

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.087 | 0.029 | 0.167 | 0.917 |
| Erreur | 14 | 2.421 | 0.173 | | |
| Total corrigé | 17 | 2.507 | | | |

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,917 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 15**).

La figure 22, présente l'analyse de la résidu sec des parcelles sans traitement. On constate une certaine hétérogénéité du résidu sec qui varie entre 0,75 et 0,92.

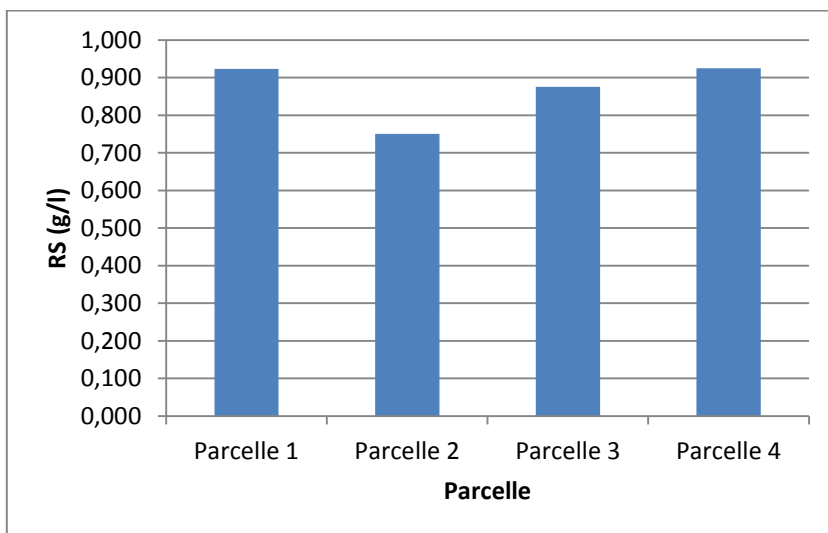


Figure 22. Graphiques des moyennes de la variance de le RS sans traitement.

3.1. L'analyse de la variance de la résidu sec (RS) après 20jours

- Selon la figure (**Figure 23**) le maximum du résidu sec après 20 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3).

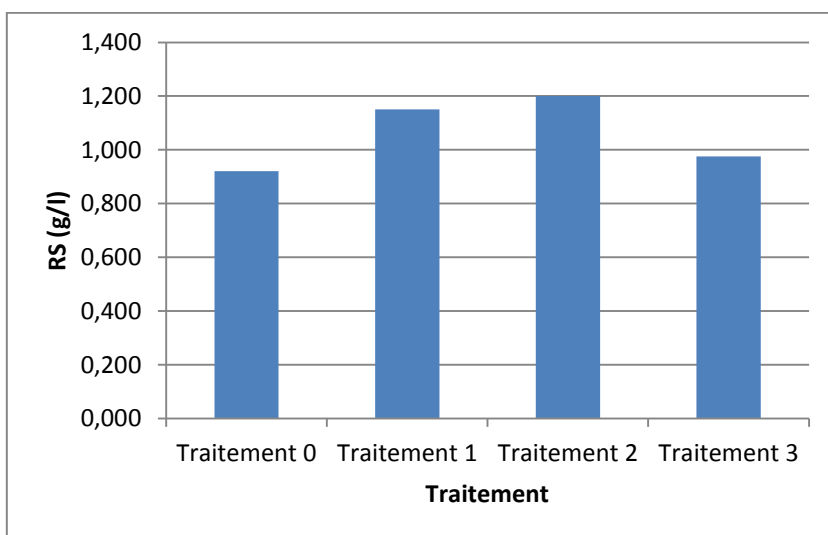


Figure 23. Graphiques des moyennes du RS après 20 jours

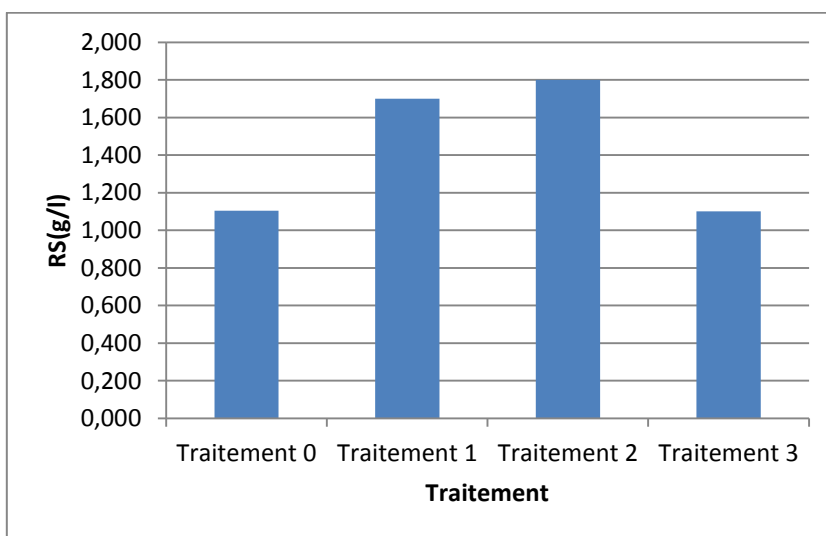
Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,659 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 16**).

