



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Spécialité : Hydro pédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
BEZGRARI AMEL

Le : mardi 11 juin 2024

EFFET DE BIOCHAR SUR LA SALINTE DU SOL ET L'EAU D'IRRIGATION

Jury :

M. GUIMER.K	MCA	Université Mohamed Khider Biskra	Président
M. MASMOUDIA	Pr	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
Mme. DJOUDI.I	MAB	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur
Mme. YUCEF.L	Pr	Université Mohamed Khider Biskra	Invité

Année universitaire : 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions ALLAH, tous puissant de nous avoir donné la patience, La santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail Mes remerciements vont d'abord à mon prometteur **Mr. MASMOUDI A** pour avoir accepté ce travail

Tout le long de sa réalisation et

Je remercie la professeur **Mme YUCEF** pour sa aide précieuses

J'exprime ma reconnaissance aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail **GUIMER.K, Mme Djoudi.I**, Je remercie vivement les responsables, ainsi que l'ensemble du personnel Administratif, le personnel des labos et celui de la bibliothèque du département d'agronomie.

Merci à tous et à toutes

DEDECACE :

Avant tout, Je remercie Allah le miséricordieux car c'est grâce à lui que j'ai réussi à atteindre mon but et obtenir ce diplôme.

Je dédie ce travail à ma famille pour m'avoir soutenu durant toute cette période.

*Je le dédie aussi à mes chers amis,
à tous mes professeurs que j'ai côtoyés durant toute ma
carrière scolaire et anniversaire,
à tous mes collègues de classe et à tous ceux qui ont laissé
leurs belles empreintes*

*Je dédie aussi ce travail à toute personne qui m'a aidé,
assisté et encouragé, et je n'oublierai pas mon cœur.*

Enfin, merci à tout le monde.



REMERCIEMENTS

Dédicace

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des photos.

Liste des abréviations

Sommaire :

Introduction générale	01
PATRIE BIBLIOGRAPHIQUE	03
Chapitre I : La salinité et le biochar	04
Partie 01: La salinité du sol et d'eau d'irrigation	05
1-La salinité de sol.....	05
1-1-Définition de la salinité du sol.....	05
1-2-Définition de la salinisation du sol	05
1-3-Effets de la salinité sur les propriétés du sol	05
1-4-Effet de la salinité sur la plante	06
2-La salinité d'eau d'irrigation.....	07
2-1-Définition de l'irrigation	07
2-2-Qualité de l'eau d'irrigation	07
2-3-Processus de dégradation de qualité du sol suite à l'irrigation.....	07
Patrie 02: Généralités sur le biochar	08
1-Histoire	08
2-Définition de biochar.....	08
3-Biochar de palmier dattier	08
4-Production du biochar ' LA PYROLYSE '	09
Partie Expérimentale	10
Chapitre II : Matériels et methodes	11
Objectif de l'expérimentation	12
Partie I : Effet de biochar sur le sol et le végétal	12
1-Matériels de l'étude	12
1-1-Le sol.....	12
1-2-Le biochar.....	13

1-3-L'eau d'irrigation.....	13
1-4-Les pots	14
1-5-Matériel végétal.....	14
2-Méthodologie	14
2-1-Préparation des pots	14
2-2-Dispositif expérimental.....	15
2-3- Le semis	15
2-4- L'irrigation	15
2-5- La fertilisation.....	16
2-6-Conduite de la culture	16
2-7-La récolte de matière fraîche	16
3-Paramètres étudiés	16
3-1-Longueur des tiges	16
3-2-Rendement en biomasse fraîche et sèche.....	17
4-Paramètres du sol.....	18
5-Méthodes d'analyses utilisées	18
Les analyses physico-chimiques sur le sol et l'eau	18
5-1-Détermination de la Conductivité électrique.....	18
5-2-Le pH	18
5-3-Dosage de Sodium et Potassium.....	19
5-4-Matière organique	19
5-5-Azote total	20
5-6-Dosage de Magnésium et Calcium	20
5-7-Dosage de Chlorure	21
6-Analyses statistiques	21
Partie II : Effet de biochar sur l'eau d'irrigation	22
1-Effet de biochar sur le Sodium, Chlorure et la Conductivité électrique	22
1-2-Effet de la dose du biochar	22
2-Activation de biochar	24
Chapitre III : Resultats et Discussions	25
Partie I: Effet de biochar sur le sol et le végétal	26
Effet de biochar sur le végétal	26
1-1-Longueur des tiges d'orge.....	26

1-2-La matière fraîche	27
1-3-La Matière Sèche	28
2-Effet de la dose de biochar sur le sol	29
2-1-La conductivité électrique :	29
2-2- Le pH.....	30
2-3- Le Sodium Soluble.....	31
2-4- le Calcium soluble	32
2-5- Le magnésium soluble	33
2-6- La Capacité D'échange Cationique	34
2-7- Le Sodium Échangeable.....	35
2-8-L'eau de drainage :	36
2-8-1- La conductivité électrique :	36
2-8-2-Le pH	37
Partie II: Effet de biochar sur l'eau d'irrigation	38
1-Effet de biochar sur le Sodium, Chlorure et la conductivité électrique	38
2-Effet de la dose du biochar	40
4)-Les résultats après l'activation de biochar	42
4-1-Effet de biochar su le sodium, chlorure et la conductivité électrique.....	42
4-2-Effet de la dose du biochar	42
Conclusion général	45

LISTE DES TABLEAUX:

Tableau 1: Caracteristiques physicochimiques du sol de l'experimentation.....	13
Tableau 2:Caracteristiques analytiques du biochar.....	14
Tableau 3: la qualite chimique d'eau d'irrigation.....	14
Tableau 4:dispositif experimental des traitements.....	15
Tableau 5 : analyse statistique des moyennes de longueur en cm.....	26
Tableau 6: analyse statistique des moyennes de MF en g.....	27
Tableau 7: analyse statistique des moyennes de MS en g.....	28
Tableau 8:analyse statistique des moyennes de CE de 1^{er} prelevement de sol.....	29
Tableau 9: analyse statistique des moyennes de CE de 2^{eme} prelevement de sol.....	30
Tableau 10:analyse statistique des moyennes de pH de 1^{er} prelevement de sol.....	31
Tableau 11: analyse statistique des moyennes de pH (2^{eme} prelevement) de sol.....	31
Tableau 12: analyse statistique des moyennes de Na soluble (meq/l) de sol.....	32
Tableau 13: analyse statistique des moyennes de Ca⁺⁺meq/l de sol.....	33
Tableau 14: analyse statistique des moyennes de Mg⁺⁺ (meq/l) de sol.....	34
Tableau 15: analyse statistique des moyennes de CEC en meq/100g de sol.....	35
Tableau 16: analyse statistique des moyennes de Na échangable de sol.....	36
Tableau 17:analyse statistique des moyennes de CE de 1^{er} prelevement.....	37
Tableau 18: analyse statistique des moyennes de CE (2^{eme} prelevement).....	37
Tableau 19: analyse statistique des moyennes de pH 1^{er} prelevement.....	38
Tableau 20: analyse statistique des moyennes de pH 2^{eme} prelevement.....	38
Tableau 21: effet de biochar sur Na, Cl et CE.....	39
Tableau 22: Effet de la dose de biochar sur Na, Cl et CE.....	40
Tableau 23: Effet de la dose de biochar sur Na, Cl et CE.....	40

Tableau 24: Effet de biochar sur Na, Cl et CE.....42

Tableau 25: Effet de la dose du biochar sur Na, Cl et CE.....42

LISTE DES FIGURES:

Figure 01 : biochar.....	08
Figure 02: illustration du processus de pyrolyse de biochar.....	09
Figure 03:Histogramme de longueurs des tiges en cm.....	26
Figure 04:Histogramme de la Matière Fraiche en g.....	27
Figure 05: Histogramme de la Matière Sèche en g.....	28
Figure 06: Histogramme de CE en mS/cm de sol.....	29
Figure 07: Histogramme de pH de sol.....	30
Figure 08: Histogramme de Na⁺ soluble meq/l de sol.....	31
Figure 09: Histogramme de Ca⁺⁺ soluble en meq/l de sol.....	32
Figure 10: Histogramme de Mg⁺⁺ en meq/l de sol.....	33
Figure 11: Histogramme de CEC en meq/100g de sol.....	34
Figure 12 :Histogramme de Na⁺ echangeable en meq/100g de sol.....	35
Figure 13:Histogramme de CE d'eau de drainage en mS/cm.....	36
Figure 14: Histogramme de pH d'eau de drainage.....	37

LISTE DES PHOTOS:

Photo 1: le pot (photo original).....	14
Photo 2 : Dispositif expérimental (photo original).....	15
Photo 3 : drainage des pots (photo original).....	16
Photo 4 : mesure la longueur de la tige (photo original).....	17
Photo 5 : mesure du poids de la biomasse fraiche (photo original).....	17
Photo 6 : l'extrait du sol après la filtration (photo originale).....	18
Photo 7 : Détermination du la CE (photo original).....	18
Photo 8 : Determination de pH (photo original).....	19
Photo 9 : dosage Na⁺ et potassium de sol (photo originale).....	19
Photo 10: methode de Walkley et Black (photo original).....	19
Photo 11 : methode de calcinations (photo original).....	20
Photo 12: dosage de l'azote total 9photo original).....	20
Photo 13 : Dosage de Magnesium et Calcium (photo original).....	21
Photo 14 : Dosage de chlorure (photo originale).....	21
Photo 15 : agitation de biochar avec l'eau de robinet (photo originale).....	22
Photo 16 : activation de biochar (photo originale).....	24

Liste des abréviations :

B : biochar

MO: Matière Organique.

FAO: Food and Agriculture Organisation

Ha: hectare

kg: kilo gram me

m: mètre

cm : centimètre

K : Potassium

P : phosphore

Na : Sodium

CE : conductivité électrique

PH: Potentiel Hydrogène

°C : degré Celsius

T : tonne

%: Pourcent

T : témoin

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

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

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

L'effet est d'autant plus marqué à cause d'une part, de la forte minéralisation des eaux souterraines et d'autre part, du climat sec qui crée une demande d'évaporation élevée ce qui se traduit par la nécessité des grandes quantités d'eau pour l'irrigation des cultures (**FAO, 2006**).

