



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

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

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
BESSAKER Nesserine

Le: mardi 11 juin 2024

Effet des apports organiques de Bio char, de compost et d'engrais sur les paramètres physico-chimiques du sol et leurs effets sur le rendement d'une culture cas d'orge (*Hordeum vulgare*.L) Oued Righ périmètre de Barkadjia la wilaya EL Meghaier.

Jury :

M.	Boumaraf Belkacem	Pr	Université Mohamed Khider Biskra	Président
M.	Boukehil Khaled	MAA	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
M.	Atek Younes	MAB	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Avant de présenter ce humble travail, je remercie Dieu pour la force, la santé, le courage et la détermination qui nous ont permis de réaliser ce humble travail.

Je voudrais tout d'abord remercier le Dr. BOUKEHIL Khaled, enseignant au département des sciences agronomiques à l'université de Mohammed Khider Biskra, a dirigé et encadré ce travail avec une grande rigueur scientifique. La qualité de sa formation et de ses conseils, ainsi que le soutien et la confiance qu'il m'a accordée.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude au Dr. KHECHAI Salim pour tous les échanges, les conseils, les suggestions et l'aide inestimable qu'il m'a apportés sur mon sujet.


Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à monsieur Kamel GUIMEUR pour sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de cette étude.

Je tiens également à exprimer ma gratitude au professeur BOUMAARAF Belkacem, responsable du projet ISFERALDA à l'Université de Biskra-Algérie. Afin de faciliter logistiquement le début de notre expérimentation.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ma chère collègue et amie pour leur aide dans les moments difficiles. Avec toi, SAGARA Ramata, notre équipe est plus forte.

Je remercie toute l'équipe du laboratoire du département d'agronomie pour la formation qu'ils nous ont dispensée.

Nous remercions également les agriculteurs de la palmeraie (El Gouira) pour leur gentillesse et leur orientation dans la réalisation de notre expérimentation.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

À celui dont je porte le nom, qui a souffert pour mes études.

Merci pour tout ce que tu m'as donné.

Mon père

À celle qui m'a donné le bonheur, l'espoir

L'encouragement durant toute ma vie

Ma mère

À mes chers frères et sœurs

À qui se tenait à côté de moi pendant toute cette période.

Ce travail est également dédié à chaque érudit et érudit.

*Qui a travaillé à construire ce pays pour rendre la science
célèbre.*

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction

Chapitre I: Synthèse Bibliographique.

1	Situation géographique de la vallée d'Oued Righ:.....	3
2	Ressources hydrogéologique.....	4
2.1	Aquifère Continental Intercalaire.....	4
2.2	Complexe terminal.....	4
3	Climat de la vallée d'Oued Righ :.....	4
4	Sols de la vallée d'Oued-Righ :.....	4
4.1	Origine des sols dans la vallée de l'oued Righ.....	5
5	Hydrogéologie de la région d'Oued Righ :.....	6
5.1	La nappe du quaternaire (nappe phréatique) :.....	6
5.2	Nappe du Complexe Terminal.....	6
5.2.1	Les différents types du Complexe terminal.....	7
5.3	La nappe du Continental Intercalaire :.....	7
6	Qualité des eaux d'irrigation dans la région de l'Oued Righ :.....	8
6.1	Qualité chimique des eaux de la nappe de complexe terminal (CT).....	8

7	Problèmes de remontée d'eau dans la vallée d'Oued Righ	9
8	Le biochar:	10
8.1	Historique du biochar	11
8.2	Production du biochar la pyrolyse :.....	11
8.3	Intérêt du biochar comme amendement.....	13
8.4	Le biochar et les organismes du sol :	14
9	La céréaliculture dans le Sahara Algérienne :.....	15
9.1	L'agriculture des céréales dans la région d'El Meghaier :	16
9.1.1	La production totale de la Daira :.....	17
9.1.2	Cultures de plein champ :	17

Chapitre II: Matériels et Méthode.

	L'objectif de travail :	19
1	Présentation de la zone d'expérimentation :	19
2	Localisation du site expérimental :.....	21
3	Preparation du site experimental:	22
3.1	Mise en place de l'essai expérimental / dispositif expérimental.....	22
3.2	Matériel végétale :.....	23
	Dose de semis	23
3.3	Le Bio char :.....	24
	Calculs de la dose de bio char	24
3.4	Le compost :.....	25
	Calculs de la dose de composte	25
4	Engrais	25
	Calculs de la dose d'engrais	25
5	Conduite de l'essai :	26

5.1	Travail de sol :.....	26
5.2	Semi :.....	26
	Écartement de la parcelle élémentaire :	26
5.3	Irrigation :	27
6	Échantillonnage des sols:.....	27
6.1	Prélèvements du sol :.....	28
6.1.1	Matériels :.....	28
6.1.2	Méthodes :	28
7	L'échantillonnage des eaux :.....	29
8	Les analyses des sols et des eaux au laboratoire : Les méthodes d'analyse du sol :...29	
8.1	Les analyses physiques.....	30
8.1.1	La densité apparente : Méthode du cylindre.....	30
8.1.2	La granulométrie.....	30
8.2	Les analyses chimiques.....	30
8.2.1	Le pH.....	30
8.2.2	La conductivité électrique :	31
8.2.3	Détermination de la capacité d'échange cationique du sol :	32
8.2.4	Le dosage du carbone organique (Méthode Walkley et Black) :.....	32
8.2.5	Le calcaire total :.....	33
8.2.6	Dosage de phosphore assimilable (méthode de Joret- Hebret) :.....	34
8.2.7	Dosage de gypse par la méthode de conductimétrie (CE) :.....	34
8.2.8	Dosage du Na ⁺ : par photométrie à flamme.....	35
8.2.9	Dosage du K ⁺ : par photométrie à flamme.....	35
8.2.10	Dosage du Mg : par spectrophotométrie d'absorption atomique.....	35
8.2.11	Dosage du Ca ⁺⁺ : par spectrophotométrie d'absorption atomique	35

8.2.12	Dosage des sulfates : (méthode Joret-Hebert)	36
8.2.13	Dosage de l'azote totale (Méthode Kjeldhal)	37
8.3	Les analyses de l'eau : (REJSEK, 2002)	37
8.3.1	Le taux de Chlorure : (Méthode volumetrique de Mohr).	37
8.3.2	Dosage des Bicarbonate : Méthode visuelle	38
9	Les Paramètres étudiés : Les stades végétatifs.....	39
9.1	Composantes du rendement	39
9.1.1	Nombre d'épis par mètre carré (NE)	39
9.1.2	Nombre de grains par épi (NGE)	40
9.1.3	Poids de 1000 grains	40
9.1.4	Poids des épis.....	40
9.1.5	Rendement en grains	40

Chapitre III: Résultats et Discussion.

1	Partie 1 : Résultats et discussion des eaux :	42
2	Partie 2 : Résultats et discussion des sols	43
2.1	Les paramètres physiques et chimiques des sols.....	43
2.1.1	Les paramètres physiques :	43
2.1.2	Les paramètres chimiques des sols :	47
3	Partie 3: Résultats et discussion des composantes de rendements.	63
	Conclusion:.....	68

Références bibliographiques

Résumé

LISTE DES ABREVIATIONS

T1 : Témoin

T2 : Bio char

T3 : Compost

T4 : Engrais

T5 : Biochar + compost

CEC : capacité d'échange cationique

pH: Potentiel Hydrogène

CE : conductivité Électrique

dS/m : Décimes par mètre

CT : Complexe Terminal

CI : Continental Intercalaire

MO% : matière organique

Qx : Quintaux

Ha : hectare

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation de la vallée d’oued Righ ((BOUCHAHM et al., 2013).....3	3
Figure 2: coupe géologique schématique Nord-Sud et intérêt hydrogéologique du complexe Terminal dans la vallée de l’oued Righ (Paix ; 1956).8	8
Figure 3: Evolution du pH des eaux des sites de remontée dans la vallée de l’Oued Righ10	10
Figure 4: Évolution des CE des eaux des sites de remontée dans la vallée de l’Oued Righ10	10
Figure 5: Production de biochar par le procédé de pyrolyse (LAURIN-LANCTOT, 2015)12	12
Figure 6: carte de situation du périmètre de BARKADJIA20	20
Figure 7: Image satellite du site d’expérimentation dite palmeraie EL GOUIRA (Google Earth).....21	21
Figure 8: Photo original d’orge la variété Saïda « récolté mai 2024 ».....23	23
Figure 9: Photo originale de le biochar utilisée « février 2024 ».....24	24
Figure 10: le compost expérimental25	25
Figure 11: photo originale représentant le site expérimental.....26	26
Figure 12: Préparation de terrain.....27	27
Figure 13: Irrigation par aspersion de culture d’orge installée. Région de BERKADJIA.27	27
Figure 14: Tarière enfoncée dans le sol pour les prélèvements des sols.28	28
Figure 15: Photo original du forage.....29	29
Figure 16: les tamis pour les analyses granulométrie30	30
Figure 17: mesure pH avec pH mètre31	31
Figure 18: mesure de CE avec conductimètre.....31	31
Figure 19: Dosage de CEC32	32
Figure 20: Dosage de carbone organique par titration33	33
Figure 21: le calcimètre Bernard. (Photo originale).....33	33
Figure 22: dosage de phosphore par spectrophotomètre UV visible.....34	34

Figure 23:Photometer a flame.	35
Figure 24: spectrophotomètre d'absorption atomique.....	36
Figure 25: Spectrophotomètre UV/ visible	36
Figure 26: dosage d'azote total.	37
Figure 27: determinaton de taux de colorure par titration	38
Figure 28: Photo originale du champ expérimental.	41
Figure 29: Diagramme de Piper de l'eau d'irrigation.....	42
Figure 30: Diagramme du pH du sol.	44
Figure 31: La conductivité électrique du sol.....	46
Figure 32: Histogramme présentant le calcaire total du site	48
Figure 33: Taux de MO% du site.	50
Figure 34: diagramme de capacité d'échange cationique en Cmol/kg	52
Figure 35: Diagramme de la concentration des cations en ppm	53
Figure 36:Diagramme de Mg^{++} au sol.....	55
Figure 37: Diagramme de Na^{++} au sol ppm	56
Figure 38: Diagramme de K^{+} du sol en ppm	57
Figure 39: diagramme de concentration HCO_3^{-} en meq/l.....	58
Figure 40: Diagramme de de concentration de SO_4^{-2} en meq/l.....	59
Figure 41: Diagramme de concentration de phosphore en ppm	60
Figure 42:Diagramme de pourcentage d'azote au sol	61
Figure 43:Histogramme de rendement théorique en g/m^2	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: la production de blé enregistrée par commune pour la campagne agricole 2023/2024	17
Tableau 2: la production d'orge enregistrée par commune pour la campagne agricole 2023/2024	18
Tableau 3: Localisation et coordonnées du périmètre «Barkadjia »	19
Tableau 4: Dispositif en bloc aléatoire avec quatre blocs et cinq répétitions.....	22
Tableau 5:Qualité des eaux d'irrigation de la zone d'étude	42
Tableau 6: Normes d'interprétation granulométrique	44
Tableau 7: Poids total du rendement	63
Tableau 8: Poids net (g)	64
Tableau 9 : Nombre d'épis/m ²	65
Tableau 10: Longueur d'épis (cm)	65
Tableau 11: Nombre des grains par épis.....	66
Tableau 12: Poids d'épis.....	67
Tableau 13: Poids des 1000 graines (g).....	68

Introduction

INTRODUCTION:

La région d'Oued Righ est l'une des régions les plus anciennement cultivées et l'une des mieux connues du Sahara septentrional. Elle s'étend sur une longueur de 150 km Sud-Nord et une largeur allant de 20 à 30 km. Est-ouest. (SAYAH, 2008)

Dans une région à climat aride comme la vallée de l'Oued Righ, l'irrigation s'impose comme un choix incontournable pour l'agriculture et pour répondre aux besoins diversifiés de la population. Les sols mis en valeur dans cette région ne sont, en général, que des substrats minéraux sableux, dépourvus de matière organique et des propriétés qui y sont attachées. Dans les sols halomorphes, l'accumulation fréquente d'une importante fraction saline qui peut constituer des horizons indurés peu perméables, est très gênante pour la mise en valeur. Les sols des périmètres irrigués, dans la vallée de l'Oued Righ, présentent une vulnérabilité à l'hydromorphie et à la salinisation. Ces problèmes sont dus à l'utilisation des eaux salées (salinité supérieure à 3 g/l) mais aussi aux caractéristiques climatiques et hydro-pédologiques de la zone (KOULL et al., 2013).

L'utilisation excessive d'engrais chimiques a entraîné des problèmes environnementaux tels que la pollution des sols et des eaux. Pour relever ces défis, il est nécessaire de développer des pratiques agricoles durables qui permettent d'améliorer la santé des sols et d'augmenter les rendements tout en préservant l'environnement.

D'autre côté, l'utilisation de biochar dans l'agriculture a récemment été considérée comme une solution évidente. Des études plus récentes sur le sujet recommandent le biochar pour sa capacité d'améliorer l'état des sols, naturellement pauvres ou acides, ou dégradés par une agriculture intensive, en favorisant une meilleure structure du sol, qui en améliore ses propriétés physico-chimiques. (DJEMAI, 2018).