Tableau 16 : L'analyse de la variance de le résidu sec (RS) après 20 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.254 | 0.085 | 0.545 | 0.659 |
| Erreur | 14 | 2.170 | 0.155 | | |
| Total corrigé | 17 | 2.423 | | | |

3.2. L'analyse de la variance du résidu sec (RS) après 40 jours

- Selon la figure (**Figure 24**) le maximum du résidu sec après 40 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3).

**Figure 24.** Graphiques des moyennes du RS après 40 jours

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,152 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements (**Tableau 17**).

Tableau 17 : L'analyse de la variance de le résidu sec (RS) après 40 jours

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 1.886 | 0.629 | 2.057 | 0.152 |
| Erreur | 14 | 4.280 | 0.306 | | |
| Total corrigé | 17 | 6.167 | | | |

3.3. Mesure du résidu sec selon la profondeur après 60 jours

3.3.1. L'analyse de la variance du résidu sec (RS) après 60 jours à profondeur (0-20)

- Selon la figure (**Figure 25**) le maximum du résidu sec après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T1) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T3).

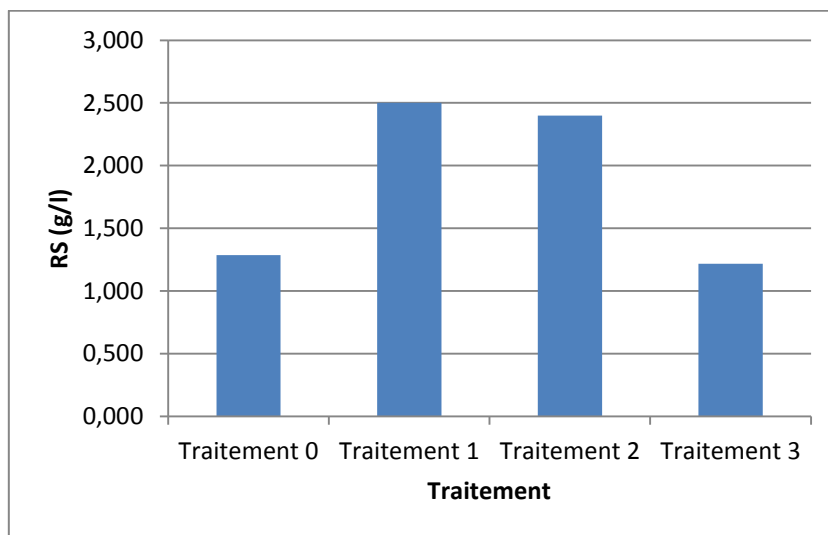


Figure 25. Graphiques des moyennes de la RS après 60 jours à profondeur (0-20).

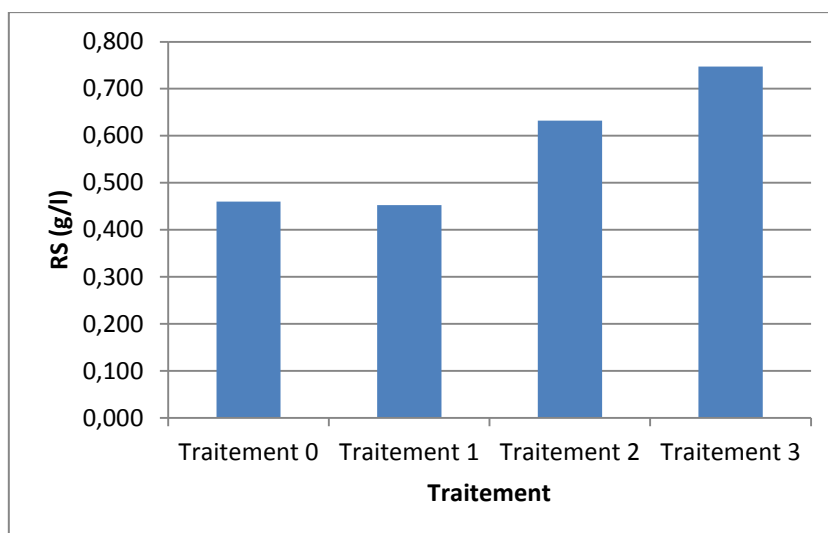
Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,187 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (0-20) (**Tableau 18**).