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

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

Par ailleurs, l'irrigation avec des eaux riches en sels peut entrainé la fixation de sodium par le complexe adsorbant de sol, donc un processus de salinisation, avec ces conséquence éventuel pour les propriété des sol : tendance à la dispersion des argiles a la dégradation de la structure a la perte de perméabilité et l'asphyxie des plantes l'intensité du processus de salinisation dépend des caractéristiques de sol, de la qualité des eaux utilisées, des conditions de leur emploi et en particulier de l'efficacité du system de drainage, cependant ces pratiques d'irrigation accroissant le risque de salinisation au point que plus de 20% des sols irriguées sont affectée par une problème de salinité en Algérie (**ADNAN, 2015**).

La qualité de l'eau d'irrigation varie en fonction de la nature et de la quantité des sels dissous (**BOUCHEMAL, 2017 ; BENHEDID et al, 2019**).

L'Algérie n'est pas à l'abri de ce risque, seulement 0.2 % des sols sont actuellement productifs. Au Sahara algérien, il ya 400 000 ha des sols irrigués, sur un million ha, seulement 10 % des sols sont productifs, les 90 % restants ne sont pas des sols agricoles (**RECHACHI, 2017**).

La majorité des eaux d'irrigation dans la région saharienne en Algérie est d'origine souterraine. Les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus sec et bien souvent trois fois plus (**MASMOUDI, 2011**).

A titre d'exemple, les régions sahariennes situées au centre et au nord (Ouargla, El Oued et Biskra) sont de mauvaise qualité et leur teneur en sels peut dépasser 7 g/l (vallée de l'Oued Righe) (**BEKADDOUR, 2018**).

Dans les oasis sahariennes, le recours intensif à la mobilisation des ressources en eau en provenance des nappes aquifères profondes (nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal) a été nécessaire pour faire face à l'augmentation des besoins en eau pour les usages agricoles et urbain, ces eaux ont contrarié son drainage et provoqué une augmentation excessive de la salinité des sols cultivables (**IDDER et al. 2014**).

Notre objectif dans ce travail est porté sur l'effet du biochar sur les propriétés physico chimiques de sol salé et de valorisation de l'eau d'irrigation et sur la culture d'orge.

Le présent travail de recherche comporte trois chapitres :

Chapitre 01 : présente une synthèse bibliographique, qui traite dans sa première partie sur la salinité de sol et d'eau d'irrigation et dans sa deuxième partie des généralités sur le biochar utilise.

Chapitre 02 : est porté sur la méthodologie de travail.

Chapitre 03 : Résultats et discussion, ensuite une conclusion qui vient close ce travail.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
LA SALINITE ET LE BIOCHAR

Partie 01 : la salinité de sol et d'eau d'irrigation

1-La salinité de sol

1-1-Définition de la salinité du sol :

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

1-2-Définition de la salinisation du sol :

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

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

En raison de l'irrégularité de la précipitation, la réussite des productions végétales dans ces régions dépend de l'eau souterraine (SNOUSSI et HALITIM, 1998).

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

1-3-Effets de la salinité sur les propriétés du sol :

L'excès de sel dans un sol affecte les propriétés et peut créer des graves problèmes au niveau du sol. La structure du sol est la manière dont les particules primaires du sol sont disposées en agrégats. D'une part, il contrôle la pénétration des racines dans le sol et d'autre part le déplacement de l'eau et des nutriments de la masse du sol vers les racines.

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

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

1-4-Effet de la salinité sur la plante :

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

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et sèche est aussi démontrée (**HAMROUNI et al.2011**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na⁺ et Cl⁻), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**GREENWAY et MUNNS, 1980 ; LEVIGNERO et al., 1995 in LEMZERI, 2007**).

2-la salinité d'eau d'irrigation

2-1-Définition de l'irrigation :

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

2-2-Qualité de l'eau d'irrigation :

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

2-3-Processus de dégradation de qualité du sol suite à l'irrigation :

Le degré de salinisation d'une surface irriguée dépend de plusieurs facteurs dont la qualité de l'eau d'irrigation, la qualité du sol, les conditions climatiques et le niveau de la nappe (**LAHLOU et al, 2002**). L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; qui est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et, même si les quantités de sels apportés par cette eau sont négligeables, mais avec le temps, elles entraînent un dépôt de sels dans le sol qui peut s'avérer considérable. En fait, l'eau pure est perdue par évaporation, mais les sels restent et s'accumulent. Dans les régions arides, l'effet est d'autant plus marqué à cause d'une part, de la forte minéralisation des eaux de surface et des eaux souterraines et d'autre part, du climat sec qui crée une demande d'évaporation élevée ce qui se traduit par la nécessité de grandes quantités d'eau pour l'irrigation des cultures (**FAO, 2006**). Ainsi, les sels accumulés d'une irrigation à l'autre entraînent un risque de salinisation sans alcalinisation du sol, si la teneur en Na^+ fixée sur le complexe adsorbant ($\text{Na}^+/\text{T} < 15\%$). Toutefois, si la teneur de Na^+ fixé est élevée, et parfois une teneur en magnésium (Na^+/T ou $\text{Na}^{++}\text{Mg}^{++}/\text{T} > 15\%$), le sol risque d'avoir un problème de sodification ou alcalinisation. Le pH dans ce cas est généralement supérieur à 8,5. Ce type de sol est extrêmement peu fertile (**MATHIU et al., 2007**).

PARTIE 02 : GENERALITES SUR LE BIOCHAR

1-Histoire:

Il y a environ 6000ans, les Américains vivants en forêt dans l'Amazonie découvraient que l'utilisation du charbon de bois pouvait transformer leur sol pauvre et infertile appelés "oxisols", en un sol riche et fertile appelé "terra preta". Cela veut dire terre noire, car la "terra preta". Ce qui veut dire terre noire, car la "terra preta" couvre une superficie de plus de 50000hectares. Qui a été découvert par le scientifique Néerlandais (**WIM SOMBROEK, 1966**).

Ce sol se caractérise par présence des grandes quantités de carbone organique, "terra preta" est le plus répandu en agriculture en raison de sa fertilité, de sa teneur en une quantité énorme de nutriment (C.N.P.K.Ca) et de sa capacité à échanger des cations. Les analyses ont révélé de fortes concentrations de charbon et de matière organique. (**DJEMAI A, 2018**).

2-Définition de biochar :

Le bio-charbon, carbone stable issu de la pyrolyse (décomposition thermique). Le terme 'biochar' est l'abréviation de 'bio-charcoal'. Il désigne un charbon d'origine végétale obtenu par pyrolyse de biomasse végétale d'origine diverse, généralement des déchets de scierie ou des résidus agricoles. (**Antoine et al, 2009**) à usage énergétique ou par son orientation à être utilisé.



Figure 01 : biochar

3-Biochar de palmier dattier :

La région aride et semi-aride du monde cultive en abondance des palmiers dattiers, qui peuvent prospérer dans des conditions d'étés longs et chauds, de précipitations faibles et très faibles et d'humidité relative (**AHMED et al, 2012**). Environ 105 millions de palmiers plantés dans le monde constituent une superficie d'un million d'hectares. Les palmiers dattiers collectent une énorme quantité de résidus agricoles sous forme de feuilles sèches, de frondes,

de tronc, de graines, etc. Un palmier produit environ 15 kg de biomasse par an sous forme de déchets de plantation et produit 600 millions de kg de biomasse verte. Environ 50 000 tonnes/an de feuilles de palmier sont collectées dans les zones de palmiers dattiers dans le monde. Environ 20 kg de feuilles sèches étaient produites annuellement (TAHIR et al, 2019).

Les déchets palmier dattier ont reçu beaucoup d'attention en raison des grandes quantités de déchets, principalement en raison de leur toxicité et de leurs impacts négatifs sur l'environnement dans la région sèche (EVAN et al, 2020). La biomasse des palmiers dattiers générée en grande quantité est déposée ou brûlée dans les fermes, ce qui menace gravement l'écosystème dans la plupart des pays producteurs de dattes (ZORPAS et al, 2021). Les résidus de palmier dattier peuvent être transformés en richesse par analyse thermique pour former du charbon actif et des produits phénoliques liquides. Les principaux constituants de la datte sont la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, à l'exception d'autres solides à forte teneur en matières volatiles et à faible taux d'humidité, ce qui en fait une excellente ressource de biomasse (BASSIOUNY et al, 2014).

4-Production du biochar ‘ LA PYROLYSE ’:

La pyrolyse est le processus de conversion thermochimique de l'organique en l'absence d'oxygène ou avec un apport d'oxygène très limitée. Cette réaction conduit à la formation de produits tels que le charbon de bois, le biochar, le gaz de pyrolyse et les liquides de pyrolyse. La pyrolyse est une technique utilisée pour traiter différents types de matières organiques, comme le bois, les déchets urbains, les boues d'épurations ; et autres. Cette technique est de plus en plus utilisée comme alternative durable pour la production d'énergie renouvelable et la gestion des déchets (LEHMANN J et JOSEPH S, 2015).