Les apports organiques, tels que le biochar, le compost et les engrais, peuvent améliorer la fertilité du sol, la structure et la capacité de rétention d'eau, tout en favorisant la croissance des micro-organismes bénéfiques. De plus, ils peuvent contribuer à séquestrer le carbone dans le sol, ce qui atténue les effets du changement climatique.

Introduction :

Cette étude vise à évaluer l'effet des apports organiques (biochar, compost et engrais chimique) sur les paramètres physico-chimiques du sol et le rendement de l'orge dans l'Oued Righ.

On suppose que les apports organiques auront un effet positif sur les paramètres physico-chimiques du sol, tels que la teneur en matière organique, la CE et le pH...

On suppose également que les apports organiques augmenteront le rendement de l'orge.

L'étude sera menée selon un essai en champ comportant plusieurs traitements :

- Un témoin sans apport d'amendement organique
- Un apport de biochar
- Un apport de compost
- Un apport d'engrais chimique
- Une combinaison de biochar et de compost

Les paramètres physico-chimiques du sol seront mesurés avant et après l'essai. Le rendement de l'orge sera également mesuré à la récolte.

Cette étude comporte trois parties :

- Première partie s'intéresse à l'étude bibliographique.
- Deuxième partie pour citer les matériels et les méthodologies de travail.
- Troisième partie : le traitement des résultats obtenus.
- Enfin, on a terminé par une conclusion.



Première Chapitre :

Synthèse Bibliographique

1 Situation géographique de la vallée d'Oued Righ:

La vallée de l'Oued Righ est une entité géographique située dans le Sud-est Algérien entre la latitude $32^{\circ}54'$ et une longitude $34^{\circ}09'$. Elle s'étale sur 150 km de longueur et 20 à 30 km de largeur, à cheval sur les Wilayas, d'El-Oued et d'Ouargla. Elle est limitée au Nord par le plateau de Still, à l'Est par l'Erg Oriental, au Sud par l'extension de l'Erg oriental et à l'Ouest par le plateau gréseux (fig. 01). Cette région est caractérisée par une dépression allongée du sud au nord (vers les grands chotts), l'altitude passe progressivement de +100 m dans El-Goug en Amont (la côte la plus haute) à -30 m à chott Merouane en aval (BOUCHAHM et al., 2013).

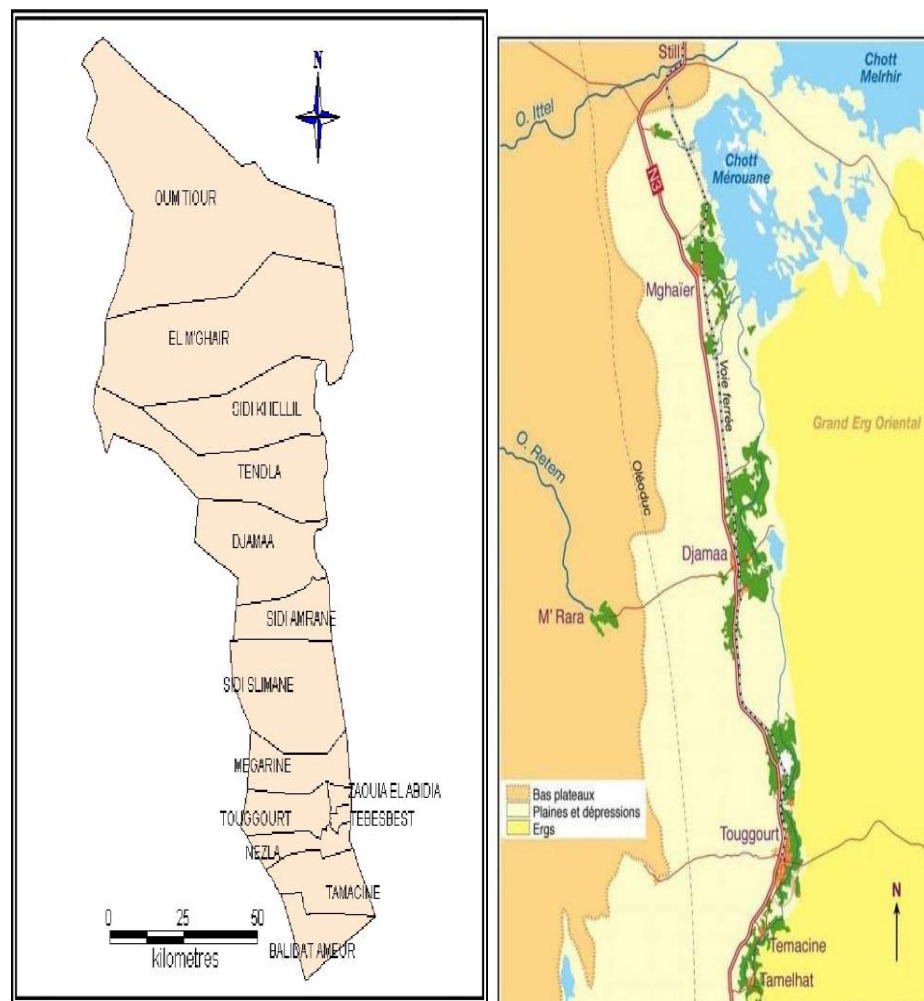


Figure 1 : Carte de localisation de la vallée d'Oued Righ ((BOUCHAHM et al., 2013).

2 Ressources hydrogéologique

Le Continental Intercalaire et le complexe terminal sont considérés comme les deux principaux aquifères du sud Algérien.

2.1 Aquifère Continental Intercalaire

2.2 Complexe terminal

3 Climat de la vallée d'Oued Righ :

La période sèche s'étend sur toute l'année. La moyenne annuelle des précipitations est de 66.44 mm (période 2003- 2012). Les mois les plus secs restent juin, juillet et août avec une moyenne de 1 mm de pluie. Le mois le plus humide est janvier avec un maximum de 17.23 mm. La température moyenne annuelle est de 22.37°C avec les températures les plus élevées durant le mois de juillet avec une moyenne de 34.33°C. Les températures les plus basses sont enregistrées pendant le mois de janvier (10.79°C en moyenne). Durant la période allant d'avril à juillet, les vents du sirocco soufflent très fort (BOUMARAF et *al.*, 2014).

4 Sols de la vallée d'Oued-Righ :

Les régions climatiques désertiques sont idéales pour l'extension des caractères de salinité des sols. Ainsi, les sols de la zone saharienne d'Algérie contiennent des quantités importantes de sels solubles. Leur accumulation est due à la rareté des pluies qui ne pénètrent pas profondément dans les sols pour provoquer une infiltration appréciable (HALILET, 1998 in BOUMARAF).

Lorsqu'il y'a de l'eau, la dissolution des sels et la remontée capillaire sont rapides sous l'effet d'une forte évaporation, ainsi parmi les sels dissouts appartenant à une nappe phréatique, certains sont facilement ramenés en surface et d'autres sont précipités lorsque la concentration atteinte le permet. Il apparait ainsi que le climat désertique favorise la concentration des solutions et la cristallisation des sels, tant en surface qu'en profondeur selon les conditions du milieu, Dans les conditions hyperarides du Sahara, les phénomènes sont encore accrus et atteignent une intensité maximale. Ainsi les exemples de sols salins sont très nombreux et spectaculaires, tout particulièrement dans les régions sédimentaires pourvoyeuses d'anions et de

cations caractérisant la salure. La variabilité de la salinité des sols est fonction des caractéristiques hydro-pédologiques et géomorphologiques de l'oasis par rapport aux axes naturels d'écoulement et de concentration des eaux (ZIDI et *al.*, 1997 in BOUMARAF). Le paysage saharien est composé généralement, en partie amont, de sols sableux éoliens peu profonds, à croûte gypseuse, et, en partie aval, de sols sableux éoliens, plus profonds à encroûtement de nappe gypseuse plus récent (MITIMET, 1998 in BOUMARAF). Les sols deviennent hydro morphes dans les dépressions hyper salés composées d'alluvions fines. Selon la classification française (CPCS, 1967).

4.1 Origine des sols dans la vallée de l'oued Righ

Les études réalisées par le SOGREAH, 1971 et ABID 1995 définissent l'origine des sols dans la vallée de l'oued Righ comme mixte alluvionnaire, colluviale et éolienne, Les deux premières proviennent de l'érosion du niveau encroûté datant du Quaternaire ancien ou du Mio-Pliocène. Les phases successives d'érosion et de comblement du fond de la vallée, sont responsables de l'hétérogénéité texturale constatée dans les horizons profonds, contrairement aux horizons supérieurs qui ont une origine éolienne (plages sableuses plus ou moins remaniées et récentes).

D'après GUYOT ET DURAND, (1955) les sols de la vallée d'oued Righ contiennent des fortes proportions de gypse, La raison principale de cette accumulation dans les sols est due à la précipitation du gypse provenant des sels contenus dans la nappe aquifère et dans les ruissellements. A la suite d'une évaporation intense et dont la variation saisonnière du niveau piézométrique peut atteindre dans la vallée de l'oued Righ l'amplitude d'un mètre et plus (SOGREHA, 1971 in BOUMARAF). Le gypse de la vallée de l'oued Righ se présente sous différentes formes selon ABID (1995) :

1. Poussiéreuse
2. Taches à amas globulaires microcristallins au touché limoneux très friable à l'état humide et légèrement ferme à l'état sec.
3. Nodules microcristallins indurés de 1 à 0.5 μm .

4. Cristaux macroscopiques de taille très variable (de 0.1 à 10 cm de longueur) Bancs cristallins : très forte concentration de cristaux sur quelques centimètres d'épaisseur.
5. Encroûtement : horizon cimenté par le gypse, parfois continue.
6. Croûte : horizon cimenté par le gypse et de consistance très dure, compacte, imperméable et impénétrable par les racines (pétrogypsique).

Cependant la pédogénèse actuelle est sous l'influence des facteurs climatiques. Elle conduit vers une dégradation intense, surtout mécanique, de la surface du sol. Cette action se traduit par la mise en place de profils variés, allant jusqu'à l'affleurement géologique sur les points hauts, à la troncature des paléosols sur les pentes et à leur enfouissement dans les points bas notamment. En résumé ces sols sont généralement meubles, aérés en surface, de type sulfaté calcique dans les sols les moins salés et de chlorures sodiques pour les sols les plus salés (ABID, 1995 in BOUMARAF). Cependant les études pédologiques menées dans cette région (DURAND et al. 1955, DUTIL, 1971, SOGREAH, 1971, ABID, 1995, HALILLET, 1998 in BOUMARAF) n'ont pas été réalisées sur la base d'une cartographie élargie des sols. Elles ont été faites seulement sur des surfaces agricoles ou des transects restreints à l'échelle de la vallée.

5 Hydrogéologie de la région d'Oued Righ :

De haut en bas en distingue (Figure 2) :

5.1 La nappe du quaternaire (nappe phréatique) :

Constitue essentiellement du sable, à la base des couches d'argiles et d'évaporites semi-perméables qui la sépare du Pliocène supérieur. Cette nappe est alimentée principalement par l'infiltration des eaux des Oueds et surtout par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation.

5.2 Nappe du Complexe Terminal

Le réservoir complexe terminal est contenu dans les formations du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Les formations CT sont relativement hétérogènes, qui forment la base des calcaires sénoniens perméables ainsi que les sables argileux et les grès du Miopliocène (NESSON, 1987; GUENDOZ et al. 1992). La profondeur jusqu'au sommet de cet aquifère est comprise entre 100

et 600 m, et l'épaisseur moyenne de l'aquifère est de 300m. L'aquifère du Miopliocène est la source d'eau de nombreux palmiers, comme Oued Righ, Souf et Ouargla. Le niveau piézométrique de l'aquifère, tel qu'établi à l'échelle de l'ensemble du Grand Erg oriental indique que le flux principal se déroule du sud (la zone de recharge est la marge sud du plateau Erg et Tinrherth) vers le nord (la décharge zone est le Chott Melrhir et Chott Merouane). La chimie de l'eau montre une salinité très variable (supérieure à 2 g/L), mais les eaux sont généralement plus minéralisées que celles de l'aquifère Continental Intercalaire (NESSON, 1987; GUENDOOUZ et *al.*, 1992). L'aquifère CT est principalement composé de deux aquifères: l'aquifère Senono-Éocène et l'aquifère Mio-Pliocène. L'aquifère Senono-Éocène est plus profond que l'aquifère Mio-Pliocène (DROUICH, et *al.*, 2011).

5.2.1 Les différents types du Complexe terminal

Complexe terminal est Constitue par la superposition de trois unités aquifères qui sont de haut en bas :

5.2.1.1 Première nappe de Complexe Terminal

Dite des sables ; est en réalité un réseau de petites nappes communicantes, elle se situe dans les sables plus au moins argileux du Pliocène.

5.2.1.2 Deuxième nappe Complexe Terminal

S'est constituée dans les sables Pontien du Miocène supérieur, beaucoup plus continus et perméable que les précédents.

5.2.1.3 Nappe des calcaires

Située dans les calcaires fissurés et karstifiés du Sénonien carbonaté et de l'Eocène inférieur.

Cette nappe à une profondeur oscillant entre 100 et 500 m.

5.3 La nappe du Continental Intercalaire :

Appelée souvent « nappe albienne », constituée essentiellement par des sédiments post-paléozoïque qui vont du Trias à l'Albien et représenté par une alternance de couches grésosableuses et argileuses ou les niveaux perméables sont dominants présentant une épaisseur utile dépassant partout 250 m et atteignant parfois 1000 m (DROUICHE, et *al.*, 2011).