Tableau 18 : L'analyse de la variance du résidu sec (RS) après 60 jours à profondeur (0-20)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 6.336 | 2.112 | 1.837 | 0.187 |
| Erreur | 14 | 16.093 | 1.150 | | |
| Total corrigé | 17 | 22.429 | | | |

3.3.2. L'analyse de la variance du résidu sec (RS) après 60 jours à profondeur (20-40)

- Selon la figure (**Figure 26**) le maximum du résidu sec après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T3) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T1).

**Figure 26.** Graphiques des moyennes de le RS après 60jours à profondeur (20-40).

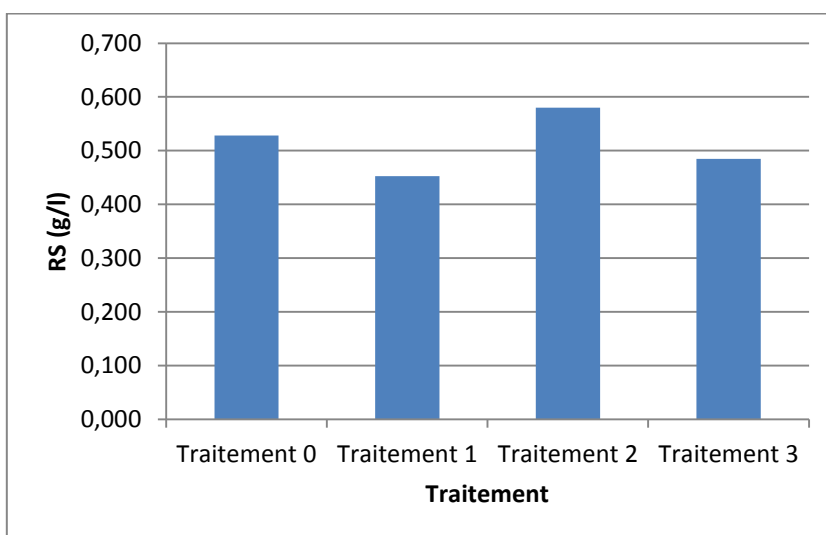
Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,626 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (20-40) (**Tableau 19**).

Tableau 19. L'analyse de la variance du résidu sec après 60 jours à profondeur (20-40)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.268 | 0.089 | 0.599 | 0.626 |
| Erreur | 14 | 2.087 | 0.149 | | |
| Total corrigé | 17 | 2.355 | | | |

3.3.3. L'analyse de la variance du résidu sec (RS) après 60 jours à profondeur (40-60)

- Selon la figure (**Figure 27**) le maximum du résidu sec après 60 jours est enregistré pour les parcelles (traitement T2 et T3) le minimum est présenté par le parcelle (traitement T1).

**Figure 27.** Graphiques des moyennes de le RS après 60jours à profondeur (40-60).

Selon le tableau de l'analyse de variance la probabilité d'erreur est de l'ordre de 0,825 est nettement supérieur à α au seuil 0,05 donc il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements profondeur (40-60) (**Tableau 20**).

Tableau 20 : L'analyse de la variance de le RS après 60 jours à profondeur (40-60)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Dose gypse | 3 | 0.037 | 0.012 | 0.299 | 0.825 |
| Erreur | 14 | 0.579 | 0.041 | | |
| Total corrigé | 17 | 0.616 | | | |

4. Évolution le différent paramètre mesure en fonction de tempes

4.1. Évolution du potentiel hydrogène en fonction de jour du temps

Selon la figure (**Figure 28**) le graphe relatif au pH montre une diminution observable des valeurs des pH après 20 jours, Sachant que lion sulfate conduit vers neutralité. Ensuite nous avons remarqué une élévation brusque des pH à partir des 40 jours à 60 jours. Cela peut s'expliquer par le fait que certains ions sulfates ont dus réagir avec d'autres ions présents dans le sol.

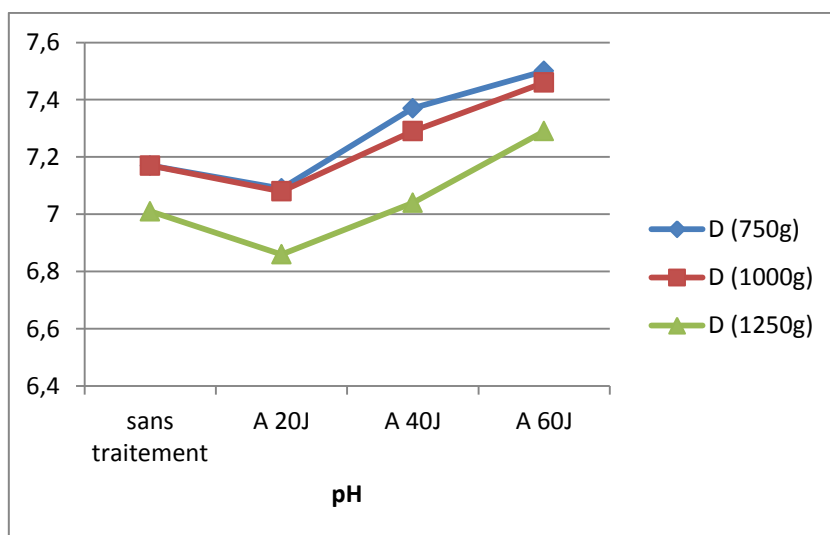


Figure 28. Graphiques des moyennes du potentiel hydrogène en fonction de tempes

4.2. Évolution de la conductivité électrique et la résidu sec en fonction de jour du temps