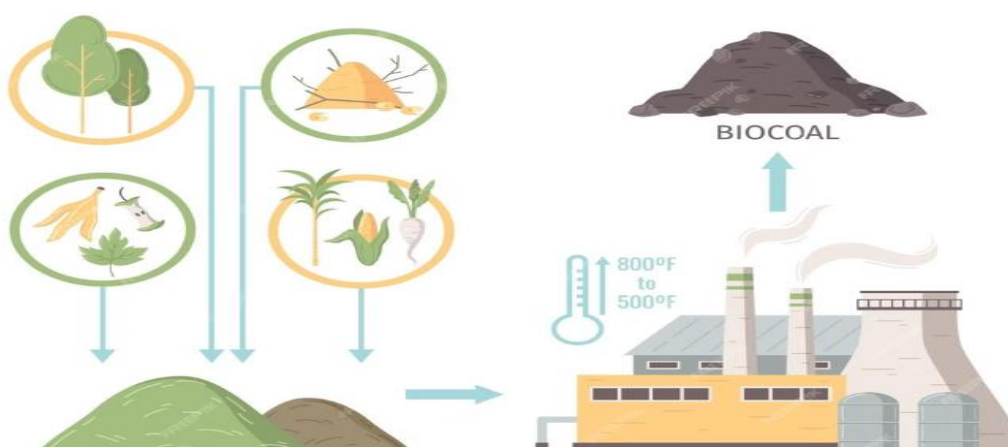


Figure 02: illustration du processus de pyrolyse de biochar

Partie Expérimentale

CHAPITRE II :
MATERIELS ET METHODES

Objectif de l'expérimentation :

On a fait réaliser cette étude afin de savoir si l'addition de biochar a des effets sur les propriétés physiques et chimiques de sol et de l'eau d'irrigation, est ce que le biochar peut diminuer la salinité et améliorer -même si un peu- la qualité de sol et de l'eau, et par conséquent les rendements.

Partie I : Effet de biochar sur le sol et le végétal

1-Matériels de l'étude :

1-1-Le sol :

Le sol utilisé dans l'expérience provient du champ du département d'agronomie de l'Université de Biskra. Ces caractéristiques physicochimiques sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 1: Caracteristiques physicochimiques du sol de l'experimentation

pH	8.13
CE	2.97 mS/cm
Na⁺	12.62 meq/l
Ca⁺⁺	5.97 meq/l
Mg⁺⁺	6.12 meq/l
K⁺	0.70 meq/l
SO₄	13 meq/l
Cl⁻	9.85 meq/l
HCO₃⁻	2 meq/l
MO	0.97%
N	0,154 %
C	0.56%
P	278 ppm
CaCO₃	33%
CEC	22.87 meq/100g
CR	22.5%

1-2-le biochar:

Le Biochar provient de Tunisie, produit par la méthode traditionnelle a l'aide d'une pyrolyse ancien, fabriqué par les résidus de Palmier dattier, le biochar a été broyé et tamisé à 2mm.

Tableau 2:Caracteristiques analytiques du biochar

pH	8.42
CE	0,96 mS/cm
Na⁺	2,60 meq/l
CO₃⁻	1,5 meq/l
HCO₃⁻	2,25 meq/l
K⁺	0,60 meq/l
MO	59,9 %
C	34,82 %

1-3-L'eau d'irrigation :

L'eau d'irrigation utilisée dans l'expérimentation est celui de département des sciences agronomiques (université de Biskra) qui est caractérisée par :

Tableau 3: la qualite chimique d'eau d'irrigation

PH	8.36
CE	4.96 mS/cm
CO₃⁻	0.5 meq/l
HCO₃⁻	2 meq/l
Ca²⁺	2.95 meq/l
Mg²⁺	3.29 meq/l
K⁺	0.21 meq/l
Na⁺	35.29 meq/l
Cl⁻	26.78 meq/l
SO₄	15.40 meq/l

1-4-les pots :

Nous avons utilisé des pots en plastique d'une capacité de 2,5 kilogramme de sol.



Photo 1:le pot (photo original)

1-5-Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué d'une culture d'orge variété Saida. C'est un variété locale, semi-tardive, a paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivite,sensible aux maladies.(boufenar et al,2006)

2-Méthodologie :

2-1-préparation des pots :

Dans les pots on a placé le gravier au bas des pots, on ajoute 1.5 kg de sol, puis les traitements de biochar comme il est mentionné au dessous :

6 traitements avec 3 répétitions

T : témoin

3T (3 tonnes / hectare) : 5.4 g de biochar/pots

5T (5 tonnes / hectare) : 9 g de biochar/pots

7T (7 tonnes / hectare) : 12.6 g de biochar /pots

9T (9 tonnes / hectare) : 16 g de biochar/pots

11T (11 tonnes / hectare) : 19.8 g de biochar/pots

2-2-Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est de type blocs aléatoires complets :

Tableau 4:dispositif experimental des traitements

Bloc 1	T	3T	5T	7T	9T	11T
Bloc 2	11T	9T	T	3T	5T	7T
Bloc 3	5T	7T	11T	9T	3T	T



Photo 2 : Dispositif expérimental (photo original).

2-3- Le semis :

Le semis a été effectué le 25 /01/2024, les grains d'orge Saida ont été semés après le remplissage du pot à raison de 15 grains par pot. La croissance des plantes a été suivie de janvier à mai.

2-4- l'irrigation :

La quantité d'eau d'irrigation est déterminée en fonction du calcul de la capacité de rétention d'humidité du sol. Ainsi, le volume d'eau ajouté au sol lors de chaque irrigation est mesuré après avoir calculé la différence de consommation d'humidité en pesant les pots pour chaque traitement.

L'arrosage est effectué tous les trois ou quatre jours afin de maintenir l'humidité du sol à un niveau qui empêche l'accumulation de sels sur le système racinaire de l'orge.

2-5- La fertilisation :

- 0.6 g de Triple Super Phosphate (TSP)
- 0.4 g de Sulfate de Potassium (K_2SO_4)
- 0.5g de l'urée 46% appliqué deux fois pendant le cycle végétatif de l'orge.

2-6-conduite de la culture :

- Après 45 jours on fait le 1^{er} prélèvement des échantillons du sol dans chaque pot, après on a drainé les pots et prélever l'eau de drainage et doser la conductivité électrique et le pH
- Et après autre 45 jour on a fait un 2^{ème} prelevement et répéter le même chose et doser la conductivité électrique et le pH.



Photo 3 : drainage des pots (photo original)

2-7-la récolte de matière fraîche :

Elle a été réalisée manuellement le 06/05/2024.

3-Paramètres étudiés :

3-1-Longueur des tiges :

Afin d'évaluer l'impact de biochar sur la croissance de l'orge, nous avons mesuré la hauteur de la tige à la fin du cycle végétatif. Pour chaque traitement, nous avons sélectionné trois plantes représentatives. Les valeurs fournies correspondent à la moyenne obtenue à partir des mesures effectuées sur les trois plantes, répétées trois fois.



Photo 4 : mesure la longueur de la tige (photo original).

3-2-Rendement en biomasse fraîche et sèche :

Après la récolte du matériel végétal, nous avons procédé à la pesée de la matière fraîche de chaque traitement, exprimé en grammes, et le met dans l'étuve a 70 oC pendant 3 jours apres on pèse la matière sèche .Cette mesure avait pour objectif de déterminer l'effet de biochar sur la quantité de biomasse fraîche et sèche produites.



Photo 5:mesure du poids de la biomasse fraîche (photo original)

4-Paramètres du sol :

Voici les analyses effectuées après la récolte :

pH - Conductivité électrique – Sodium – Chlorure - Potassium - -Matière organique -
Azote total – Magnésium, Calcium, Sodium échangeable et CEC.

5-Méthodes d'analyses utilisées :

Les analyses physico-chimiques sur le sol et l'eau :



Photo 6 : l'extrait du sol après la filtration (photo originale)

5-1-Détermination de la Conductivité électrique : par conductimètre



Photo 7 : Détermination de la CE (photo original)

5-2-le pH: par pH mètre



Photo8: Determination de pH (photo original)

5-3-Dosage de Sodium et Potassium :

Par photomètre à flamme type JUNWAY PFP.



Photo 9 : dosage Na⁺ et potassium de sol (photo originale)

5-4-Matière organique : Méthode de Walkley et Black pour le sol.



Photo 10: methode de Walkley et Black (photo original)

Méthode de calcination pou le biochar.



Photo 11 : methode de calcinations (photo original)

5-5-Azote total : Méthode de Kjeldhal



Photo 12: dosage de l'azote total (photo original)

5-6-Dosage de Magnésium et Calcium : par spectroscopie d'absorption atomique et la méthode complexométrique



photo 13 :Dosage de Magnesium et Calcium (photo original)

5-7-Dosage de Chlorure : Méthode volumétrique de mohr



Photo 14 : Dosage de chlorure (photo originale)

6-Analyses statistiques :

L'analyse de variance (ANOVA) est effectuée par XLSTAT et la comparaison des moyennes est faite par le test de Fisher LSD à 5%.

Partie II : Effet de biochar sur l'eau d'irrigation

Dans cette partie, nous explorerons la capacité du biochar à modifier les propriétés physicochimiques de l'eau salée. Le biochar réduit la salinité en absorbant les ions de sodium et de chlorure. Nos essais sont basés sur le mélange d'une certaine quantité de biochar avec l'eau du robinet et le suivi de l'évolution des concentrations de sodium à l'aide d'un phonomètre à flamme, de chlorure à l'aide de méthode volumétrique de mohr et enfin de conductivité avec le conductimètre.

1-Effet de biochar sur le Sodium, Chlorure et la Conductivité électrique :

Dans des béchers on ajoute 0.05g de biochar avec 50 ml l'eau de robinet et agiter pendant 2min, 5min,10min,15min,20min,30min,1h,2h,3h,4h,5h et 6h, dont le but de trouver la période pendant laquelle le biochar absorbe la plus grande quantité possible de sodium et de chlorure. Après filtrer pour séparer le biochar de l'eau et on dose la conductivité, sodium et le chlorure.