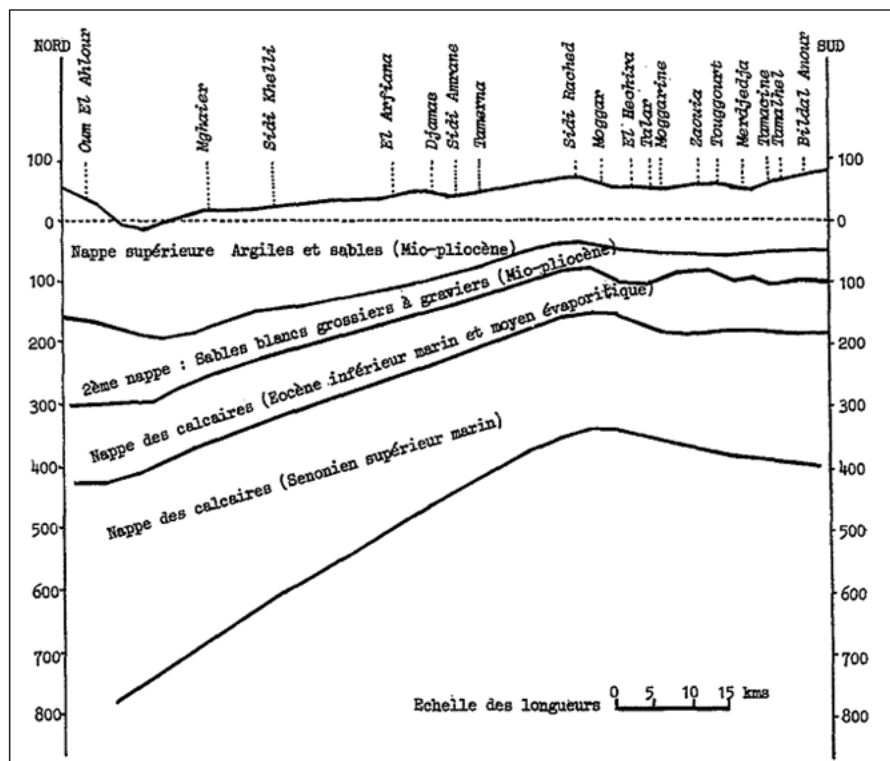


Figure 2: coupe géologique schématique Nord-Sud et intérêt hydrogéologique du complexe Terminal dans la vallée de l'oued Righ (Paix ; 1956).

6 Qualité des eaux d'irrigation dans la région de l'Oued Righ :

6.1 Qualité chimique des eaux de la nappe de complexe terminal (CT)

Selon l'étude qualitative réalisée par BELKSIER, et *al.* (2015) se resume comme suite :

- **CE** : La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide, sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration. Pour la nappe CT de la région d'étude, la valeur de conductivité varie entre 2 ms/cm et 9 ms/cm.
- **Les teneurs de Ca²⁺** : Pour CT2 sont comprises entre 116 mg/l et 413 mg/l.
- **Les teneurs de Mg²⁺** : les teneurs sont comprises entre 165 mg/l et 700 mg/l au centre de la région.
- **Les teneurs de Na⁺** : les teneurs sont comprises entre 420 mg/l et 1300 mg/l.
- **Les teneurs de K⁺** : les teneurs sont comprises entre 10 mg/l et 30 mg/l.

- **Les teneurs de Cl^-** : les teneurs sont comprises entre 575 mg/l et 2450 mg/l
- **Les teneurs de SO_4^{2-}** : les teneurs sont comprises entre 1224 mg/l et 2600 mg/l.
- **Les teneurs de HCO_3^-** : les teneurs sont comprises entre 98 mg/l et 165 mg/l.

7 Problèmes de remontée d'eau dans la vallée d'Oued Righ

Les eaux de la majorité des sites recensés sont caractérisées par une minéralisation très élevée qui augmente de manière notable. La salinité des eaux varie d'une manière irrégulière dans le temps et d'un site à l'autre (entre 6 et +70 g/l) sous l'effet de plusieurs facteurs, à savoir ; l'évaporation, le lessivage des sols par les eaux de drainage, la nature des sites, l'origine des eaux et le mode d'alimentation de ces sites. Les fortes valeurs de la salinité et conductivité sont enregistrées dans la plupart des sites fermés, les lacs de Sidi Slimane, El Arayass, Ghilane et les deux sites proches de carrière de sable à cause de la forte évaporation (fig.11,12). Cette dernière favorise la formation des couches de sel qui peuvent être par la suite fatale aux palmiers. La conductivité électrique des eaux varie d'après les lacs et les saisons entre un minimum de 6.68 ms/cm dans le lac Tindla en février et une CE de 137.8 ms/cm dans le site carrière pour le même mois de février. On remarque que les lacs de Témacine, Merdjaja, Tataouine Ayata Ain Zerga et Oued Khrouf présentent tous des conductivités qui ne changent pas de façons significatives pendant l'année. Toutes les valeurs de pH enregistrées varient entre un minimal de 7.13 et un maximal de 10.8 montre le caractère fortement alcalin des eaux ajouter à une salinité excessive (BOUCHAHM, et al ., 2013).

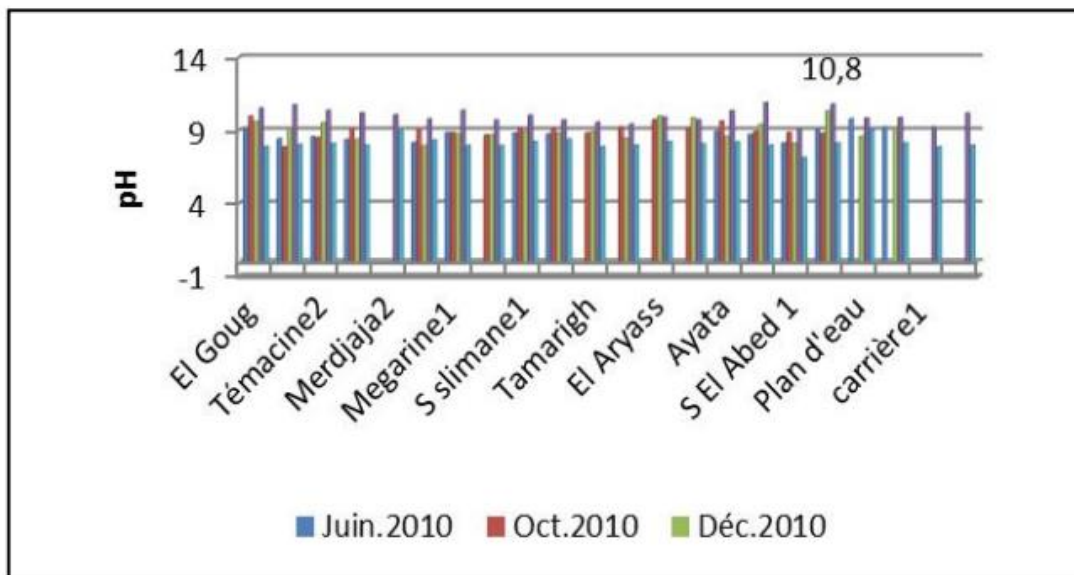


Figure 3: Evolution du pH des eaux des sites de remontée dans la vallée de l'Oued Righ

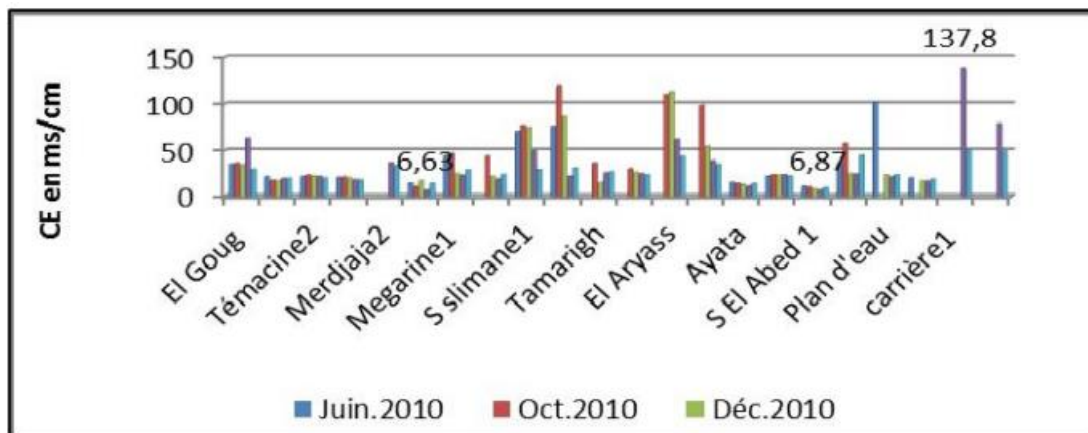


Figure 4: Évolution des CE des eaux des sites de remontée dans la vallée de l'Oued Righ

8 Le biochar:

Le biochar est une matière solide noire qui est produite par la combustion de la biomasse. Il peut s'agir d'un produit ligno-cellulosique riche en carbone comme les herbes, les résidus végétaux, agricoles et les forestiers (YAO et al., 2012). En revanche, il diffère du charbon et autres substances similaires car il est spécialement produit pour être utilisé comme amendement du sol afin d'améliorer sa fertilité, d'augmenter le stockage de carbone et même de favoriser la filtration de l'eau percolante. (LEHMANN & JOSEPH, 2009). La classification du biochar dépend à la fois du procédé de fabrication et de l'usage prévu. La décomposition thermique est connue sous le nom de pyrolyse (Figure 13) et se déroule sous un environnement pauvre ou nul en oxygène (MUKHERJEE & ZIMMERMAN, 2013) afin d'éviter la combustion du biochar qui le réduirait en cendres. Le terme « pyrolyse » est employé d'une part pour un procédé servant à analyser chimiquement le contenu de diverses substances organiques telles la matière organique du sol (LEINWEBER & SCHULTEN, 1999). Et d'autre part il est également utilisé dans des systèmes de production de bioénergie qui capturent les émissions gazeuses produites lors de la carbonisation de biomasse, pour produire de l'hydrogène, des gaz de synthèse, des bio-huiles, de la chaleur ou de l'électricité. (BRIDGWATER et al., 1999). Au cours de la pyrolyse, le carbone labile de la biomasse se transforme en "carbone noir" très stable, ce qui lui permet de rester dans le sol pendant des milliers d'années (PUDASAINI et al, 2012). La qualité du biochar et son

potentiel d'utilisation agricole ainsi que son efficacité en matière de séquestration du carbone dépendent grandement de ses caractéristiques, qui varient en fonction des conditions de production telles que la température de pyrolyse et la nature de la matière première utilisée (ANGIN & ŞENSÖZ, 2014). Grâce à son fort ratio surface/volume et à son affinité pour les ions inorganiques, le biochar a une capacité d'adsorption élevée. De plus, sa composition riche en composés aromatiques tels que les composés récalcitrants lui confère une grande résistance à la dégradation et renforce son pouvoir adsorbant (LEHMANN & JOSEPH, 2009). Le contenu minéral et le pH du biochar varient considérablement, de même que ses propriétés chimiques et physiques. De manière générale, le biochar est alcalin, mais selon les conditions du processus de production, telles que la température et le taux d'oxygénation, son pH peut varier de 4 à 12.

8.1 Historique du biochar

Les habitants de l'Amazonie utilisaient traditionnellement du charbon de bois en grande quantité, ainsi que du fumier et d'autres engrais biologiques pour améliorer la fertilité des sols et augmenter les rendements de leurs cultures. C'est de cette pratique agricole que le biochar tire son origine. (SOHI, 2012) Plus de 500 ans après la fin de ces pratiques agricoles, les sols noirs dits Terra Preta d'Amazonie sont toujours très appréciés des agriculteurs pour leur fertilité exceptionnelle ainsi que leur riche contenu en éléments nutritifs, tels que le carbone, l'azote, le phosphore, le potassium et le calcium. Les sols Terra Preta ont également une bonne capacité d'échange cationique (CEC) et sont capables de conserver et de recycler les éléments nutritifs sur de longues périodes de culture (LAIRD et al., 2010). En outre, selon certains auteurs, l'ajout de charbon de bois dans les sols tropicaux dégradés peut améliorer leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques (GLASER et al., 2002) . Le biochar produit par pyrolyse à haute température et faible concentration en oxygène est considéré comme l'équivalent moderne du charbon utilisé dans les sols noirs d'Amazonie. Ce procédé de production permet de décomposer la biomasse de départ en biochar (LEHMANN, 2007) .

8.2 Production du biochar la pyrolyse :

Le biochar est produit par un processus appelé pyrolyse, (pyro) feu, Décomposition (lyse) ou la biomasse et chauffée en absence d'oxygène partielle ou total a des températures élevées comprises entre 300-700°C ce procédé laisse un résidu solide élevé en carbone (environ 70 à 80 %) (GLASER et al., 2001). En effet, la pyrolyse est considérée comme une technologie

thermochimique simple, peu coûteuse et résistante pour convertir la biomasse en trois produits principaux: le biochar, la bio-huile et le gaz (DAVID, 2009). La pyrolyse se produit généralement à des températures inférieures à 700 °C, mais certains paramètres peuvent être modifiés tels que le taux de pyrolyse ou la quantité d'oxygène. Factuellement, une pyrolyse plus rapide entraîne une production supérieure d'huiles et de liquides, tandis qu'une pyrolyse plus lente produit davantage de gaz de synthèse. Le fait de minimiser la présence d'oxygène durant la pyrolyse permet d'optimiser la production de biochar.