Selon la figure (**Figure 29**) Le graphe montre visiblement une augmentation de la conductivité électrique dans le temps et cela pour les trois doses utilisées. Cette augmentation est peut-être du

à la présence du sulfate de calcium en solution $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$. Lion sulfate dérivé d'un acide fort agit fortement sur la conductivité électrique. De même pour la salinité qui dépend directement une augmentation dans le temps (**Figure 30**).

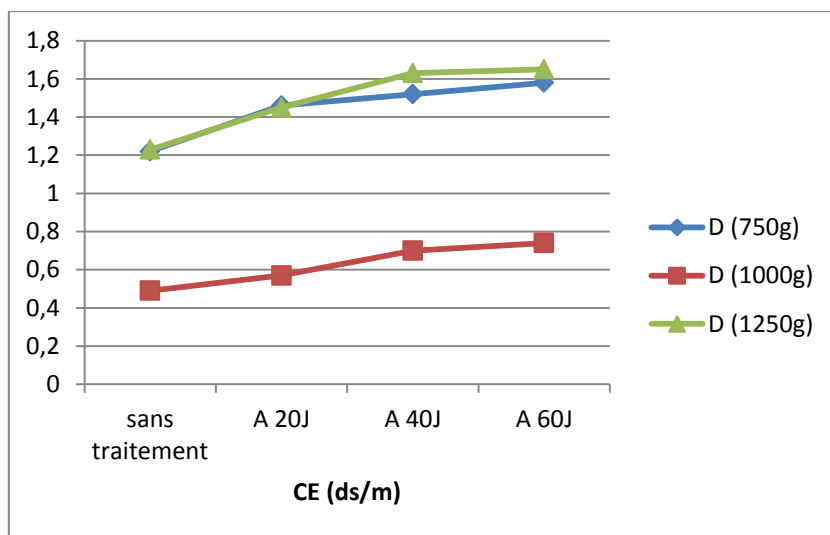


Figure 29. Graphiques des moyennes du la conductivité électrique en fonction de tempes

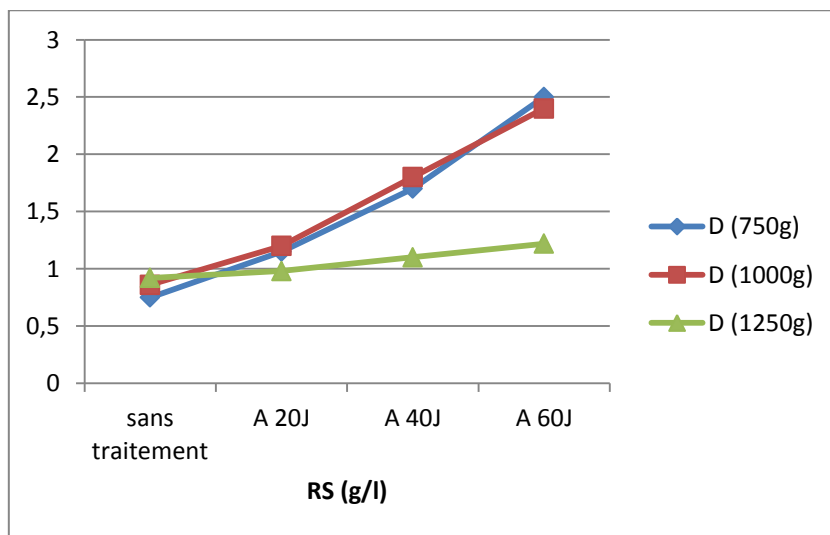


Figure 30. Graphiques des moyennes du le résidu sec en fonction de tempes

Discussion

En examinant les graphiques et les tableaux précédents, il est évident que l'effet du gypse agricole sur la salinité du sol ne varie pas d'une façon inversement proportionnel aux quantités et du poids ajoutés. En comparant les doses, il est clair que la salinité, le pH et la conductivité électrique sont tous affectés, mais sur le plan statistique, les résultats montrent que cela n'a pas eu d'impact significatif sur la salinité du sol.