Photo 15 : agitation de biochar avec l'eau de robinet (photo originale)

1-2-Effet de la dose du biochar :

Dans des béchers de 100 ml on ajoute 50 ml de l'eau de robinet et ajoute le biochar selon le tableau suivant et agiter une fois en 2 heures et une fois en 4 heures (parce que nous avons constaté lors de l'essai ci-dessus que le biochar absorbe la plus grande quantité de chlore en deux heures d'agitation et de sodium en quatre heures)

Biochar (g/l)	0.5	2	4	6	8

- ✓ D'après les résultats que nous avons trouvés, nous constatons que le biochar ne donne pas de résultats acceptables en termes d'absorption de sodium et de chlorure donc la réduction de la salinité de l'eau, alors nous allons activer le biochar en appliquant l'essai suivant

2-ACTIVATION DE BIOCHAR :

On tamise le biochar a travers un maillage de 2 mm, après pesée 4 g et agiter avec 40ml de l'acide sulfurique a un rapport de 1/10 puis on chauffe dans un bain marie pendant 3h a 130°C. Ensuite, on filtre la solution et prend la masse solide et la sécher a 70 °C dans l'étuve jusqu'à un poids constant. Pour éliminer la solution résiduelle de l'acide sulfurique on lave le biochar à plusieurs fois avec l'eau distillée jusqu'à ce qu'il soit neutre avant le séchage (Yu, J., Chang et al 2023).

- pour ajuster le pH, on ajoute des gouttes de solution de KOH (0,1mol/l).

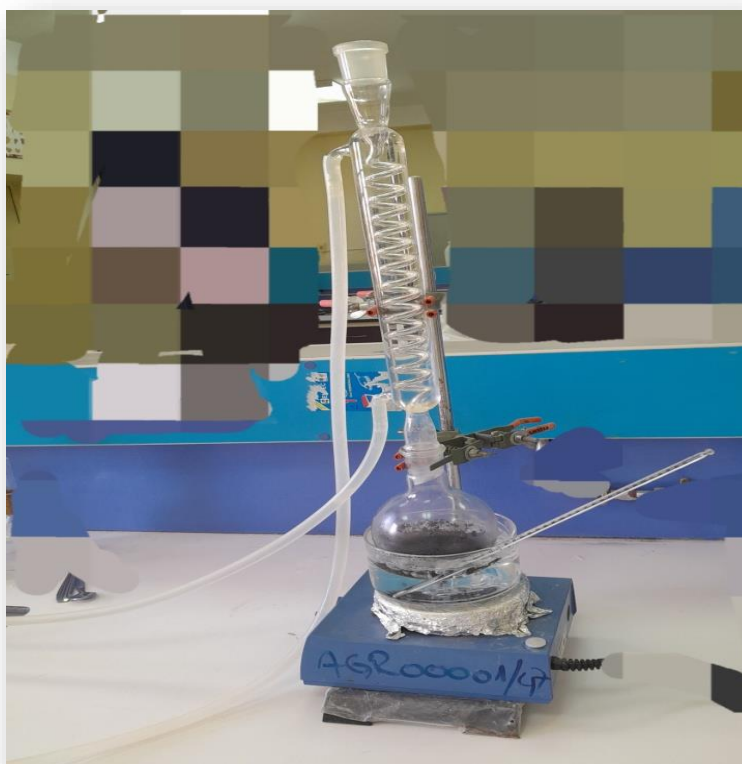


Photo 16 : activation de biochar (photo originale)

- ✓ Apres l'activation de biochar on va répéter les mêmes essais ci-dessus et doser la concentration de sodium, chlorure et la conductivité.

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Partie I: Effet de biochar sur le sol et le végétal

1- Effet de biochar sur le végétal :

1-1-Longueur des tiges d'orge:

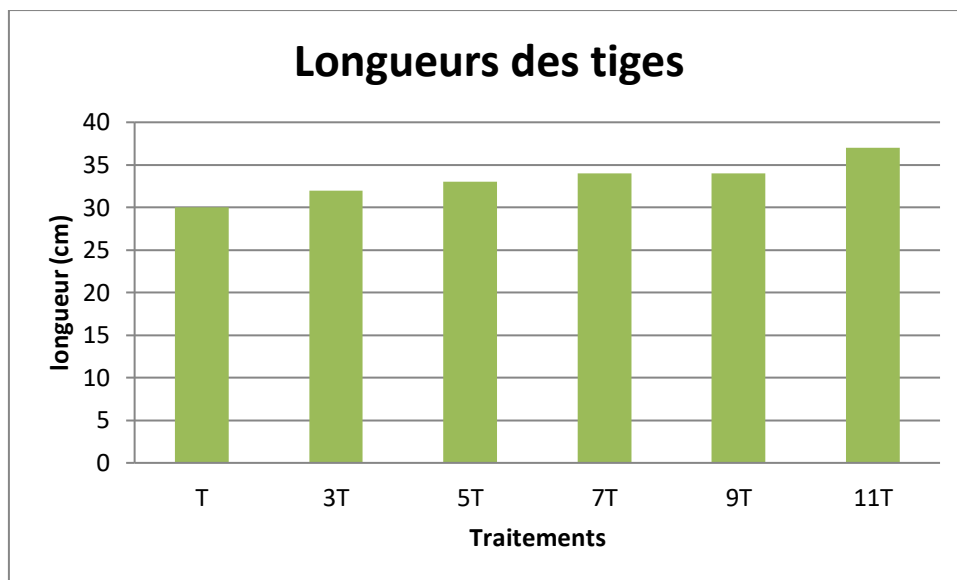


Figure 03:Histogramme de longueurs des tiges en cm

Selon les résultats obtenus (figure 03), on observe que la longueur de la tige augmente avec l'augmentation de la dose de biochar, la longueur la plus élevée est représentée par le traitement 11T avec une longueur de 37 cm, et la longueur la plus faible est représentée par le traitement T (30 cm).

D'après l'analyse statistique de l'effet de biochar sur la longueur des tiges (Tableau 5) 03 groupes homogènes ont été identifiés (test ficher). Le groupe A représente le traitement T, tandis que le groupe B est représenté par le traitement 11T. Ces résultats montrent l'effet positif du biochar sur le sol qui répercute sur le végétal.

Tableau 5 : Analyse statistique des moyennes de longueur en cm

Modalité	Moyenne estimée (Longueur (cm))	Groupes	
		A	B
T	30	A	
3T	32	A	B
5T	33	A	B
7T	34	A	B
9T	34	A	B
11T	37		B

1-2-La matière fraîche :

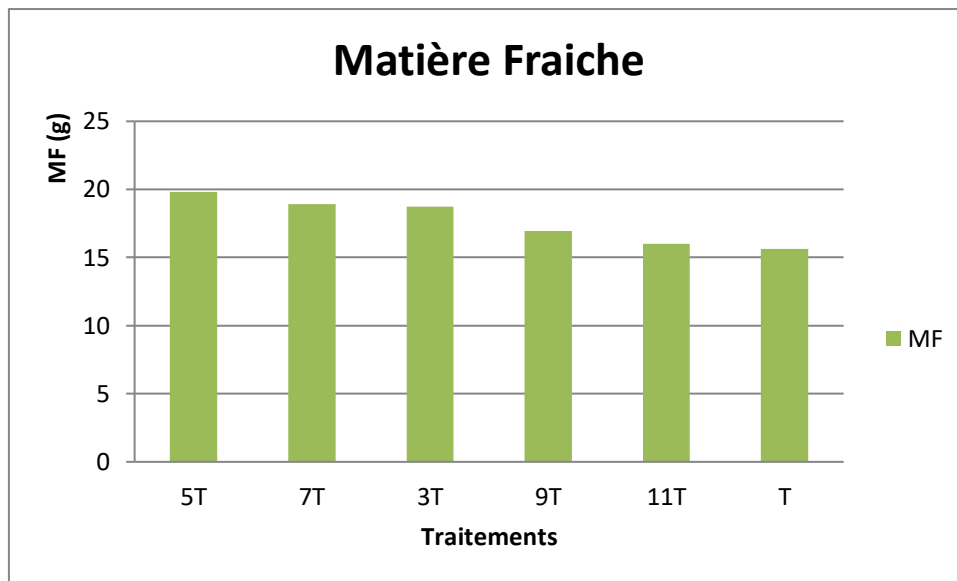


Figure 04:Histogramme de la matière fraîche en g

Selon les résultats obtenus (Figure 04), on remarque que le meilleur rendement en matière fraîche est obtenu par le traitement 5T, avec la moyenne de 19,83 g, et le faible rendement est obtenu par le traitement T (15,62g).

L'analyse de la variance de l'effet de biochar sur le rendement en matière fraîche (tableau 6) montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre les traitements.

Tableau 6: Analyse statistique des moyennes de MF en g

Modalité	Moyenne estimée (MF(g))	Groupes
5T	19,83	A
7T	18,90	A
3T	18,75	A
9T	16,95	A
11T	15,99	A
T	15,62	A

1-3-La Matière Sèche:

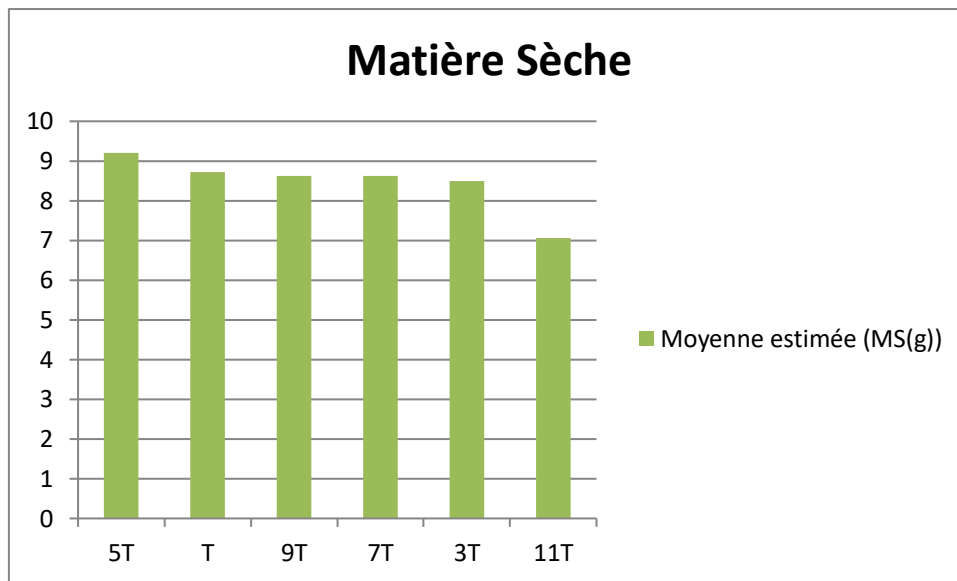


Figure 05: Histogramme de la matière sèche en g

Selon les résultats obtenus (Figure 05), on remarque que le meilleur rendement en matière sèche est obtenu par le traitement 5T, avec la moyenne de 9,2 g, et le faible rendement est obtenu par le traitement est le 11T (7,063g).