La production de biochar par pyrolyse utilise généralement des matières premières riches en cellulose telles que des copeaux de bois, des résidus de maïs, de riz, des coques d'arachide, des déchets de papeterie, du fumier animal et des résidus de l'agriculture ou de la foresterie. La biomasse riche en carbone est ensuite brûlée dans un four industriel à haute température avec faible concentration en oxygène.

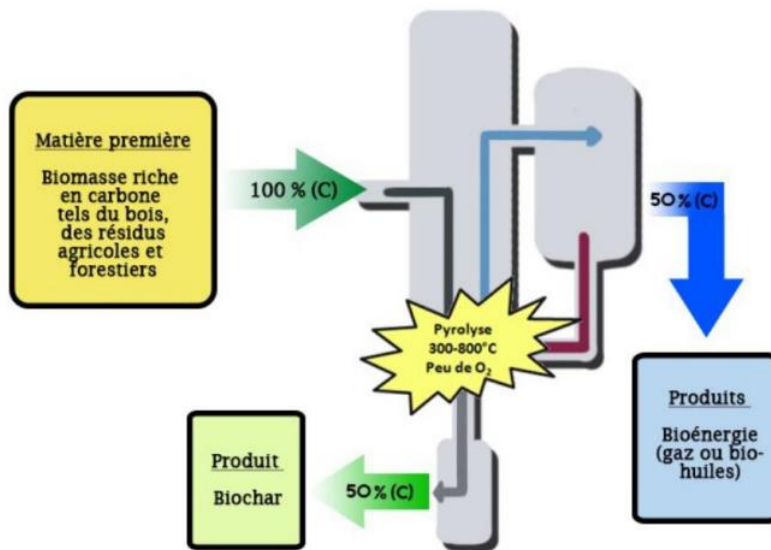


Figure 5: Production de biochar par le procédé de pyrolyse (LAURIN-LANCTOT, 2015)

8.3 Intérêt du biochar comme amendement.

Le biochar utilisé comme amendement du sol joue un rôle important dans l'absorption des éléments chimiques nocifs pour l'agriculture et permet également d'ajuster la valeur du pH du sol (GAUNT & LEHMANN, 2008). Des études récentes sur le sujet ont mis en avant les avantages et les bénéfices du biochar pour améliorer la qualité des sols, en particulier ceux qui sont naturellement pauvres en nutriments ou acides, et même ceux qui ont été dégradés par une agriculture intensive (STEINER et al., 2008) Le biochar permet en effet de favoriser une meilleure structure du sol, ce qui contribue à améliorer ses propriétés physico-chimiques. À titre d'exemple, des études ont montré que le biochar peut renforcer la rétention d'eau dans le sol, améliorer la qualité globale du sol en augmentant sa stabilité et sa porosité, ainsi que favoriser le développement des micro-organismes bénéfiques pour les plantes (RILLIG & MUMMEY, 2006). En somme, l'ajout de biochar améliore la fertilité des sols grâce à son effet tampon sur le pH du sol, ainsi qu'à sa capacité à adsorber les cations et donc à améliorer la rétention des nutriments dans le sol. Cette capacité d'adsorption est en grande partie due à la configuration moléculaire unique du biochar ayant une surface spécifique très importante, ce qui permet une adsorption très efficace des cations (LIANG et al., 2006). Le biochar influence également la communauté biologique du sol entre autre par sa composition et son abondance (LIANG et al., 2010). Par conséquent, l'effet du biochar sur les communautés microbiennes du sol a été démontré dans les sols noirs d'Amazonie où une meilleure composition et diversité des communautés microbiennes furent observées (KIM et al., 2007). Les caractéristiques propres du biochar et du sol amendé sont étroitement liées à l'effet qu'ils ont sur les organismes du sol. Lorsque le sol est amendé avec du biochar, cela peut changer sa densité et son état d'humidité, ce qui peut affecter le développement des racines des plantes et la vie microbienne du sol (MAJOR et al., 2009). En effet, la masse volumique du biochar est très faible et ce dernier possède une structure poreuse principalement constituée de macro et micropores (DOWNIE et al., 2009). Par ailleurs, les mesures de densité du biochar doivent distinguer entre la masse volumique réelle des particules de biochar et sa masse volumique apparente prenant en compte l'espace occupé par les pores. Les masses volumiques réelles publiées pour le biochar s'élèvent autour de 1,5 à 2,1 g cm⁻³ selon diverses matières premières, tandis que les masses volumiques apparentes sont de l'ordre de 0,09 à 0,5 g cm⁻³ (LEHMANN et al., 2011). Ces valeurs de masse volumique sont nettement

plus faibles que celles généralement rencontrées pour les sols agricoles (masse volumique apparente d'environ 1,5 g cm⁻³ pour les sols sableux et 1,3 g cm⁻³ pour les argiles et limons).

8.4 Le biochar et les organismes du sol :

Le biochar a un impact sur l'activité et la structure microbiennes des sols. Les facteurs clés qui influencent l'impact du biochar sur les organismes vivants du sol sont la capacité d'adsorption, le pH du sol et les propriétés physiques du biochar telles que la porosité, la surface spécifique et son association avec la matière minérale. Les changements dans la disponibilité du carbone et des nutriments peuvent parfois augmenter ou diminuer la biomasse microbienne en fonction de trois critères : la disponibilité des éléments du sol avant l'ajout de biochar, l'ampleur des modifications causées par le biochar et les groupes de microorganismes. Cependant, dans la plupart des études, l'ajout de biochar a tendance à augmenter la biomasse microbienne (LEHMANN et *al.*, 2011). Il est difficile de généraliser les effets du biochar sur la disponibilité des nutriments pour les microorganismes, car les résultats des différentes études sont très variables (WARNOCK et *al.*, 2010). Le biochar a un potentiel incontestable en matière de fertilisation. Il peut augmenter la capacité d'adsorption du sol, améliorer le pH et fournir des nutriments (LEHMANN et *al.*, 2011). Des recherches menées sur du biochar dérivé de produits bovins ont montré une augmentation de la respiration et du quotient métabolique, qui est probablement due à une concentration plus élevée de nutriments tels que le phosphore et l'azote, ainsi qu'à une proportion plus importante de carbone labile (KOLB et *al.*, 2009). Cependant, des recherches suggèrent que l'utilisation de biochar peut entraîner une réduction de l'accessibilité des nutriments pour les micro-organismes, ce qui peut entraîner une diminution de la déminéralisation du carbone et, par conséquent, une réduction des émissions de CO₂ (ANDERS et *al.*, 2013). Néanmoins, plusieurs études démontrent que la moindre accessibilité engrange au contraire un changement dans les communautés des microorganismes, qui se réorganisent en favorisant les espèces capables d'accéder à la matière organique récalcitrante (KHODADAD et *al.*, 2011) (BAMMINGER et *al.*, 2014). S'en suivrait une amélioration de l'utilisation des ressources localisées dans et autour du biochar. La biomasse microbienne augmenterait alors, et son activité serait soutenue et stimulée, accélérant la décomposition de la matière organique du sol, et l'émission de CO₂ (LEHMANN et *al.*, 2011). Lorsque les niveaux de microbes augmentent, cela a un effet sur les fonctions enzymatiques, qui peuvent impacter la croissance

des plantes, les maladies et les cycles des éléments biologiques (AMELOOT et *al.*, 2013). Grâce à la présence de matières organiques et de microorganismes sur le biochar, ces derniers parviennent à mieux exploiter le carbone sans avoir besoin de produire des enzymes minéralisantes, ce qui diminue la respiration et donc les émissions de CO₂. Les microparticules de biochar favorisent la croissance efficace des microorganismes en créant des microenvironnements où ils coexistent avec les matières organiques (Lehmann et *al.*, 2011). D'un autre côté, le biochar pourrait renfermer la matière organique d'une manière telle qu'il ne serait plus possible pour des exo enzymes d'y avoir accès (LIANG et *al.*, 2010) (Lehmann et *al.*, 2011). Le biochar a des répercussions variables sur les différentes communautés d'organismes. Il semble que le biochar favorise l'abondance de bactéries, car celles-ci s'attachent à sa surface, ce qui réduit leur lessivage. En revanche, l'ajout de biochar n'aurait qu'un faible impact sur les communautés fongiques (PIETIKÄINEN et *al.*, 2003). La prédominance d'un de ces groupes de microorganismes par rapport à l'autre pourrait influencer la production de CO₂ (Lehmann et *al.*, 2011). L'arrêt des particules se fait par des mécanismes tels que l'attraction hydrophobe, les forces électrostatiques ou l'adhésion, qui varient en fonction de la taille des pores, de la quantité de cendres et de la proportion. (RIVERA-UTRILLA et *al.*, 2001) (LEHMANN et *al.*, 2011). Les champignons et les bactéries sont mieux protégés de leurs prédateurs et compétiteurs grâce aux pores du biochar (LEHMANN et *al.*, 2011), accentuant l'importance du rôle des pores et de leurs tailles (CASSIDY et *al.*, 1996) Il est à préciser que les effets positifs du biochar sur un type de communautés ne certifie pas qu'il aura des effets positifs sur un autre (LEHMANN et *al.*, 2011).

9 La céréaliculture dans le Sahara Algérienne :

Les céréales, cultures vivrières pratiquées de tous les temps au niveau des Zones sahariennes sont conduites en intercalaire du palmier dattier sur épandages de crues et récemment au niveau des périmètres de mise en valeur (système sous pivot).

La pratique traditionnelle des graminées est localisée essentiellement au niveau des Oasis (Ksour) et autour des points d'eau sur les parcelles réduites, les producteurs pratiquent une agriculture de subsistance, généralement basée sur le blé tendre où les facteurs de production sont réduits à leur strict minimum.

La conduite des céréales met à profit les épandages de crues des oueds la rendement de ce type de culture est aléatoire et dépend la pluviométrie, les surfaces concernées peuvent, suivant les années, passer de 4000 à 30.000 ha (cas de Biskra en 1995 - 37000 ha/an).

La culture de l'orge est la plus pratiquée car la plus rustique et peut être consommée par les troupeaux comme fourrage vert.

De même qu'il y a environ 11 150 ha de céréales, principalement le blé dur, qui sont irriguées de manière classique (submersion) à partir de puits ou de forages, en particulier, dans les communes de Doucen, Zeribet E-Oued et Sidi Okba (Biskra).

La céréaliculture sous pivot introduite récemment dans les zones sahariennes (fin des années quatre vingt), a occupé au début presque 10000 ha, les superficies ont atteint à la campagne 98/99 16290 ha avec 440 pivots localisés à travers toutes les wilayas sahariennes et concentrées beaucoup plus dans les zones d'Adrar, Ouargla et Ghardaïa.

Le blé dur occupe première place due à l'augmentation du prix à la production par rapporte blé tendre et l'orge.

Ces dernières campagnes (début des années 2000), les superficies des céréales sous pivot ont baissé pour des raisons d'ordres technique économique et notamment l'aspect qualité de la semence. vers d'autres cultures A cet effet, la plupart des agriculteurs ont tendance à la reconversion légumières (pois, fève, pomme de terre) et fourragères (luzerne, orge en vert) afin d'aboutir à un système e production aussi valorisant que possible et offrir les possibilités de mise en place d'élevage sur les grands périmètres tels El Guerrara, Ouargla et El Goléa. **(ITDAS)**

9.1 L'agriculture des céréales dans la région d'El Meghaier :

Autrefois, la culture des céréales dans la région dépendait des saisons des pluies (agriculture pluviale). Après la diffusion de la culture des céréales irriguées dans le milieu saharien, les agriculteurs de la région ont tenté de se lancer dans l'expérience en plantant de petites superficies à côté des palmeraies, en utilisant des asperseurs pour l'irrigation.

Cette dernière technique a connu un grand succès auprès des agriculteurs, comme en témoigne l'augmentation notable de la superficie totale des céréales cultivées par irrigation dans la région au cours des dernières années. En effet, la superficie a doublé entre 2014 et 2021. Ce

succès est dû à deux facteurs importants : l'abondance de l'eau et la maîtrise de la technique d'irrigation par aspersion.

9.1.1 La production totale de la Daira :

Est d'environ 24 050 quintaux de blé et de 4 509 quintaux d'orge. Il convient de noter que les agriculteurs sont confrontés à un problème de disponibilité des moissonneuses-batteuses, car au début de la saison de récolte, les besoins en moissonneuses-batteuses ne sont pas disponibles pour le démarrage des opérations dans toutes les régions en même temps.

9.1.2 Cultures de plein champ :

L'agriculture de plein champ dans la wilaya s'est distinguée depuis des années par le fait qu'elle était principalement constituée de cultures intercalaires, que l'agriculteur utilisait pour répondre aux besoins de sa famille en premier lieu. Puis, elle s'est progressivement étendue avec le changement des systèmes d'irrigation économes en eau.

Le rendement moyen annuel des céréales irriguées dans la wilaya est d'environ 40 quintaux par hectare pour le blé et de 35 quintaux par hectare pour l'orge. Le tableau suivant montre la production enregistrée par commune pour la campagne agricole 2023/2024 (DSA).