Eisa, (1986) a mené une expérience en laboratoire et sur le terrain visant à étudier l'effet de l'ajout de gypse il a noté que les cations sodiques dissous et interchangeables étaient les plus rapides à migrer par lixiviation par rapport aux autres ions. En raison des additifs de gypse, la concentration de sels totaux a diminué de 65%. Quant aux ions chlorure et sulfate, leur concentration a diminué de 70 % et 38%, sur la commande. Le pourcentage de sodium échangé a également diminué ESP % de 10 à moins de 6,63 mm équivalent/100g du sol, et le pH est de 9,4 à moins de 8,5.

Afin d'évaluer l'effet de différents taux de gypse et d'eau d'irrigation sur les propriétés chimiques de trois traitements successifs, Carter et al., (1986) a prélevé trois échantillons représentatifs de sols alcalins, ils ont constaté que le pH du sol dans les deuxième et troisième traitements a diminué, alors que le pH a légèrement augmenté au traitement premier. Ils ont noté que le degré de changement du pH dépendait clairement des quantités de gypse et d'eau ajoutées. Quant à la concentration en sels dissous, elle augmentait en augmentant la quantité de gypse, les résultats de l'étude ont indiqué que la concentration de sels dissous était également proportionnelle à la quantité d'eau ajoutée au gypse. L'étude a également montré une augmentation des quantités de zinc et de fer en raison d'une augmentation de la quantité de gypse et d'eau ajoutée. Le pourcentage de sodium dissous lors de l'ajout ou non de gypse était 1,1 et 2,5, alors que les concentrations de zinc et de fer augmentaient lorsque le gypse était ajouté par rapport aux coefficients dans lesquels le gypse n'était pas ajouté.

Les travaux suscités sur les résultats de l'ajout du gypse agricole reste assez contradictoires. Nos résultats ne confirment pas le rôle du gypse agricole comme moyen de lutter contre la salinité et comme solution pour la réhabilitation des sols salés.

Conclusion

Conclusion

Notre travail visé à améliorer la qualité des sols salins en les traitants avec le gypse agricole. En réponse aux travaux menés sur le thème étude de l'effet de l'amendement du gypse sur la salinité des sols, nous avons utilisé trois concentrations de ce gypse Dose1= 750 g, Dose 2= 1000 g, Dose 3= 1250 g. L'expérience est réalisée au sein de l'exploitation de l'université Kasdi Merbah de Ouargla.

Selon nos investigations et recherches bibliographiques, le traitement de la salinité au gypse agricole est une nouvelle technique de traitement des sols salés. Nos résultats ont montré que l'influence du gypse agricole sur la salinité su sol est très aléatoire. On note une différence non significative entre les différents doses de gypses pout tous les variables mesurés (pH, CE et RS).

On recommande une analyse plus approfondie sur le gypse agricole commercialisé et conseillé pour lutter contre la salinité. D'autres expériences doivent être mené avec d'autres doses et avec un autre produit.

Nous proposons la confection d'un gypse agricole au niveau des laboratoires de l'université afin de s'assurer de la qualité du produit.

En Fin, nous souhaitons que ce travail se poursuive par d'autres travaux en vue de mieux cerner le problème de la salinisation des sols, dont les retombées seront positives pour le développement agricole de cette région.

Référence

- Hamdi-Aissa B., Girard M.C., 2000. Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Revue Sécheresse*, 11(3) : 179-182.
- Achour S., Youcef L., Guergazi, S., 2008. Qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles du Sahara septentrional oriental algérien. *L'Eau, l'industrie, les nuisances*, (311) : 79-84.
- Unesco, 1972. Étude des ressources en eau *du Sahara Septentrional*. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. 116 p.
- Nezli I., Achour S., Djabri L., 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*, (6) : 121-134.
- Nesson C.L., 1978. L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du bas algérien. In *Recherches sur l'Algérie*. Ed. C.N.R.S. Paris : 17-100.
- CHESWORTH W., 2008 - *Encyclopedia of Soil Science*, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902 p.
- MATHIEU C., LOZET J., 2011- *Dictionnaire encyclopédique de science du sol*. Lavoisier. Edition Tech&Doc. Paris. 733 p.
- GRÜNBERGER O., 2015 - *Dynamiques salines des sols des milieux arides et semiarides*. Sciences de la Terre. Université de Montpellier.
- MERMOUD., 2006 - *Maitrise de la salinité des sols*. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 15p.
- GIRARD J. F., LEGCHENKO A., BOUCHER M., 2005 - *Stability of MRS signal and estimating data quality*. *Near Surface Geophysics*. 187 - 194p.
- HALITIM A., 1988 - *Sol des régions arides d'Algérie*. O.P.U. Alger. 384p.
- GAUCHER G., BUBDIN S., 1974 - *Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés*. Université de France. 230p. In MISSAOUI Y.,
- MISSAOUI Y., 1991 - *Evolution de la salinité en fonction des doses d'irrigation*. Mémoire de Magistère. L'ITDAS de Biskra. 91p.
- IRD 2008. *Les dossiers thématiques de l'Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles* : 1er partie Salinisation et sodisation des sols. 2ème partie La dégradation des sols par salinisation ou alcalisation.
- LACHARMEM., 2001 - *Le contrôle de la salinité dans les rizières (Fascicule 9)*. Coopération Française du Développement Rural et de l'Environnement Direction de la Recherche Formation Vulgarisation. Sénégal. 16p.