L'analyse de la variance de l'effet de biochar sur le rendement en matière fraîche (tableau 7) montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre les traitements.

Tableau 7: Analyse statistique des moyennes de MS en g

Modalité	Moyenne estimée (MS(g))	Groupes
5T	9,2	A
T	8,72	A
9T	8,63	A
7T	8,63	A
3T	8,5	A
11T	7,063	A

2-Effet de la dose de biochar sur le sol

2-1-la conductivité électrique :

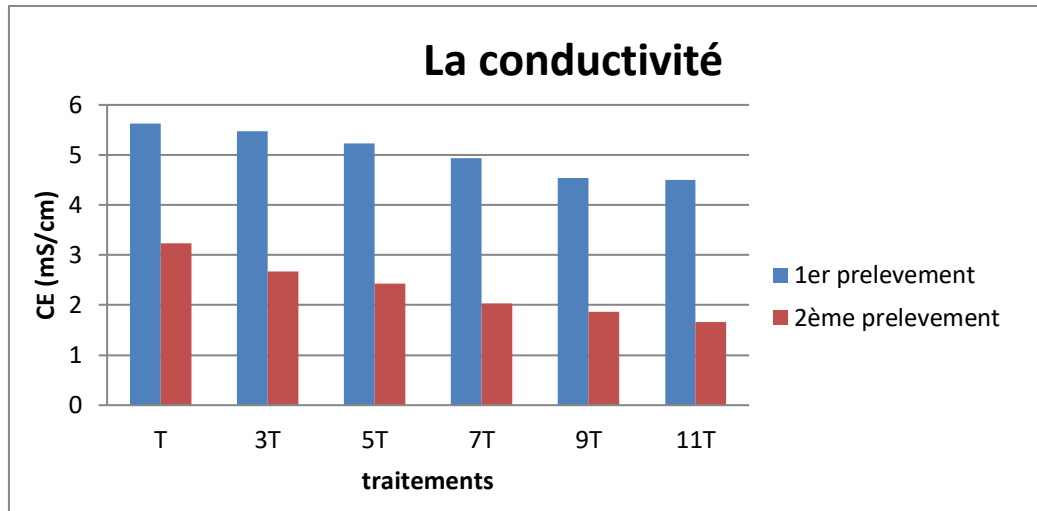


Figure 06: Histogramme de CE en mS/cm de sol

Les résultats obtenus (figure 06) montrent que la conductivité électrique des traitements diminue avec l’augmentation des doses de biochar dans les 2 prélèvements ce qui montre l’effet positif du biochar dans la diminution de la salinité suite à son adsorption importante des ions. On remarque aussi que la CE a subi une diminution importante du premier au deuxième prélèvement et ceci peut s’expliquer par l’effet du biochar et le lessivage provoqué par les fortes pluies.

L’analyse de la variance de l’effet de biochar sur la conductivité de 1^{er} prelevement (tableau 8) montre qu’il n’y a pas des différences significatives entre les traitements. Alors que l’analyse statistique de 2^{ème} prelevement montre que il y’a une différence significative entre les traitements.

Tableau 8:Analyse statistique des moyennes de CE de 1^{er} prelevement en mS/cm de sol

Modalité	Moyenne estimée (CE 1 ^{er} prélèvement)	Groupes
T	5,633	A
3T	5,467	A
5T	5,233	A
7T	4,933	A
9T	4,533	A
11T	4,500	A

Tableau 9: Analyse statistique des moyennes de CE de 2^{ème} prelevement (mS/cm) de sol

Modalité	Moyenne estimée (CE 2 ^{ème} prélèvement)	Groupes			
T	3,233	A			
3T	2,667		B		
5T	2,433		B	C	
7T	2,033			C	D
9T	1,867				D
11T	1,667				D

2-2- Le pH :

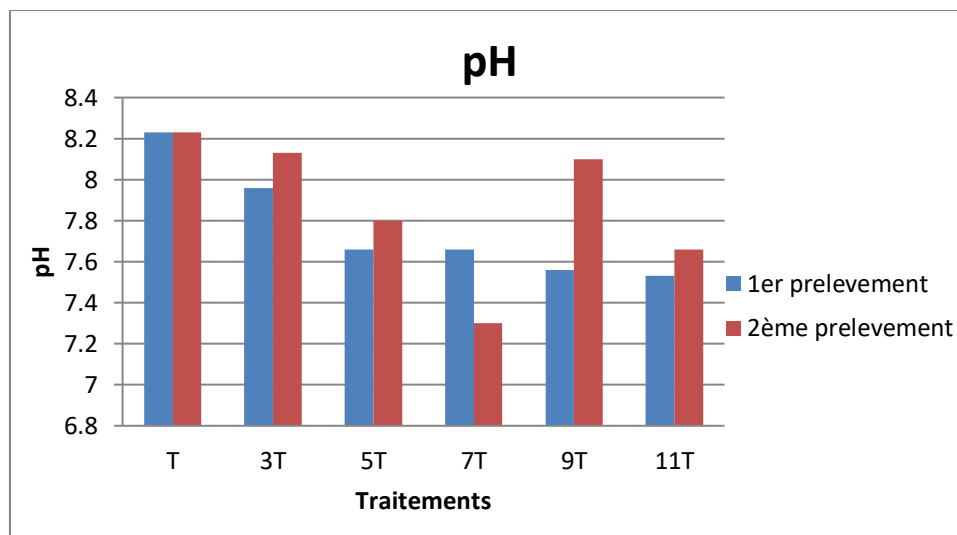


Figure 07: Histogramme de pH de sol

Les résultats obtenus (figure 07) montrent qu'en général le pH des sols diminue avec l'augmentation de la dose du biochar dans les deux prélèvements. Mais il augmente légèrement en deuxième prélèvement par rapport au 1^{er} prélèvement. Le traitement 11T donne le pH le plus bas (pH=7,53).

Les résultats d'analyse statistique de deux prélèvements de sol montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements (tableau 10 et 11).

Tableau 10: Analyse statistique des moyennes de pH de 1^{er} prelevement de sol

Modalité	Moyenne estimée (PH 1 ^{er} prélèvement)	Groupes		
T	8,23	A		
3T	7,96		B	
5T	7,66			C
7T	7,60			C
9T	7,56			C
11T	7,53			C

Tableau 11: Analyse statistique des moyennes de pH (2^{ème} prelevement) de sol

Modalité	Moyenne estimée (PH 2 ^{ème} prélèvement)	Groupes		
T	8,23	A		
3T	8.13		B	
5T	7,80			C
7T	7,30			C
9T	8.10			C
11T	7,66			C

2-3- Le Sodium Soluble:

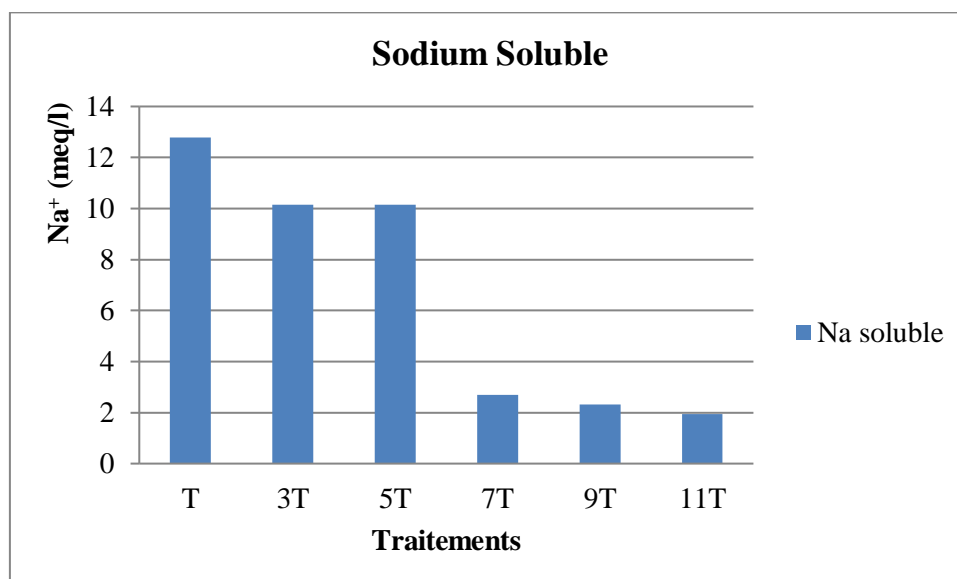


Figure 08: Histogramme de Na⁺ soluble méq/l de sol

D'après les résultats obtenus dans la figure 08, On remarque que la teneur de sodium diminue, avec l'augmentation de la dose de biochar exactement comme le cas de la CE, en effet le biochar absorbe le sodium du sol.

L'énorme diminution de la teneur en sodium dans les traitements est attribuable aussi aux précipitations enregistrées au cours de l'essai, ce qui a conduit au lessivage des sels.

Le résultat le plus élevée est celle du traitement T qui représente le groupe A avec une moyenne de (12,780 méq/l), et la plus faible est celle de 11T représenté par le groupe B avec une moyenne de (1,937 méq/l).

L'analyse statistique de l'effet de biochar sur la Na soluble de sol montre qu'il y a une différence significative entre les traitements (tableau 12).