Tableau 1: la production de blé enregistrée par commune pour la campagne agricole 2023/2024

Les communes	Blé dur (ha)	Estimation de production (qx)	Rendement (qx/ha)	Ble tendre (ha)	Estimation de production (qx)	Rendement (qx /ha)
El m'ghaier	407	12210	30	00	00	30
Oum toyor	74	2220	30	00	00	30
Still	339	10170	30	29	870	30
Sidi khelil	00	00	30	00	00	30
Total	820	24600		29	870	

Tableau 2: la production d'orge enregistrée par commune pour la campagne agricole
2023/2024

Les communes	orge (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)	Triticale (ha)	Production (qx)	Rendement (qx /ha)
El Mghaïer	240	4800	20	00	00	60
Oum toyor	121	2420	20	01	60	60
Still	118	2360	20	25	300	60
Sidi khelil	00	00	20	00	00	60
Total	820	9580		06	360	

Deuxième Chapitre :

Matériels et Méthodes

L'objectif de travail :

L'objectif de cette partie est d'élaborer une expérimentation et un plan d'action sur terrain et au niveau de laboratoire afin de pouvoir avoir des résultats qui nous confirme l'importance de biochar dans le sol et leur effet sur les propriétés physico-chimiques, seule et sous autres formes activé avec le compost et pour comparaison nous avons ajouté un traitement avec l'engrais. Notre problématique de recherche est de répondre une question très importante dans la région et en zone aride et semis arides d'une manière générale, « la salinité ». Est-ce-que le biochar comme apport a un effet positif sur la salinité du sol et par conséquence sur sa fertilisation qui se traduit à la fin par des rendements meilleurs des cultures, l'orge dans notre cas.

Cette partie est composé de :

- Présentation de la zone d'étude avec localisation de site expérimentale choisi.
- Préparation du site expérimental, Dispositif choisi de l'expérimentation sur site.
- Matériels végétale ou culture choisie pour l'expérimentation « l'orge ». et dose de semis.
- Matériels testés : Biochar, composte, engrais. Avec les calculs des doses utilisées pour l'expérimentation.
- Conduite de l'essai : de semis à la récolte.

1 Présentation de la zone d'expérimentation :

Le périmètre de Barkadjia (commune d'El Meghaier relevant du domaine privé de l'état, couvre une superficie de 500 ha ; situé au sud à 05 km du chef lieu de commune d'El Meghaier.

Tableau 3: Localisation et coordonnées du périmètre «Barkadjia »

Lieu-dit	Commune	Wilaya	Coordonnées(Km)			
			X1	X2	Y1	Y2
Barkadjia	El Meghaier	El Meghaier	792,360	793,456	372,219	374,110

Il est limitée (Figure 6): Au Nord par les terrains de parcours, - Au Sud par les terrains de parcours, - A l'Ouest par les parcours halophiles (environ 2Km du Chott Messaka), a l'Est par les terrains de parcours et situé à un 1km de la ligne électrique

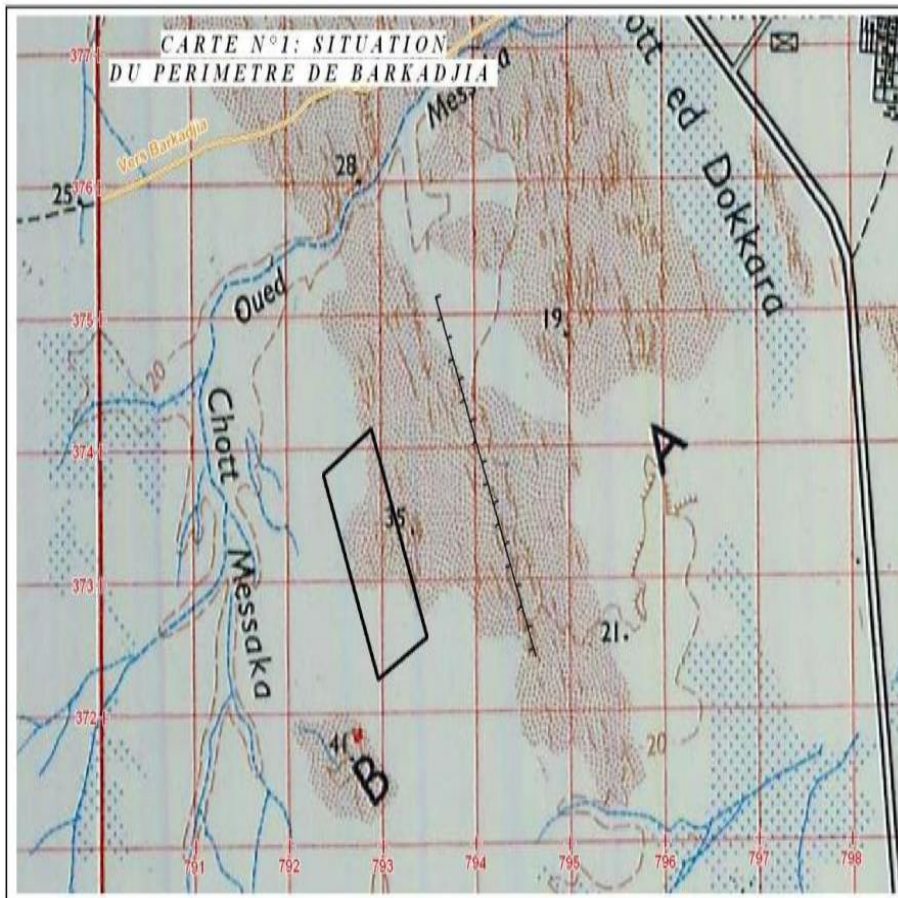


Figure 6: carte de situation du périmètre de BARKADJIA

2 Localisation du site expérimental :

Le site expérimental choisi est une palmeraie appelée EL GOUIRA, la production a débuté 1982 d'après l'Agriculteur sur place. Cette palmeraie est irriguée à la fois par la nappe du CT Ses coordonnées : Latitude : 34.24154° Longitude : 5.904905° et une altitude de 1,8m.

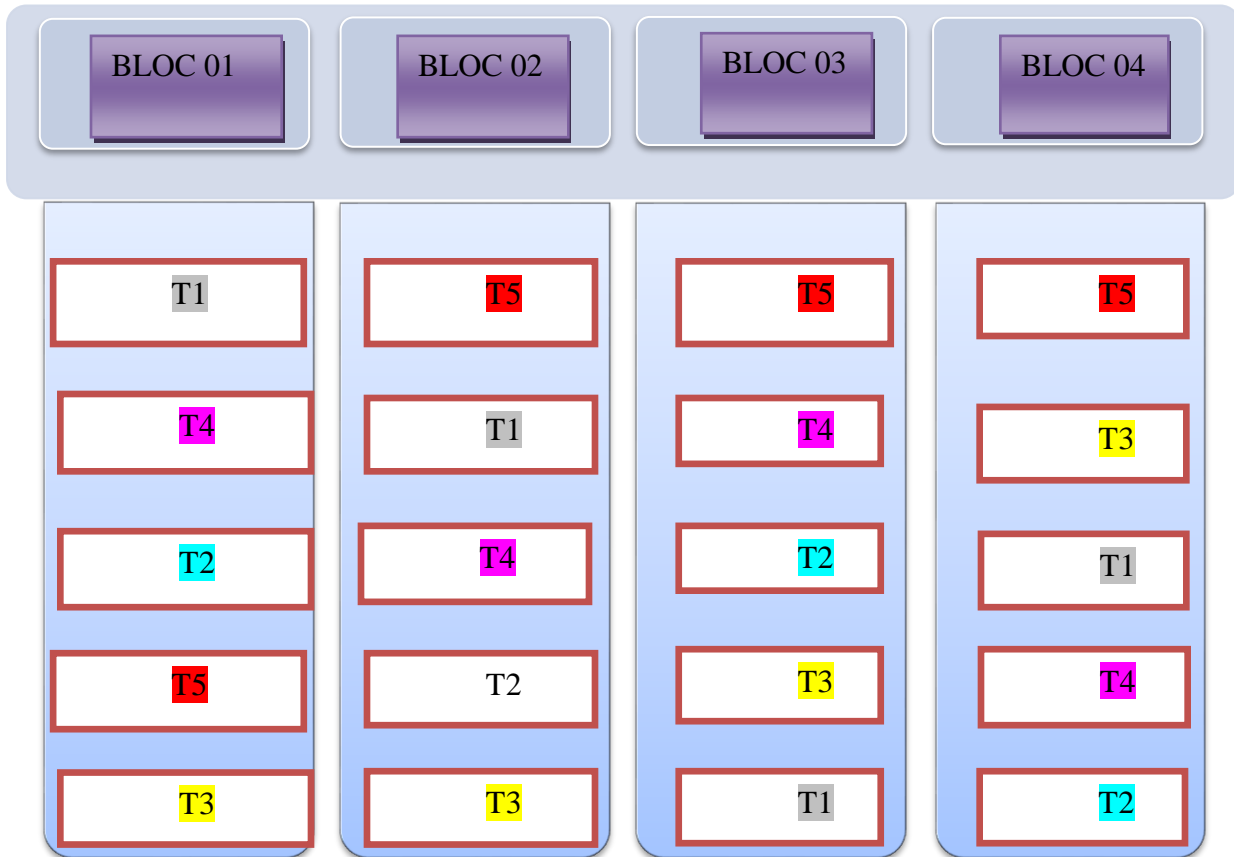


Figure 7: Image satellite du site d'expérimentation dite palmeraie EL GOUIRA (Google Earth).

3 Préparation du site expérimental:

3.1 Mise en place de l'essai expérimental / dispositif expérimental

Tableau 4: Dispositif en bloc aléatoire avec quatre blocs et cinq répétitions



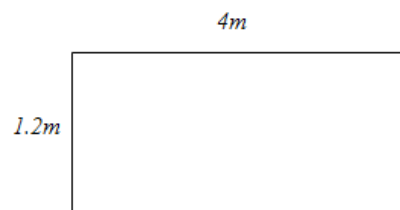
T1=Témoin

T2=Bio char

T3=compost

T4=engrais

T5=Bio char activé avec compost



Surface d'unité parcellaire

$4 \times 1.2 = 4.8 \text{m}^2$ * 1 répétitions/1 bloc * 4 blocs (répétition) + témoin

28 parcelles unitaires

3.2 Matériel végétale :

La variété utilisée est Saïda *Hordeum vulgare* .L (Figure 8), c'est une variété issue d'une sélection de la population locale d'orge du pays développée dans les années soixante. C'est une variété très cultivée à l'ouest comme à l'est du pays surtout en zone de plaines intérieures. Elle présente un cycle végétatif semi précoce, un tallage moyen ainsi qu'une bonne productivité. Cette variété présente des rendements assez intéressants et aussi appréciée par les agriculteurs pour son potentiel fourrager. Le comportement des différents stades d'orge.



Figure 8: Photo original d'orge la variété Saïda « récolté mai 2024 ».

Dose de semis

$160 \text{qt}/\text{ha} = 16000/10000 = 1.6 \text{ kg}/\text{m}^2$ ----- quantité expérimentale = 215 kg

$180 \text{qt}/\text{ha} = 18000/10000 = 1.8 \text{ kg}/\text{m}^2$ ----- quantité expérimentale = 242 kg

Dose CCLS = $1.2 \text{qt}/\text{ha} = 12 \text{g}/\text{m}^2$

$12 \times 20 \times 4.8 = 1152 \text{g}$

3.3 Le Bio char :

Le Biochar d'origine des déchets de palmiers dattiers du département des sciences agronomique Biskra. Produit par la méthode traditionnelle à l'aide d'un système pyrolyse ancienne, construit au niveau du département.



Figure 9: Photo originale de le biochar utilisée « février 2024 ».

Calculs de la dose de bio char

$$10\ 000\text{kg} \text{-----} 1\text{ha} = 10^4\text{m}^2$$

$$Y\ \text{kg} \text{-----} 4.8\text{m}^2$$

$$X = 0.0048\ \text{tonnes} = 4.8\ \text{kg} \approx 5\ \text{kg/unité parcellaire}$$

$$5 * 2 * 4 = 40\ \text{kg} \approx 2\ \text{sacs de 25kg}$$

3.4 Le compost :

Le compost des sous-produits organiques du palmier dattier, se trouvaient au niveau du laboratoire de département d'agronomie Biskra (Palm compost "Engrais organique" amendement de sol et nutriment pour plantes (CHETMA BISKRA).



Figure 10: le compost expérimental

Calculs de la dose de composte

$$27\ 000 \text{-----} 1\text{ha} = 10^4\text{m}^2$$

$$X \text{ kg -----} 4.8\text{m}^2$$

$$X = 12.96 \text{ kg} \approx 13\text{kg/unité parcellaire}$$

$$13 * 2 * 4 = 104 \text{ kg} = 4 \text{ sacs de } 25\text{kg (composte)}$$

4 Engrais

Calculs de la dose d'engrais

Urée : 1 kg (apport par fraction)

125/ parcelle de 4.8m²

$$125\text{g} * 8 = 1000\text{g} = 1\text{kg d'urée}$$

Triple superphosphate TSP 46 %

$$36\text{g TSP} * 8 = 290\text{g TSP}$$

Sulfate de potassium K_2SO_4

$78.58g * 8 = 628g K_2SO_4$

5 Conduite de l'essai :

5.1 Travail de sol :

Préparation manuel du sol, le labour profond 40 cm a été effectuée le **(20 Décembre 2023)** pour objectif :

- Améliore l'état physique et chimique du sol
- Augmentation de la perméabilité et la porosité
- La limitation des infestations par les plantes adventices
- L'enfouissement des amendements organiques utilisés



Figure 11: photo originale représentant le site expérimental

5.2 Semi :

A été réalisée le 24 décembre 2023 par la méthode de semis en lignes.