BADRAOUI M., AGBANI M., et SOUDI B., 2000 -Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Séminaire ‘Intensification agricole et qualité des sols et des eaux’. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat. Maroc. 11p.

HADDAD S., ABBES K., 2015 - Etude de l’impact de l’irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l’exploitation de l’université. Mémoire master agronomie. Université Ouargla. 42p.

USSL., 1954 - Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. U.S.A.D, Handbook. N°60. 160p.

11. CALVET R., 2003 - Le sol : Propriétés et fonctions. édition France Agricole. 511p.

SERVANT J., SERVAT E., 1966 - Introduction à l’étude des sols salés littoraux de Languedoc-Roussillon. Ann. Agro., 17(1), 53-73.

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.

SOLTNER D., 1989 - Les bases de la production végétal. Tome I: Le sol, 17ème Ed. C.S.T.A., Angers, 468 p. in HADDAD S., ABBES K., 2015- Etude de l’impact de

DURAND J.H., 1958 - Lessols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190p.

DIARRA L., 1991 - Contribution à l’étude de la résistance de quelques espèces fourragères aux phénomènes de salinisation – alcalinisation. Mémoire d’Ingénieur, Ministère de l’éducation Nationale du Mali. Sciences Appliquées de IIPR de Katibougou. spécialité Agriculture. 63p.

MATHIEU C., AUDOYE P., CHOSSAT J.C., 2007 - Bases techniques de l’irrigation par aspersion. Edit TEC & DOC. Paris. 474 p. In KEMASSI S., 2015-

CALVET R., 2003 - Le sol : Propriétés et fonctions. édition France Agricole. 511p.

MISSAOUI Y., 1991 -Evolution de la salinité en fonction des doses d’irrigation.

IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage) 2006- Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation Du 6 Février au 6 Mars 2006.

Qadir, M, A Ghafoor, and G Murtaza. 2000. “Amelioration Strategies for Saline Soils: A Review.” *Land Degradation & Development* 11 (6): 501–21.

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, Abdelbasset Lakhdar, Mokded Rabhi, Abderrazak Smaoui, A. Rao Maria, and Abdelly Chedly. 2013. "Effects of the Halophytes *Tecticornia Indica* and *Suaeda Fruticosa* on Soil Enzyme Activities in a Mediterranean Sabkha." *International Journal of Phytoremediation* 15 (2): 188–97.

<https://doi.org/10.1080/15226514.2012.687194>.

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>.

Zaman, Mohammad, Shabbir A. Shahid, Lee Heng. 2018a. *Salinity and Sodicity Adaptation and Mitigation Options. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_3.

Zaman, Mohammad, Shabbir A. Shahid, Lee Heng. 2018b. "Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem." *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*, 43–53. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2.

Abrol, I P, Jai Singh Pal Yadav, et F I Massoud. 1988. *Salt-Affected Soils and Their Management*. Food & Agriculture Org.

Schofield, N J. 1992. "Tree Planting for Dryland Salinity Control in Australia." *Agroforestry Systems* 20 (1–2): 1–23.

Schofield, N J, Mohammed A Ban, David T Bell, Wendy J Boddington, Richard J George, and Neil E Pettit. 1991. "The Role of Trees in Land and Stream Salinity Control in Western Australia." In *The Role of Trees in Sustainable Agriculture A National Conference*, 1. Citeseer.

Pazira, E. 1999. "Land Reclamation Research on Soil Physico-Chemical Improvement by Salt Leaching in Southwest Part of Iran." *IERI, Karaj*.

Rengasamy, Pichu. 2006. "World Salinization with Emphasis on Australia." *Journal of*