Tableau 12: Analyse statistique des moyennes de Na soluble (méq/l) de sol

Modalité	Moyenne estimée (Na ⁺ méq/l)	Groupes	
T	12,780	A	
3T	10,160	A	
5T	10,160	A	
7T	2,683		B
9T	2,313		B
11T	1,937		B

2-4- le Calcium soluble :

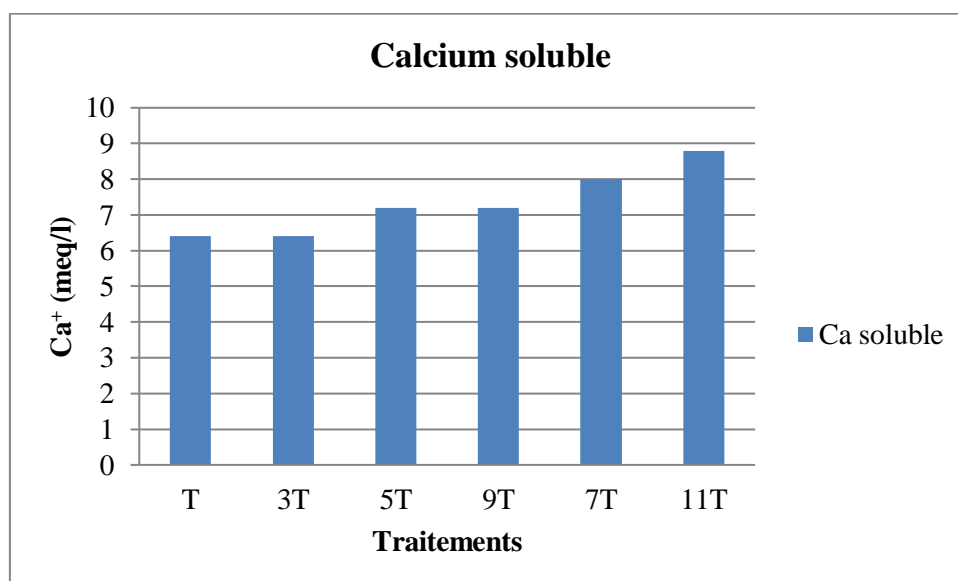


Figure 09: Histogramme de Ca⁺⁺ soluble en méq/l de sol

D'après la figure 09: on remarque en général une augmentation de la teneur de calcium avec l'augmentation des doses de biochar. Cette augmentation peut être expliquée par la diminution partielle du pH du sol avec l'augmentation de la dose de biochar ce qui permet une solubilisation partielle du carbonate de calcium. donc le biochar augmente la richesse du sol en calcium (le traitement 11T donne le meilleur résultat (8,8 méq/l).

L'analyse statistique de tableau 13 montre qu'il n'y a pas une différence significative entre les traitements.

Tableau 13: Analyse statistique des moyennes de Ca⁺⁺méq/l de sol

Modalité	Moyenne estimée (Ca ⁺⁺ méq/l)	Groupes
T	6,4	A
3T	6,4	A
5T	7,2	A
9T	7,2	A
7T	8	A
11T	8,8	A

2-5- Le magnésium soluble :

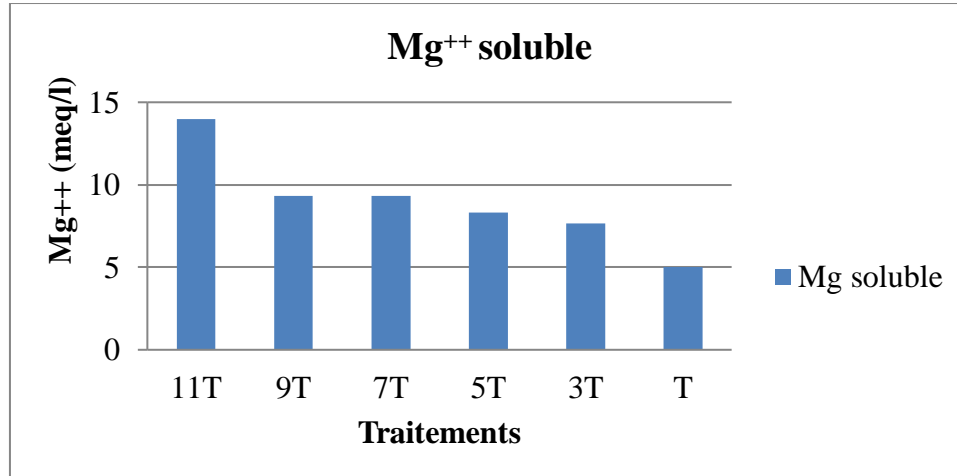


Figure 10: Histogramme de Mg⁺⁺ en méq/l de sol

D'après la figure 10: On note aussi une augmentation de la concentration de magnésium avec l'augmentation des doses de biochar, le meilleur résultat est de traitement 11T (14 méq/l) et le faible traitement est de témoin (5méq/l). L'explication précédente du calcium peut être valable pour le magnésium suite à la solubilisation partielle du carbonate de calcium et magnésium. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative entre les traitements.

Tableau 14: Analyse statistique des moyennes de Mg⁺⁺ (még/l) de sol

Modalité	Moyenne estimée (Mg ⁺⁺ még/l)	Groupes	
		A	B
11T	14,000	A	
9T	9,333	A	B
7T	9,333	A	B
5T	8,333	A	B
3T	7,667		B
T	5,000		B

2-6- La Capacité d'échange cationique :

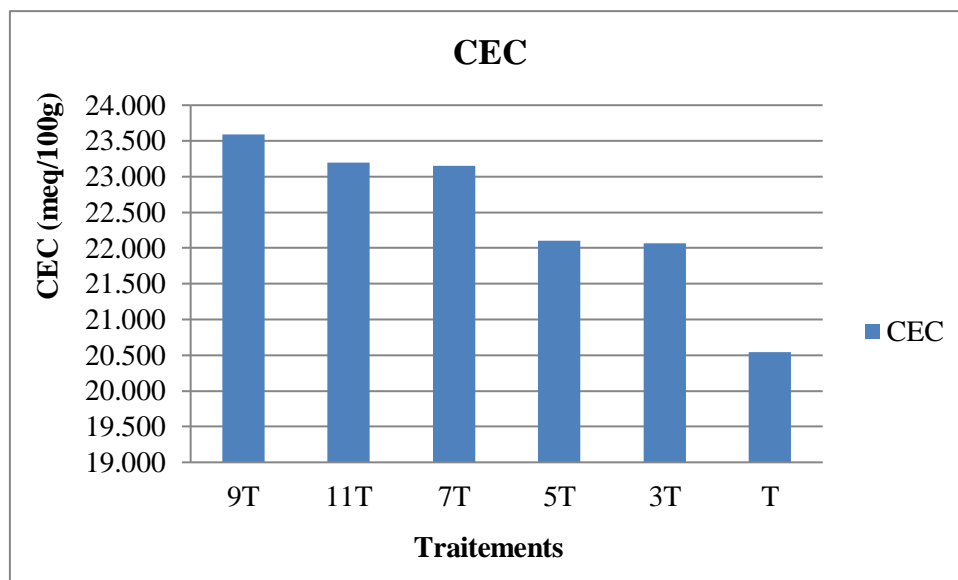


Figure 11: Histogramme de CEC en még/100g de sol

Avec les résultats présentés dans la Figure 11. On remarque généralement une augmentation de la capacité d'échange cationique avec l'augmentation de la dose de biochar et le meilleur résultat se situe dans le traitement 9T avec une valeur maximale de 23, 59 még/100g, alors que le faible résultat est de traitement de T (20 még/100g). L'augmentation de la CEC du sol est le résultat direct de l'ajout de biochar qui est caractérisé par une CEC importante.

L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative entre les traitements.

Tableau 15: Analyse statistique des moyennes de CEC en méq/100g de sol

Modalité	Moyenne estimée (CEC méq/100g)	Groupes			
9T	23,590	A			
7T	23,200		B		
11T	23,150		B		
5T	22,100			C	
3T	22,067			C	
T	20,540				D

2-7- Le Sodium échangeable :

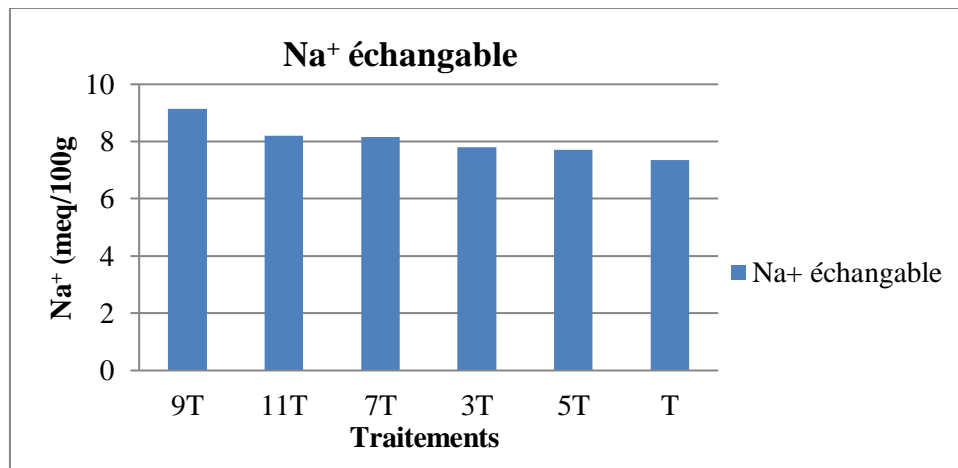


Figure 12 :Histogramme de Na⁺ échangeable en méq/100g de sol

D'après la figure 12 : on remarque généralement une augmentation de sodium échangeable avec l'augmentation de la dose de biochar. La teneur la plus élevée est donné par le traitement 9T (9,15 méq/100g), et le faible résultat est celui du traitement T (7,36méq/100g). On note que le traitement 9T est le même traitement qui a la CEC la plus élevée.

L'analyse statistique par le teste Fisher montre qu'il y a une différence significative entre les traitements.