Écartement de la parcelle élémentaire :

- L'écartement entre les lignes est de 5 cm
- L'écartement entre la répétition est de 50cm.
- Profondeur de semis : 2 à 3 cm



Figure 12: Préparation de terrain

5.3 Irrigation :

On utilise le système d'irrigation aspersion, la fréquence est d'une fois chaque 3 jour



Figure 13: Irrigation par aspersion de culture d'orge installée. Région de BERKADJIA.

6 Échantillonnage des sols:

L'échantillon de sol utilisé pour cette expérimentation a été prélevé au niveau du périmètre de EL BARKADJIA, wilaya d'EL MRGHAIER, à une profondeur de 0-30 cm. Le sol a été séché à l'air libre et tamisé à 2 mm.

On a réalisé deux échantillonnages :

Le premier échantillonnage est le 10 Février 2024.

Le deuxième échantillonnage est le 11 mai 2024.

6.1 Prélèvements du sol :

6.1.1 Matériels :

- Tarière
- Cylindre
- Sachets plastiques

6.1.2 Méthodes :

Premièrement , la surface du sol a échantillonné (les 5 premiers centimètre) est enlevée pour éviter tout type de débris (fumier et autres).

Après la tarière est enfoncée dans le sol tout en la vissant pour l'échantillonnage de la première profondeur. La tarière est retirée et le contenu est versé dans un sac plastique puis étiqueté.

Le second échantillonnage est fait à partir des cylindres pour les calculs de la densité apparente et l'humidité du sol.



Figure 14: Tarière enfoncée dans le sol pour les prélèvements des sols.

7 L'échantillonnage des eaux :

A El Barkadjia, précisément sur le site d'échantillonnage ELGOUIRA, la palmeraie est irriguée par des eaux de CT situées à une profondeur de 80m avec une température ordinaire de 23°C. La pompe installée est placée à 70m de profondeur. L'eau collectée pour objectif d'analyse au niveau de laboratoire est collectée directement dans une bouteille le 10 février 2024.



Figure 15: Photo original du forage.

8 Les analyses des sols et des eaux au laboratoire : Les méthodes d'analyse du sol :

Étude au laboratoire (AUBERT G., 1978).

Traitement : des échantillons de sol à l'arrivée au laboratoire Avant d'effectuer tout traitement, les échantillons sont enregistrés dans un bloc note. Les différents échantillons de terre auront à subir un premier traitement qui peut être résumé de la manière suivante :

- **Séchage :** Les échantillons sont étalés dans des sachets en plastiques à l'air libre pendant quelques jours.

- **Broyage :** Les échantillons sont broyés dans une cuvette en porcelaine à l'aide d'un petit mortier et tamisés à l'aide d'un tamis de 2mm.

8.1 Les analyses physiques

8.1.1 La densité apparente : Méthode du cylindre

8.1.2 La granulométrie

Nous allons effectués l'analyse granulométrique en utilisant la méthode de tamisage, dont le principe consiste en un passage à travers les mailles d'une toile métallique par agitation mécanique.



Figure 16: les tamis pour les analyses granulométrie

8.2 Les analyses chimiques

8.2.1 Le pH

C'est le potentiel d'hydrogène mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H⁺) en solution ; il mesure son acidité ou sa basicité, déterminé par le pH mètre avec un rapport 1/2 ainsi que 1/5

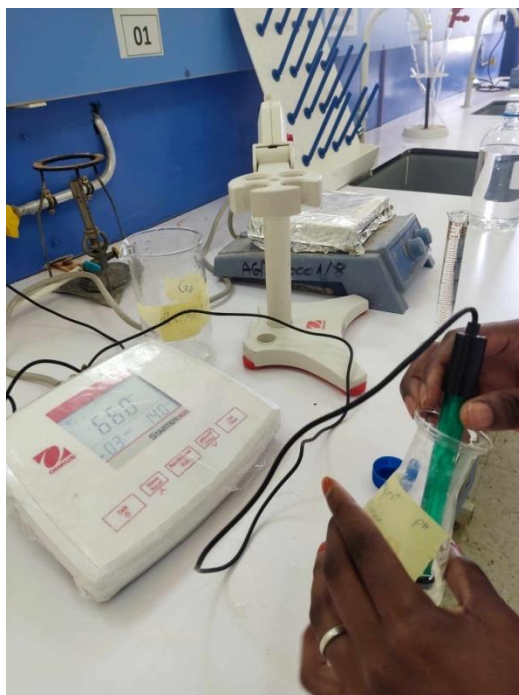


Figure 17: mesure pH avec pH mètre

8.2.2 La conductivité électrique :

C'est l'estimation de la salinité globale du sol. Mesuré à l'aide d'un conductimètre électrique avec un rapport 1/5(10g de sols pour 50 ml d'eau) elle est exprimée en dS/m



Figure 18: mesure de CE avec conductimètre

8.2.3 Détermination de la capacité d'échange cationique du sol :

La détermination de la capacité d'échange cationique d'un sol consiste à saturer son complexe adsorbant par un ion assez efficace équilibrant la charge de l'échangeur et cependant assez facile à déplacer par suite, et finalement à doser.



Figure 19: Dosage de CEC

8.2.4 Le dosage du carbone organique (Méthode Walkley et Black) :

Le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique.

L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sulfate de fer, en présence de Barium diphénylamine sulfonate dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert.



Figure 20: Dosage de carbone organique par titration

8.2.5 Le calcaire total :



Figure 21: le calcimètre Bernard. (Photo originale).

8.2.6 Dosage de phosphore assimilable (méthode de Joret- Hebret) :

L'acide phosphorique est extrait par l'oxalat d'ammonium. Le rapport terre sol est égale a 1/25.

Le dosage est basée sure la formation et la réduction d'un complexe de l'acide phosphorique et de l'acide molybdique. Dans la solution de l'oxalate d'ammonium contenant un phosphate.

L'addition d'un réactif sulomolybdique et d'une solution d'acide ascorbique provoque, par chauffage, le développement d'une coloration bleu l'intensité est proportionnelle a la concentration en ortho phosphate.



Figure 22: dosage de phosphore par spectrophotomètre UV visible

8.2.7 Dosage de gypse par la méthode de conductimétrie (CE) :

La méthode de conductimétrie (CE) est une technique analytique simple et rapide qui permet de déterminer la teneur en gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans un échantillon. Elle repose sur la mesure de la conductivité électrique d'une solution contenant du gypse. La conductivité

électrique d'une solution est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique, et elle est directement proportionnelle à la concentration des ions en solution.

8.2.8 Dosage du Na^+ : par photométrie à flamme

8.2.9 Dosage du K^+ : par photométrie à flamme



Figure 23:Photometer a flamme.

8.2.10 Dosage du Mg : par spectrophotométrie d'absorption atomique

8.2.11 Dosage du Ca^{++} : par spectrophotométrie d'absorption atomique



Figure 24: spectrophotomètre d'absorption atomique

8.2.12 Dosage des sulfates : (méthode Joret-Hebert)



Figure 25: Spectrophotomètre UV/ visible

8.2.13 Dosage de l'azote totale (Méthode Kjeldahal)



Figure 26: dosage d'azote total.

8.3 Les analyses de l'eau : (REJSEK, 2002)

Les analyses du Chlorure, des bicarbonates, sont dosées par titration.

8.3.1 Le taux de Chlorure : (Méthode volumétrique de Mohr).

Les ions chlorures sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium qui en présence d'un excès d'ions argent.



Figure 27: détermination de taux de colorure par titration

8.3.2 Dosage des Bicarbonate : Méthode visuelle

- Détermination de l'alcalinité composite :
 - Introduire dans un erlen 50 mL d'échantillon et ajouter 0,1 de phénolphtaléine.
 - Si aucune coloration rose n'est contenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle.
 - Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide chlorhydrique jusqu'à disparition de la coloration. Et noter le volume V_1 mL d'acide versé.
- Détermination de l'alcalinité totale :
 - Ajouter 0,1 mL de solution d'indicateur de vert de bromocrésol-rouge de méthyl à la prise d'essai précédente.
 - Continuer à titrer avec la solution d'acide jusqu'à disparition de toute coloration vert. Noter le volume V_2 mL d'acide versé.

9 Les Paramètres étudiés : Les stades végétatifs

Le pourcentage de Germination : Le pourcentage de germination est une estimation de la viabilité d'une population de graines. : L'équation pour calculer le pourcentage de germination est :

$$PG = \text{graines germées} / \text{graines totales} \times 100 \dots$$

$$PG=7.5 / 10 * 100=75\%$$

Le taux de germination fournit une mesure de l'évolution dans le temps de la germination des graines. (Stephen, 2009).

La levée ou germination : Noter les jours où la plupart des plantules de semis sont visibles (28/12/2024)

Le début de tallage : Noter le jour où la première talle est visible sur la plupart des plantes (01/02/2024)

La montaison (stade épi 1cm) : Pour la déterminer, il faut mesurer en mm, la distance qui sépare la base du plateau de tallage du sommet de l'épi, une fois qu'elle atteints 1 cm, le stade début montaison est atteint (28/02/2024)

L'épiaison : Elle est atteinte quand 50 % des tiges ont leur épi dégagé (23/03/2024)

La maturation : elle est caractérisée par le jaunissement total de la végétation (15/05/2024)

9.1 Composantes du rendement

Nous avons récolté les épis dans un sachet, puis un fauchage de la parcelle (1m²) sur une hauteur de 15 cm sol, dans ce stade nous avons mesuré aussi les paramètres suivants:

9.1.1 Nombre d'épis par mètre carré (NE)

Comptage du nombre d'épis de chaque planche de 1m² de la parcelle.

9.1.2 Nombre de grains par épi (NGE)

Nombre de grains fertiles par épi (RAHAL BOUZIANE et ABDELGUERFI, 2012) Déterminé par le calcul de la moyenne des résultats prélevée sur 10 épis de chaque planche de 1m² pour chaque accession.

9.1.3 Poids de 1000 grains

Le comptage est effectué manuellement après la récolte. Le poids de 1000 grains est déterminé sur la base du comptage pesage d'un échantillon de 250 grains par parcelle élémentaire (BOUZERZOUR, et al, 2000).

9.1.4 Poids des épis

Obtenu par pesage des épis sans paille.

9.1.5 Rendement en grains

a) Rendement théorique

Déterminé par ses composantes, par la formule:

$$\text{RDT} = \text{NE} \times \text{NGE} \times \text{PMG}$$

Où

NE: nombre d'épis/m²

NGE: nombre des grains/épis

PMG: poids moyen d'un grain.

b) Rendement machine

Il est déterminé pour chaque planche de 1m² en g/m², puis exprimé en qx/ha, c'est le poids des grains produit.



Figure 28: Photo originale du champ expérimental.



Troisième Chapitre :
Résultats et Discussion

Ce chapitre est consacré aux résultats du terrain et aux analyses réalisées au niveau du laboratoire.

- La première partie présente les résultats des eaux d’irrigation.
- La deuxième partie est consacrée aux résultats des analyses du sol des différents traitements.
- À la fin, la troisième partie traite les résultats des composantes du rendement de la culture d’orge.

1 Partie 1 : Résultats et discussion des eaux :

a) Résultats :

Tableau 5: Qualité des eaux d’irrigation de la zone d’étude

pH	CE dS/m	SO ₄ ⁻ Meq	Cl ⁻ Meq	HCO ₃ ⁻ Meq	Ca ⁺⁺ Meq	Mg ⁺⁺ Meq	Na ⁺ Meq	K ⁺ Meq
7.24	9.6	39.58	25.07	1	8.5695	8.19	52.08	0.59

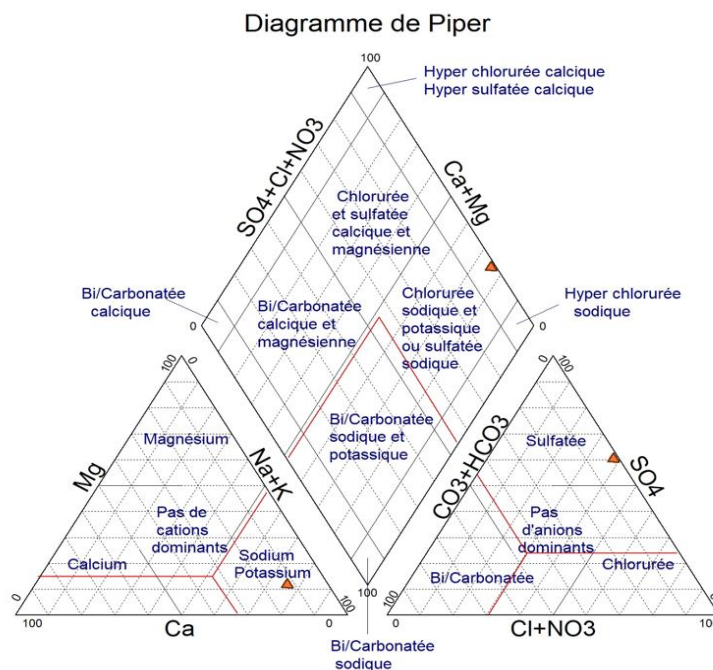
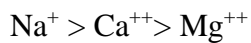


Figure 29: Diagramme de Piper de l’eau d’irrigation

b) Discussion

L'examen de la composition chimique des eaux d'irrigation montre que les eaux sont fortement salées selon la classification des eaux (USS, 1954), la CE est de 9.6 dS/m et le pH basique. La composition ionique montre la domination du Na pour les cations et du sulfate pour les anions. En effet, on signale que le faciès hydrochimique des eaux d'irrigation est de type **sulfaté-sodique**.