- Experimental Botany* 57 (5): 1017–23. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>.
- Mutin, Georges. 2009. “Le Tigre et l’ Euphrate de La Discorde To Cite This Version : HAL Id : Hal-00352877.”
- Rahi, Khayyun A., and Todd Halihan. 2010. “Changes in the Salinity of the Euphrates River System in Iraq.” *Regional Environmental Change* 10 (1): 27–35. <https://doi.org/10.1007/s10113-009-0083-y>.
- Shahid, S A. 2013. “Developments in Soil Salinity Assessment, Modeling, Mapping, and Monitoring from Regional to Submicroscopic Scales.” *Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation*, 3–43.
- Ghassemi, Fereidoun, Anthony John Jakeman, and Henry Allan Nix. 1995. *Salinisation of Land and Water Resources: Human Causes, Extent, Management and Case Studies*. CAB international.
- Aubert, Georges. 1976. “Les Sols Sodiques En Afrique Du Nord.”
- Dehni Abdellatif. 2018. “Télédétection de La Salinité Des Sols à l’ Aide Des Techniques de Traitement d’ Images Satellitaires — Application à La Région d’ Oran.”, thèse doctorat, Université des sciences technique Mohamed Boudiaf- Oran.
- Szabolcs, István. 1989. *Salt-Affected Soils*. CRC Press, Inc.
- Abrol, I P, Jai Singh Pal Yadav, et F I Massoud. 1988. *Salt-Affected Soils and Their Management*. Food & Agriculture Org.
- INSID. 2008. Les sols salins en algerie. institut national des sols, de l’irrigation et du Drainage
- 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.
- Aubert, Georges. 1976. “Les Sols Sodiques En Afrique Du Nord.”
- Halitim, A. 1988. “Soil Arid Regions of Algeria.” *OPU, Algeria*, 384.
- Daoud Youcef, and Amor Halitim. 1994. “Irrigation et Salinisation Au Sahara Algérien.” *Science et Changements Planétaires/Sécheresse* 5 (3): 151–60.
- Djili Kaddour. 2000. “Contribution à La Connaissance Des Sols Du Nord de l’Algérie.” , thèse doctorat insitu national agronomique El-harrach INA-Alger.
- Dadi Bouhouun Mustapha, Mohamed Lakhdar Saker, Djamal Boutoutaou, Louhichi

Brinis, Abdellah Kemassi, and Mohamed Didi Ould el hadj. 2012. “Impact Des Eaux Phréatiques Sur La Salinité et Le Rendement Du Palmier Dattier à Ouargla.”

Algerian Journal of Arid Environment “AJAE” 2 (2): 7.

Idder Tahar, Abdelhak Idder, Abdourahamane Tankari Dan-Badjo, Amina Benzida, Soumia Merabet, Hamza Negais, and Aïcha Serraye. 2014. “Les Oasis Du Sahara Algérien, Entre Excédents Hydriques et Salinité. L'exemple de l'oasis de Ouargla.”

Revue Des Sciences de l'eau/Journal of Water Science 27 (2): 155–64.

(Google Earth, 2023) : Application

ROUVILLOIS-BRIGOLM., 1975-*le pays de Ouargla, Sahara algérien-Eddépartement de géographie de l'université de paris-soobonne*.P389.

NAJI S., 2015 – *Enquête sur l'état d'infestation des cultures maraichères par les meloïdogyne (NomatodaMeloïdogynidae) dans les régions d'Adrar et d'Ouargla*, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne, 43 p

(ONM Ouargla).

US. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*
U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.

Durand, J.H., 1983. *Les sols irrigables. Etude pédologique*. Imbert, Alger.

Ismail BERKAL, 2016. *Dynamique spatiotemporelle de la salinité de sols sableux irrigués en milieu aride. Application à une palmeraie de la cuvette de Ouargla en Algérie* .P87.

Le Houerou H.N., 1995. *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation*. Options Méditerranéennes, (10) : 1- 396.

Le Houérou H.N., Claudin J., Pouget M., 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes (Avec une carte bioclimatique à 1/1.000.000). Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord : 33-75.

-Tisdal, S. L. and K. Platou. 1982. The importance of sulphur in agriculture. First Arab Regional Conf. On sulphur and its usages in the Arab World. Kuwait, April 3 – 6, 1982.

- RICHARDS, A.L., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. Agri. hand Book, 60.

-Eisa, A. M. 1986. Effect of Soluble salts in soil on some soil properties and plant growth in Egypt. M. Sc. Thesis, Fac. Of Agric. Al-Azhar Univ.

- El-Saddni, M. M. S. 1994. Effect of gypsum and trace element addition on soil production. Ph. Doctor thesis. Zagazig Univ.

-Carter, M. R., J. R. Pearen, P. G. Karkanis, R. R. Cairns and D. W.

- ROUVILLOIS-BRIGOLM., 1975-le pays de Ouargla, Sahara algérien-Ed- département de géographie de l'université de paris-soobonne.P389.