Tableau 16: analyse statistique des moyennes de Na⁺ échangeable de sol

Modalité	Moyenne estimée (Na écha méq/100 g)	Groupes	
9T	9,150	A	
11T	8,200	A	B
7T	8,160	A	B
3T	7,800		B
5T	7,720		B
T	7,360		B

2-8-L'eau de drainage :

2-8-1- la conductivité électrique :

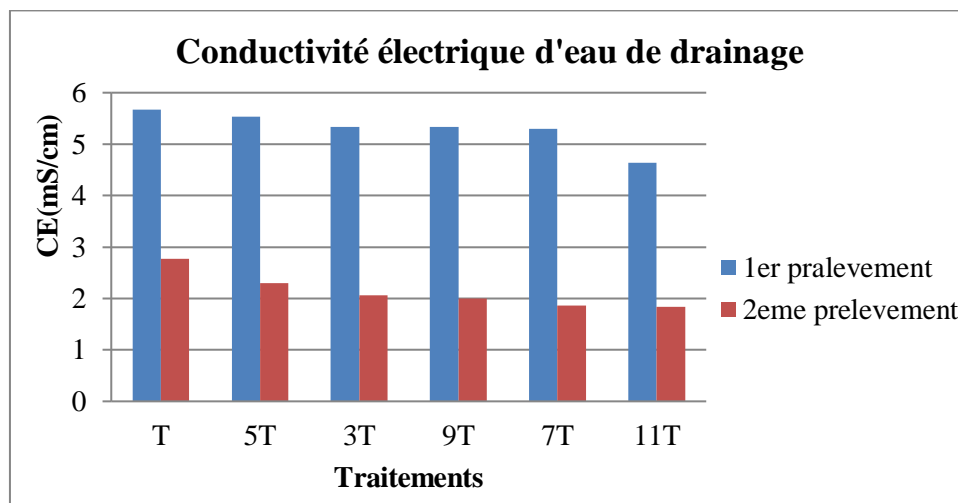


Figure 13:Histogramme de CE d'eau de drainage en mS/cm

Les résultats obtenus dans la figure 13 montrent que la conductivité électrique des traitements diminue dans le 2^{ème} prélèvement à 1,83 mS/cm par rapport au 1^{er} prélèvement. Cette diminution est la conséquence de la diminution de la CE du sol. Le traitement du dose la plus élevée 11T donne le meilleur résultat dans les deux prélèvements.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements.

Tableau 17:analyse statistique des moyennes de CE de 1^{er} prelevement (mS/cm)

Modalité	Moyenne estimée (1 ^{er} prélèvement d'eau de drainage)	Groupes	
T	5,667	A	
5T	5,533	A	
3T	5,333	A	
9T	5,333	A	
7T	5,300	A	
11T	4,633		B

Tableau 18: analyse statistique des moyennes de CE mS/cm (2^{ème} prelevement)

Modalité	Moyenne estimée (2 ^{ème} prélèvement eau de drainage)	Groupes		
T	2,767	A		
5T	2,300		B	
3T	2,067		B	C
9T	2,000		B	C
7T	1,867			C
11T	1,833			C

2-8-2-le pH :

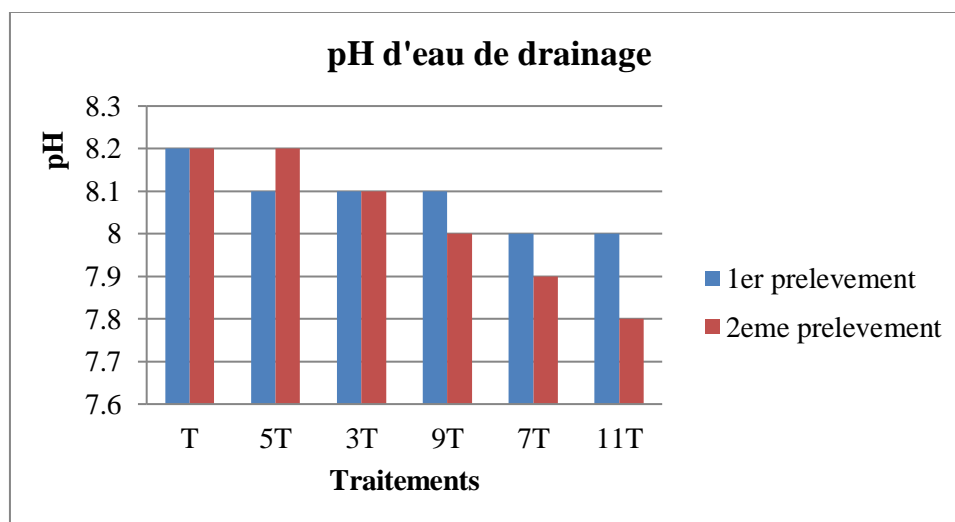


Figure 14: Histogramme de pH d'eau de drainage

Les résultats obtenus dans la figure 14 montre qu'en général le pH des sols diminue dans le 2^{ème} prélèvement par rapport au 1^{er} prélèvement, le traitement 11T donne le meilleur résultat (pH=7,53). L'évolution du pH de l'eau de drainage suit généralement celle du pH du sol, le biochar a marqué un effet de diminution du pH par rapport au témoin.

D'après l'analyse statistique nous remarquons qu'il y a de différence significative entre les traitements dans les deux prélèvements.

Tableau 19: Analyse statistique des moyennes de pH 1^{er} prelevement d'eau de drainage

Modalité	Moyenne estimée (1 ^{er} prélèvement)	Groupes	
T	8,2	A	
5T	8,1	A	
3T	8,1	A	B
9T	8,1	A	B
7T	8		B
11T	8		B




Tableau 20: Analyse statistique des moyennes de pH 2^{ème} prelevement d'eau de drainage

Modalité	Moyenne estimée (2 ^{ème} prélèvement)	Groupes			
T	8,2	A			
5T	8,2	A			
3T	8,1	A	B		
9T	8		B	C	
7T	7,9			C	D
11T	7,8				D

Partie II: Effet de biochar sur l'eau d'irrigation

1-Effet de biochar sur le sodium, chlorure et la conductivité électrique :

Tableau 21: Effet de biochar sur Na, Cl et CE

Temps	Concentration de Na ⁺ en méq/l	Concentration de Cl ⁻ en méq/l	CE mS/cm
2 min	38,53	23,91	4,1 
5 min	31,75	25,18	4,3
10 min	36,27	24,26	4,5
15 min	34,01	25,26	4,6
20 min	34,01	26,65	4,6
30 min	36,27	25,32	4,5
1 h	36,27	24,19	4,3
2h	36,27	23,49 	4,7
3 h	36,27	24,05	4,6
4 h	29,50 	27,36	4,5
5 h	31,75	26,02	4,6
6 h	38,53	23,91	4,4

- ✓ D'après le tableau ci-dessus, on remarque que l'absorption maximale du sodium par le biochar est obtenue en **4heures** avec une éliminaion estimée à 16,4 %
- ✓ Tandis que pour le chlorure, l'absorption maximale est observée après seulement **2 heures**, avec une éliminaion estimée à 12,2 %.
- ✓ La meilleure conductivité a été obtenue en 2 minute 4.1 dS/m

2-Effet de la dose du biochar :

Après 2 heures :

Tableau 22: Effet de la dose de biochar sur Na, Cl et CE

Biochar en g/l	0,05	0,2	0,4	0,6	0,8
Pourcentage d'absorption de Na ⁺ (%)	42,3	29,64	10,56	0	10,56
Pourcentage d'absorption de Cl ⁻ (%)	6,68	12,02	0,03	2,68	4,03
CE ms/cm	4	3,2	3,7	4,3	4,4

Selon les résultats obtenus présenté dans le tableau 22, on remarque qu'après 2 heures l'absorption de sodium par le biochar diminue avec l'augmentation de la dose de biochar, la dose de 0,05 g/l absorbe le meilleur taux de sodium, sa valeur est 42,3%, tandis que la meilleure absorption de chlorure est obtenue à la dose 0,2 g/l avec la meilleure valeur de conductivité (3,2 mS/cm).

Après 4 heures :

Tableau 23: Effet de la dose de biochar sur Na, Cl et CE

Biochar en g/l	0,05	0,2	0,4	0,6	0,8
Pourcentage d'absorption de Na ⁺ (%)	29,64	36,01	16,94	16,94	4,1
Pourcentage d'absorption de Cl ⁻ (%)	0	13,1	0,03	4,03	2,68
CE (mS/cm)	3,7	3,8	3,8	4,1	4,1

D'après le tableau 23, on remarque qu' après 4 heures la dose de biochar qui absorbe la grande teneur de sodium et de chlorure est la dose 0,2 g/l. Pour le sodium, elle absorbe 36,01 % et 13,1% de chlorure et la conductivité diminue avec la dose 0,05 g/l à 3.7dS/m

4)-Les résultats après l'activation de biochar :

4-1-Effet de biochar su le sodium, chlorure et la conductivité électrique :

Après avoir le biochar activé, nous répétons les mêmes essais comme suit :

Tableau 26: Effet de biochar sur Na, Cl et CE

temps	Concentration de Na ⁺ méq/l	Concentration de Cl ⁻ méq/l	CE ds/cm
2min	42,73	28,11	4,3
5min	41,83	22,51	4,3
10min	41,29	22,51	4,6
15min	44,55	23,68	4,5
20min	41,29	23,68	4,3
30min	43,24	23,68	4,6
1h	42,05	23,68	4,6
2h	39,66 ←	20,74 ←	4,2 ←
3h	43,46	23,68	4,4
4h	44,00	22,51	4,5
5h	41,07	25,71	4,3
6h	41,29	22,51	4,4

➤ D'après les resultats dans le tableau ci-dessus, on remarque que l'absorbption maximale du sodium et du chlorure par le biochar oùla conductivite est le minimum est à **2 heures**.

4-2-Effet de la dose du biochar :

Tableau 27: Effet de la dose du biochar sur Na, Cl et CE

Biochar (g/l)	0,05	0,2	0,4	0,6	0,8
Pourcentage d'absorption de Na ⁺ (%)	23,29	16,94	23,29	36,29	16,94
Pourcentage d'absorption de Cl ⁻ (%)	0	0	0	3,51	0
CE (mS/cm)	4,2	4,3	4,3	4,1	4,4

Selon les résultats obtenus dans le tableau 27, on remarque que après 2 heures la meilleure absorption de sodium et de chlore par le biochar est obtenue avec la dose 0,6 g/l. Cette dose a donné aussi la meilleure CE 4.1dS/m.