Classification des cations par ordre décroissant



Classification des anions par ordre décroissant

**2 Partie 2 : Résultats et discussion des sols****2.1 Les paramètres physiques et chimiques des sols****2.1.1 Les paramètres physiques :****A. La densité apparente « da »:**

La densité apparente est une mesure de la masse du sol par unité de volume, incluant les pores. Elle affecte l'aération, la pénétration des racines et le drainage de l'eau.

a) Résultats :

Nous avons obtenu une densité de 1.52 g/m³

b) Discussion :

A l'échelle générale de densité apparente selon HARTE (pers. comm) in HAZELTON et MURPHY, 2007) le sol a une densité modérée (1.52). Donc un sol sableux limoneux.

B. La granulométrie :**a) Résultats**

Les interprétations sont faites à partir de l'échelle granulométrique (FAO. ISRIC). (Tableau 7).

Tableau 6: Normes d'interprétation granulométrique

Propriétés du sol	Tamis	Poids des refus en g	Pourcentage %
Sable grossier : SG	2000-500 μ	8.2g	8.2%
Sable fin : SF	500-250 μ	15.7g	15.7%
Limon grossier	250-50 μ	73.6g	73.6%
Limon argile	Inférieur à 50 μ	3.3g	3.3%

b) Discussion

Les résultats de l'analyse granulométrique révèlent des pourcentages de limon qui sont supérieurs à 70% (voir tableau ci-dessus). D'après l'échelle granulométrique (FAO. ISRIC) qui permet de déterminer la classe texturale des sols, le sol de notre expérimentation est de nature limoneuse.

L'analyse granulométrique représente une texture limoneuse qui est en faveur d'un état de compactage exprimé par une densité apparente de 1.52 g/cm.

C. Le pH de site :

L'interprétation du pH du sol est essentielle en agriculture, horticulture et gestion des terres, car elle influence la disponibilité des nutriments, l'activité microbienne et la santé générale des plantes.

a) Résultats :

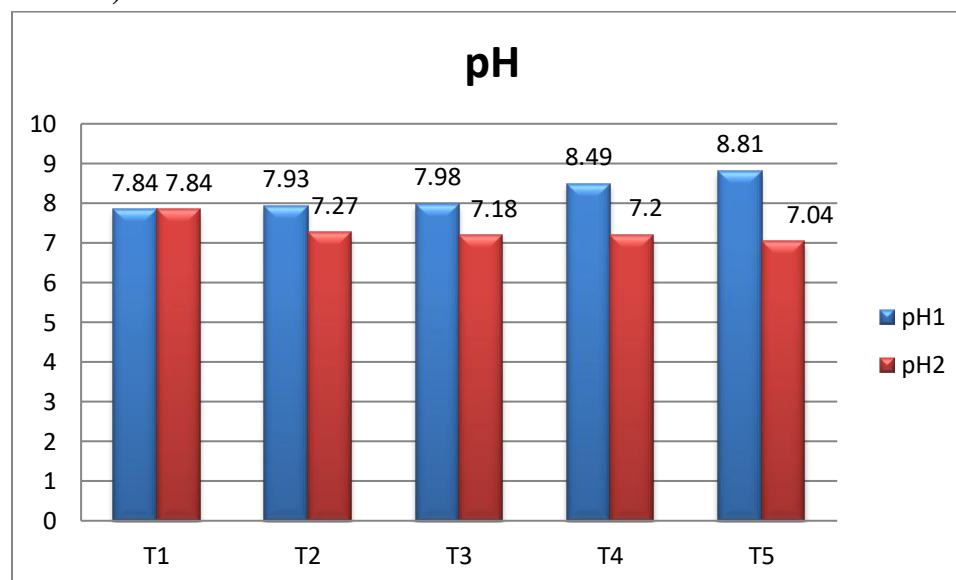


Figure 30: Diagramme du pH du sol.

b) Discussions :

Le pH diminuera enfin de l'essai pour avoir une réaction du sol basique à neutre pour les différents traitements : témoin, Biochar, compost.

Au début de saison, les pH sont semblables avec $\text{pH} < 8$.

On opposé, on constate que le traitement avec NPK et biochar avec compost présente un pH fortement alcalin ($\text{pH} > 8,5$).

En fin de l'essai, les différents traitements montrent un abaissement du pH par rapport au sol témoin.

En effet, cette acidité est plus prononcée pour le traitement biochar + compost d'où le pH est $< 7,5$. Cette acidité marquée ne peut être expliquée que par une libération des ions hydrogènes issue de la minéralisation de la MO ou de la dissolution de NPK.

• pH début de saison culturale:

- Tous les échantillons ont un pH supérieur à 6,0, indiquant un sol légèrement alcalin.
- Les valeurs de pH les plus élevées T4 (engrais) et T5 (Biochar + compost) peuvent indiquer une présence accrue de sels ou de carbonates dans le sol.

• pH fin de saison culturale:

- Le pH du sol des différents traitements a diminué par rapport au pH de début de saison.
- Cette baisse peut être expliquée par divers facteurs, tels que l'apport d'engrais acides, l'activité microbienne ou des précipitations importantes.

Les valeurs de pH les plus basses ont été trouvées au niveau des traitements T4 (engrais) et T5 (Biochar + compost) avec un pH considéré comme neutre à légèrement alcalin (7,0 à 8,0) (JUTRAS ,1955).

D. La conductivité de site :

La conductivité électrique mesure la capacité du sol à conduire un courant électrique, ce qui est directement lié à la concentration en sels solubles.

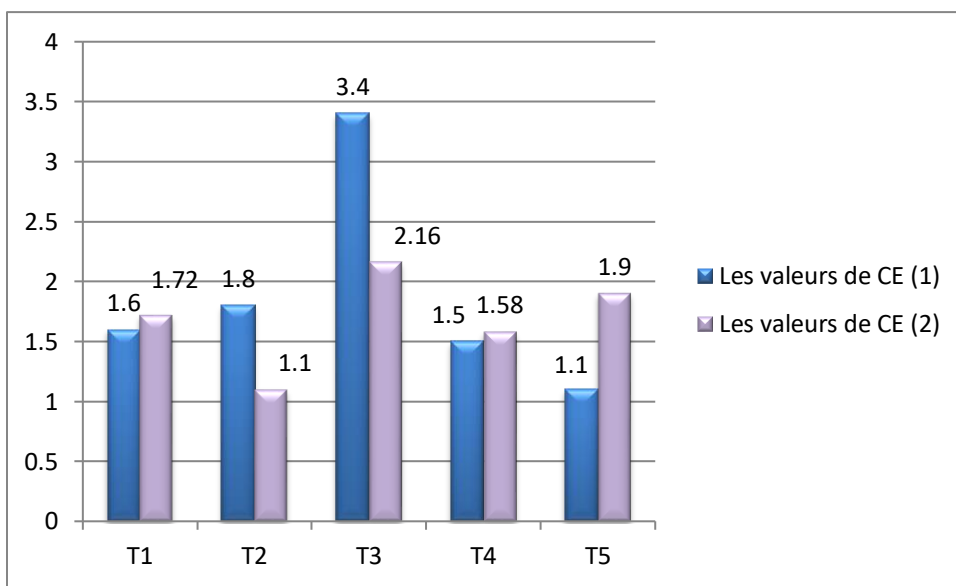
a) Résultats :

Figure 31: La conductivité électrique du sol

b) discussion :

Il ressort des résultats de la figure ci-dessus que la CE a diminué en fin de saison, avec une teneur $< 2,2$ dS/m. Cependant, les mesures de la salinité effectuées au début de la saison culturale montrent que le traitement 3 (compost) présente la salinisation la plus importante de 3,4 dS/m par rapport aux autres traitements. Ceci peut être expliqué par le caractère hydrophile du compost.

Selon Durand J.H (1983), les résultats de la conductivité électrique (CE) peuvent être interprétés comme suit :

T1 (témoin) : en début de saison, la CE : 1.6 dS/m et à la fin de saison, la CE : 1.72 dS/m : légèrement saline.

T2 (Biochar) : début de saison la CE : 1,8 dS/m et a la fin de saison CE : 1.10 dS/m : T2 a des valeurs proches du seuil de la légère salinité (1.10 dS/m dans CE (2)) et légèrement salin selon CE (1)

T3 (Compost) : début de saison CE : 3.4 dS/ et à la fin de saison CE : 2.16 dS/m : modérément salin.

T4 (Engrais) début de saison CE : 3.5 dS/m et à la fin de saison CE : 1.58 dS/m : Les valeurs varient considérablement entre les deux séries de mesures, allant de légèrement salin (1.58 dS/m) à modérément salin (3.5 dS/m).

T5 (Biochar+Engrais) : début de saison : 1.1 dS/m et à la fin de saison CE : 1.9 dS/m : légèrement salin.

2.1.2 Les paramètres chimiques des sols :

A. Le calcaire total:

La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique, qu'il est nécessaire de compenser par des apports réguliers d'amendements basiques (chaulage) (MIMOUNE, 2017).

a) Résultats :

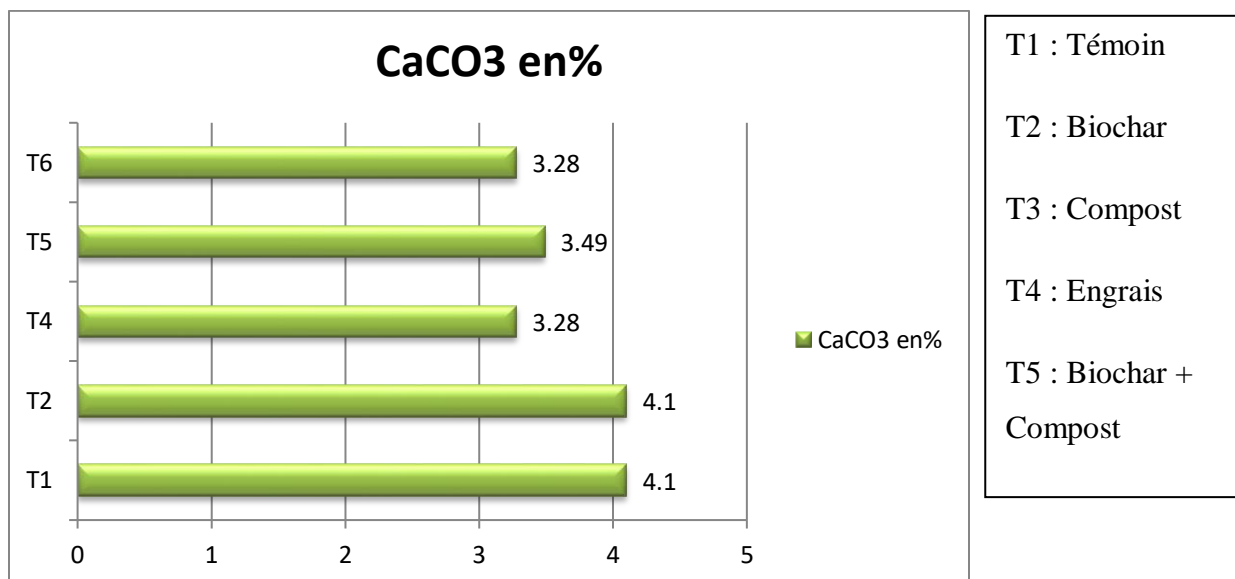


Figure 32: Histogramme présentant le calcaire total du site

b) Discussions :

Les teneurs en calcaire total des cinq échantillons de sol (T1 à T5) sont relativement faibles, comprises entre 3,28 % et 4,10 %. Sur la base de ces valeurs, on peut interpréter les résultats comme suit :

T1(Témoin) et T2(Biochar) (4,10 %) :

- **Sol légèrement calcaire** : ces deux échantillons présentent la teneur en calcaire total la plus élevée, indiquant un sol légèrement calcaire.
- **pH légèrement alcalin** : le calcaire a tendance à augmenter le pH du sol.
- **Bonne structure du sol** : le calcaire aide à maintenir une bonne structure grumeleuse du sol, ce qui favorise la circulation de l'air et de l'eau et facilite l'enracinement des plantes.
- **Disponibilité de certains nutriments** : le calcaire peut augmenter la disponibilité de certains nutriments importants pour les plantes, tels que le calcium, le magnésium et le molybdène. (JAMAGNE, M. 1978)

T3 (compost), T4(engrais) et T5(Biochar + compost) (entre 3,28 % et 3,49 %) :

- **Sol non calcaire à faiblement calcaire :** ces trois échantillons ont des teneurs en calcaire total plus faibles, indiquant un sol non calcaire à faiblement calcaire. Cela signifie que le sol contient moins de 5 % de carbonate de calcium (CaCO_3).
- **pH légèrement acide à neutre :** en l'absence de calcaire, le pH du sol aura tendance à être légèrement acide ou neutre.
- **Risque de carences en nutriments :** les sols non calcaires à légèrement calcaires peuvent être sujets à des carences en certains nutriments, comme le calcium et le magnésium.
- **Structure du sol pouvant être affectée :** L'absence de calcaire peut fragiliser la structure du sol, le rendant plus susceptible à l'érosion et au tassement (COINEAU, et al., 2007).