- NAJI S., 2015 – Enquête sur l'état d'infestation des cultures maraichères par les meloïdogyne (NomatodaMeloïdogynidae) dans les régions d'Adrar et d'Ouargla, Mémoired'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne, 43 p.

https://twitter.com/agri_ext/status/1336018386929717249

Annexes

Echelle d'interprétation de pH dans deux extraits aqueux 1/2,5 et 1/5

| Extrait 1/2,5 | | Extrait 1/5 | |
|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| Valeur de pH | Classe d'interprétation | Valeur de pH | Classe d'interprétation |
| < 4.5 | Extrêmement acide | < 4.5 | Extrêmement acide |
| 4.5 - 5.0 | Très fortement acide | 4.5 - 5.0 | Très fortement acide |
| 5.1 - 5.5 | Fortement acide | 5.1 - 5.5 | Fortement acide |
| 5.6 - 6.0 | Moyennement acide | 5.6 - 6.0 | Moyennement acide |
| 6.1 - 6.5 | Légèrement acide | 6.1 - 6.5 | Légèrement acide |
| 6.6 - 7.0 | Très Légèrement acide | 6.6 - 7.3 | neutre |
| 7.1 - 7.5 | Très Légèrement alcalin | 7.4 - 7.8 | Légèrement alcalin |
| 7.6 - 8.0 | Légèrement alcalin | 7.9 - 8.4 | Moyennement alcalin |
| 8.1 - 8.5 | Moyennement alcalin | 8.5 - 9.0 | Fortement alcalin - |
| > 8.5 | Très fortement alcalin | > 9.0 | Très fortement alcalin |

| CLASSES | Interprétation des classes |
|------------------------|---|
| C1S1 | Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles. |
| C1S2-C2S1 | Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles. |
| C3S1- C2S2- C1S3- | Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse. |
| C4S1- C3S2- C2S3- C1S4 | Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensible, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse. |
| C5S1- C4S2- C3S3- C2S4 | Eau de qualité très mauvaise, utilisé que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistante avec nécessité des doses de lessivage et/ou apport de gypse. |
| C5S2- C4S3- C3S4 | Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles. |
| C5S3- C4S4- C5S4 | Eau déconseillée pour l'irrigation |

Source : (CLEMANT et GALAND, 1979)

Etude de l'effet de l'amendement gypseux sur la salinité du sol de l'exploitation de l'université Kasdi Merbah Ouargla.

Résumé

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet des apports du gypse agricole comme amendement sur la salinité du sol dans l'exploitation de l'université Kasdi Merbah Ouargla. L'expérience consiste à apporter trois doses de gypse agricole et étudié leur effet sur la salinité à travers des mesures sur le pH, la conductivité électrique et le résidu sec.

La méthodologie adoptée consiste à réaliser des analyses physico-chimiques dans le temps et dans l'espace. Des analyses ont été réalisées avant et après l'apport du gypse agricole pendant trois mois de suivi.

Les résultats ont montré que l'apport du gypse n'a pas donné un effet notoire. L'analyse de la variance n'a pas montré une différence significative entre les trois doses de gypse et le témoin pour tous les paramètres étudiés (pH, CE, RS).

Mots clés : Gypse agricole, salinité, pH, CE, Algérie. Ouargla.

Study of the effect of gypsum amendment on the salinity of the soil of the Invested Kasdi Merbah Ouargla University .

Abstract

The objective of our work is to study the effect of the contributions of agricultural gypsum as an amendment on the salinity of the soil in the operation of the Kasdi Merbah Ouargla University.

The experiment consists of three doses of agricultural gypsum and studied their effect on salinity through measurements on pH, electrical conductivity and dry residue.

The methodology adopted consists in carrying out physico-chemical analyses over time and in space. Analyses were carried out before and after the contribution of agricultural gypsum during three months of follow-up.

The results showed that the contribution of gypsum did not give a notorious effect. The analysis of variance did not show a significant difference between the three doses of gypsum and the control for all the parameters studied (pH, CE, RS).

Key words: Agricultural gypsum, salinity, pH, CE, Algeria. Ouargla.

دراسة تأثير تعديل الجبس على ملوحة تربة مستثمرة جامعة قصدي مرباح ورقلة

ملخص

تتكون الهدف من عملنا هو دراسة تأثير مساهمات الجبس الزراعي كتعديل على ملوحة التربة في مستثمرة جامعة قصدي مرباح ورقلة التجربة من إحضار ثلاث جرعات من الجبس الزراعي ودراسة تأثيرها على الملوحة من خلال قياسات الأس الهيدروجيني، الموصلية الكهربائية والبقايا الجافة.

وتتمثل المنهجية المعتمدة في إجراء تحليلات فيزيائية-كيميائية على مر الزمان والمكان. تم إجراء التحاليل قبل وبعد مساهمة الجبس الزراعي خلال ثلاثة أشهر من المتابعة

أظهرت النتائج أن مساهمة الجبس لم تعطي تأثيرا ملحوظ. فلم يظهر تحليل التباين فرقا كبيرا بين الجرعات الثلاث من الجبس والتحكم في جميع الخصائص المدروسة (الرقم الهيدروجيني، الموصلية الكهربائية والبقايا الجافة).

الكلمات المفتاحية: الجبس الزراعي ، الملوحة ، الأس الهيدروجيني ، الموصلية الكهربائية ، الجزائر ، ورقلة .