CONCLUSION

Conclusion:

Notre mission consiste à étudier l'effet du biochar sur la salinité du sol salé et la salinité de l'eau d'irrigation à travers l'évaluation de son potentiel d'adsorption des sels ainsi que sur la culture d'orge. Les résultats obtenus montrent que :

L'addition de biochar a fourni une bonne solution de diminuer la conductivité électrique d'eau, sol, Na soluble du sol et l'eau, Cl de l'eau et le pH du sol. Il permet aussi une augmentation de Ca soluble du sol et la CEC. Ces résultats favorables sur le sol ont une conséquence sur la croissance et la production de la culture d'orge où on observé une augmentation de la longueur de la tige en fonction de la dose de biochar ainsi qu'une bonne production en MF et MS obtenue avec la dose 5t/ha.

Le biochar, provenant de résidus de palmier dattier, a le potentiel d'améliorer la qualité des sols salés et des eaux d'irrigation, comme le prouve cette étude. Grâce à l'incorporation de biochar, la salinité a été diminuée et certains indicateurs de fertilité ont été améliorés, ce qui a favorisé la croissance et le rendement de la culture d'orge. Grâce à ces résultats prometteurs, il est possible d'étendre l'utilisation du biochar pour la valorisation durable des eaux salés et des terres touchées par la salinisation.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES :

- **Abibsi. N, 2011.** Reutilisation des eaux usées épurées par filters plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application a quartier de la ville de Biskra. Master's thesis, Faculté des sciences et de la technologie UMK Biskra.
- **Adnan F, 2015.** Etude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation : cas de barrage Dahmouni , wilaya de Tiaret, Mémoir Master , Université Blida 1, p5.
- **Ahmad. N, Yasmeen. R, Rehman. A, Saleem. M, Rehman. A, Ullah. H, 2012.** Effect of *Grewia oppositifolia* leaves and conventional oil cakes as feed supplement on cell wall intake, *Agric*,28(1).
- **Álvarez, S., Sánchez-Blanco, M. J, 2015.** Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. *Journal of plant physiology*, 185, 65-74.
- **Ashraf. M., Harris, 2004.** Indicateurs biochimiques potentiels de la tolérance a la salinité chez les plantes. *Science de plante*,166 :3-16.
- **Bekaddour S, Laskri S, Hartani T, 2018.** Effets de l'irrigation en milieu aride :Conséquences sur la salinité des sols dans l'oasis de Sidi Okba (Biskra), synthèse agraires et environnement (vol, 2,n 1,2018), p 1-8.
- **Belmabrouk A.,2019.** La variabilité spatiale de la salinité des sols cultivés à El Barka région de
- **Bouchmal F, 2017.** Diagnostique de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra, Thèse doctorat, Université de Biskra, p1.
- **Djemai. A, 2018.** Effet du biochar sur quelques propriétés physico chimiques des sols sales, Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master académique, Université Ibn Khaldoun Tiaret, p 61.
- **Douaik A, 2005.** Evaluation of the space time variability of soil salinity : Bystatistical, geostatistical, and bayesian maximum entropy methods. Doctor (Ph.D.) thèses, Université Gent, p 211 .de Belfar Nassima et Boubaaya Ratiba mémoire de master Etude de la relation entre deux méthodes de mesure de la salinité des sols : à Application sur les sols de Sebka et Melloul (Wilaya de Sétif).
- **FAO, 2006.** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégies de réhabilitation. Organisée et coordonnée par Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage, du 6 février au 6 Mars 2006. p12.
- **FAO, 2006.** World Reference Base for Soil Resources 2006: A framework for international classification, correlation and communication. Rome, p128 .
- **Greenway, H.and Munns, R, 1980.** Mechanisms of Salt Tolerance in Non-Halophytes. *Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology*, 31, 149-190.
- **Hachicha, M., 2007.** Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. *Sécheresse* 18 (1), pp. 45-50.

- **Halitime, A, 2011.** Aridoculture et le développement durable. Algerian journal of arid environment 3 vol. 1, N° 1, Janvier: 3-9.
- **Hamrouni. L et Hanana. M et Olivier. C et Eduardo.B, 2011.** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance a salinité (NaCl) chez les plantes, Article environnementale, disponible en <https://www.researchgate.net/publication/263311182>.
- **Idder. T, Idder. A., Tankari. D, Benzida, Merabet. S, Negais. H. et Serraye. A, 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), p155-164.
- **Lahlou. S, 2002.** Cardiovascular Effects of 1,8 Cineole, a Terpenoid Oxide Present in Many Plant Essential Oils, in Normacology, 80, 1125-1131.
- **Lakhdhar. A, Hafsi. C, Rabhi. M, Debez. A, Montemurro. F, Abdelly, Jedidi. N Et Ouerghi. Z. 2008.** Application of municipal solid waste compost reduce the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. Bioresource technology.
- **Le vigneron. E, 1995.** La Polynésie Française .Paris, P.U.F.coll. Que sais-je? N 3041.
- **Lehmann. J et Joseph. S, 2015.** Biochar for Environmental Management : Science, Technology and Implémentation. Routledge, p 944.
- **Masmoudi. A, 2011.** Effet de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et le végétal. Département d'agronomie université de Biskra. B. P.145.
- **Oustani. M, 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions sahariennes.
- **Rechachi. M, 2017.** Impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la salinisation sols en régions arides et semi arides : cas de la région du Ziban .Thèse de doctorat .université de Biskra, p33.
- **Serge . M. J, 2006.** Processus et gestion de la salinité des sols, in book: Traité d'irrigation Edition: Seconde édition Chapter: Processus et gestion de la salinité des sols Publisher: Tec & Doc Lavoisier.
- **Snouss et Haliti, 1998.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes
- **Tahir. M, Nousheen. A, Syed I. A. S, Tahir. K, 2019.** Modeling and stability analysis of epidemic expansion disease Ebola virus. Cogent Biology.
- **Wang L., Sun X., Li T.S., Zhang W. Etzhai. P, 2014.** Application of organic amendements to a coastal saline soil in North China: effects on soil physical and chemical properties and tree growth.
- **Yu, J., Chang, J. S., Guo, H., Han, S., & Lee, D. J, 2023.** Sodium ions removal by sulfuric acid-modified biochars. Environmental Research, 235, 116592.

Résumé :

Cette étude vise à présenter le produit magique comme il est appelé en Europe, l'identifier et citer ces caractéristiques dans le but de définir leur effet sur la salinité du sol salé et la salinité de l'eau d'irrigation. Ainsi de voir l'effet de biochar sur la culture d'orge.

Pour cela, on a fait un essai de différentes doses de biochar sur une culture d'orge en pots de végétation et des essais d'addition de biochar à l'eau d'irrigation pour évaluer son potentiel d'adsorption de Na et Cl. Les résultats montrent que:

L'addition de biochar a fourni une bonne solution de diminuer la conductivité électrique d'eau, sol, Na soluble du sol et l'eau, Cl de l'eau et le pH du sol. Il permet aussi une augmentation de Ca soluble du sol et la CEC. Ces résultats favorables sur le sol ont une conséquence sur la croissance et la production de la culture d'orge où on observé une augmentation de la longueur de la tige en fonction de la dose de biochar ainsi qu'une bonne production en MF et MS obtenue avec la dose 5t/ha

Les résultats vraiment étaient satisfaisantes, on a approché à réaliser le but de cette étude qui était la diminution de salinité en utilisant le biochar.

Mots clés : la salinité, le biochar, sol, eau d'irrigation

Abstract:

This study aims to present the magic product as it is called in Europe, identify it and cite its characteristics in order to define their effect on the salinity of salty soil and the salinity of irrigation water. Thus to see the effect of biochar on barley culture.

For this, a test of different doses of biochar was carried out on a barley culture in vegetation pots and tests of addition of biochar to irrigation water to evaluate its adsorption potential of Na and Cl. The results show that :

The addition of biochar provided a good solution to decrease the electrical conductivity of water, soil, soluble Na of the soil and water, Cl of water and soil pH, it also allows an increase in soluble Ca of the soil and the CEC. These favorable results on the soil have a consequence on the growth and production of barley crop where an increase in the length of the stem was observed depending on the dose of biochar as well as a good production in MF and MS obtained with the dose 5t/ha.

The results were really satisfactory, we approached to achieve the goal of this study which was the reduction of salinity using biochar.

Key words: salinity, biochar, soil, irrigation water.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة الى تقديم المنتج السحري كما يطلق عليه في اوروبا وتحديده واستشهاد هذه الخصائص من اجل تحديد تأثيرها على ملوحة التربة المالحة وملوحة مياه الري حتى نرى تأثير الفحم الحيوي على زراعة الشعير, لهذا تم اختبار جرعات مختلفة من الفحم الحيوي على زراعة الشعير في اصيصات واختبار اضافة الفحم الحيوي لمياه الري لتقييم امكانات امتصاص الصوديوم والكلور. اظهرت النتائج ان: اضافة الفحم الحيوي يوفر حلا جيدا لتقليل الناقلية الكهربائية للماء والتربة والصوديوم القابل للذوبان في التربة والماء و الكلور في الماء وكما انه يسمح بزيادة الكالسيوم القابل للذوبان في التربة. هذه النتائج المفيدة ولها تأثير على نمو وإنتاج الشعير حيث لوحظت زيادة في طول الجذع اعتمادا على جرعة الفحم الحيوي وكذلك انتاج جيد في المادة الطازجة والمادة الاولية الجافة التي تم الحصول عليها بجرعة 5 طن هكتار. وكانت النتائج مرضية حقا, فقد اقتربنا من تحقيق هدف هذه الدراسة وهو تقليل الملوحة باستخدام الفحم الحيوي.

الكلمات المفتاحية : الملوحة , الفحم الحيوي, التربة, مياه السقي.