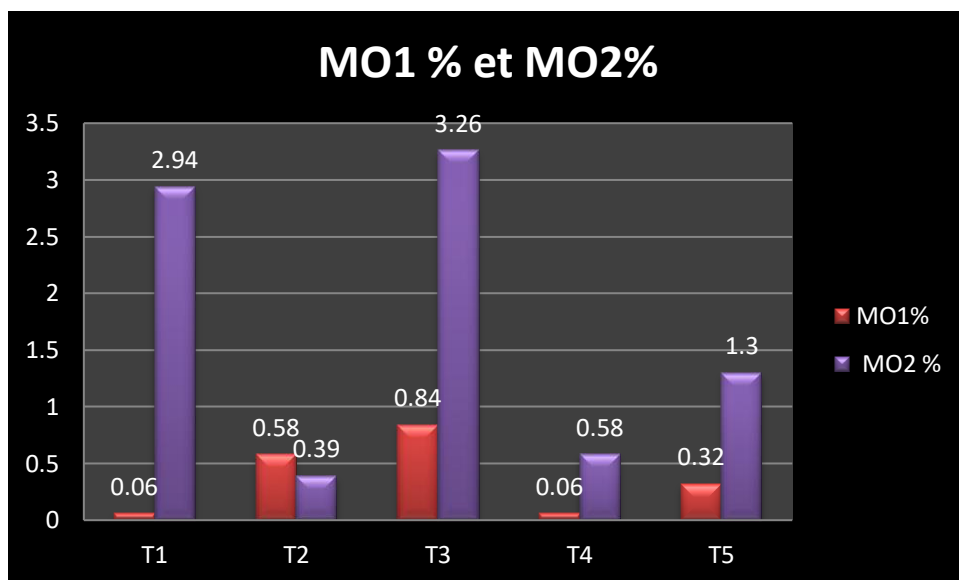
Le sol est dépourvu en CaCO_3 avec un taux $< 5\%$. Cela montre que les traitements n'ont aucun effet sur la présence de CaCO_3 .

Pour les valeurs de calcaire total $< 5\%$, on signale l'absence totale de calcaire actif.

B. La matière organique et le carbone du site :

a) Résultats :

Le carbone du sol est un composant essentiel de la matière organique du sol (MOS), qui joue un rôle crucial dans la fertilité du sol, la santé des plantes et la lutte contre le changement climatique. La teneur en carbone du sol peut varier considérablement d'un endroit à l'autre, en fonction de divers facteurs tels que le type de sol, la végétation, les pratiques agricoles et les conditions climatiques.



T1 : Témoin

T2 : Biochar

T3 : Compost

T4 : Engrais

T5 : Biochar +
CompostMO1 : de 1ere
analyseMO2 : de 2eme
analyse

Figure 33: Taux de MO% du site.

b) Discussions:**T2(Biochar):**

- Légère diminution de la MO de 0,58 à 0,39% entre le début et la fin de saison.
- Cette légère baisse peut être due à plusieurs facteurs, tels que la décomposition naturelle de la matière organique ou le lessivage par les eaux de pluie et d'irrigation.
- Néanmoins, la valeur finale de MO (0,39%) reste acceptable selon **WALKLEY, A., & BLACK, I.A. (1934)**.

T3(Compost):

- Augmentation importante de la MO de 0,84% à 3,26% entre le début et la fin de saison.
- Ce résultat notable suggère un effet bénéfique du traitement appliqué (à préciser) sur la teneur en matière organique du sol.

T4(Engrais):

- Augmentation modérée de la MO de 0,06% à 0,58% entre le début et la fin de saison.
- Cette amélioration, bien que moins importante que pour les autres traitements, montre tout de même un effet positif sur le sol.

T5 (Biochar+compost):

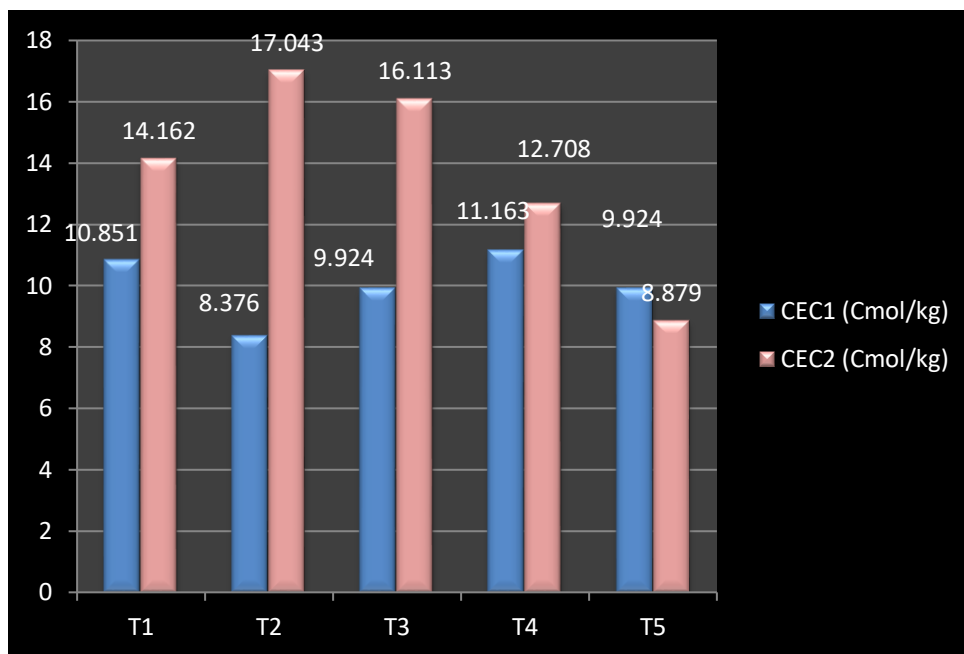
- Augmentation notable de la MO de 0,32% à 1,3% entre début et fin de la saison.
- Ce résultat positif indique un impact favorable du traitement appliqué (à préciser) sur la teneur en matière organique du sol.

On note un enrichissement du sol au MO. Cela est expliqué par la densité racinaire présente (la culture + mauvaises herbes).

C. La capacité d'échange cationique :

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure de la capacité d'un sol à retenir et à échanger des cations (ions chargés positivement). Elle est généralement exprimée en milliéquivalents par 100 grammes de sol (meq/100g). Une CEC élevée indique un sol avec une meilleure capacité à retenir les nutriments essentiels, ce qui est favorable à la croissance des plantes.

a) Résultats :



T1 : Témoin

T2 : Biochar

T3 : Compost

T4 : Engrais

T5 : Biochar +
CompostCEC 1 : de 1^{ère}
analyseCEC 2 : de 2^{ème}
analyse

Figure 34: diagramme de capacité d'échange cationique en Cmol/kg

b) Discussion :

T1 (témoin)

On constate une augmentation de CEC de 10.851 Cmol/kg début de saison à 14.162 Cmol/kg fin de saison.

T2 (biochar)

On constate une augmentation de CEC de 8.376 Cmol/kg début de saison à 17.043 Cmol/kg fin de saison. Le traitement a donc amélioré la capacité d'échange cationique du sol.

T3 (compost)

On constate une augmentation de CEC de 9.924 Cmol/kg début de saison à 16.113 Cmol/kg fin de saison. Le traitement a donc amélioré la capacité d'échange cationique du sol, améliorant la capacité de rétention des nutriments.

T4 (Engrais)

Bien que l'amélioration soit présente, elle est moins prononcée que dans les traitements précédents. On signale une légère augmentation de 11,163 Cmol/kg à 12,708 Cmol/kg.

T5 (Biochar + compost)

Contrairement aux autres traitements, la CEC diminue après le traitement de 9,924 Cmol/kg à 8,879 Cmol/kg. Cela pourrait indiquer que le traitement a eu un effet négatif sur la capacité du sol à retenir et à échanger des cations.

On signale que les fortes CEC notées fin de saison culturale, coïncident parfaitement avec l'enrichissement du sol en MO.

D) Les ions de la solution du sol du site:

Les cations

D. Calcium (Ca⁺⁺) :

Le calcium est essentiel pour la structure des parois cellulaires des plantes et le développement des racines. Il aide également à neutraliser les acides dans le sol.

a) Résultats :

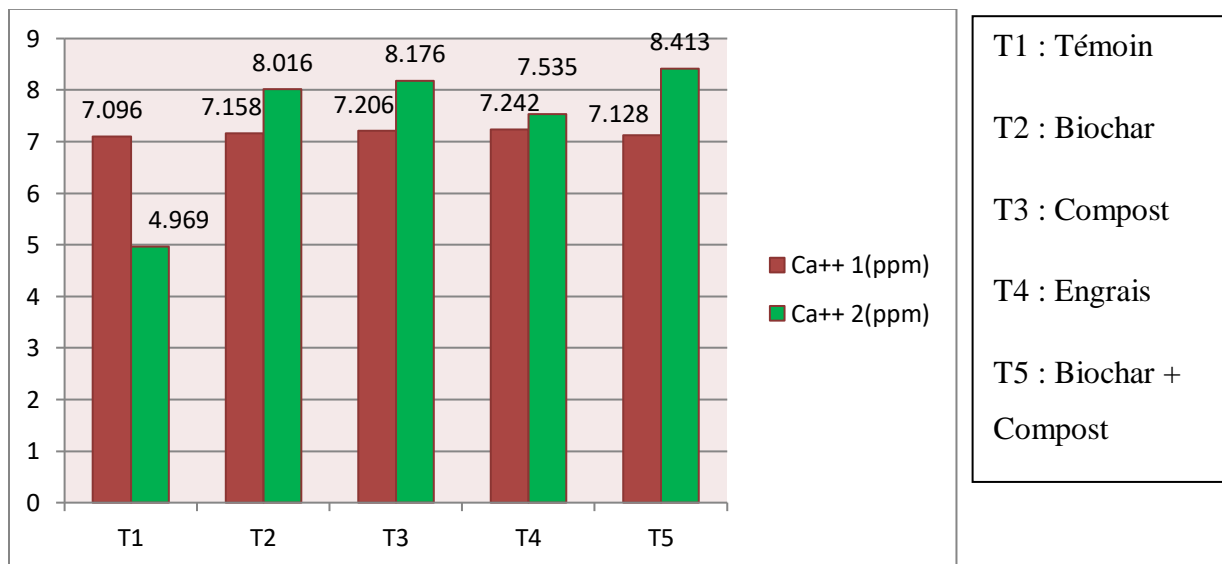


Figure 35: Diagramme de la concentration des cations en ppm

b) discussion :

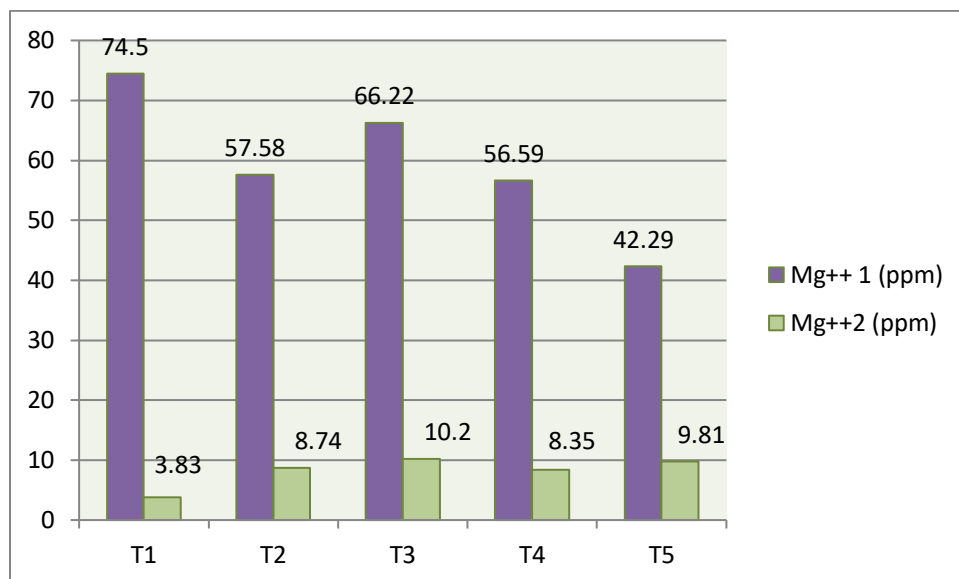
- T1 (témoin) : la concentration en calcium a légèrement diminuée de 7.096 ppm à 4.969 ppm entre début et fin de saison.
- T2 (biochar): la concentration en calcium a augmentée de 7.158 ppm à 8.016 ppm entre début et fin de saison.
- T3 (compost) : la concentration en calcium a augmentée de 7.206 ppm à 8.176 ppm entre début et fin de saison.
- T4 (engrais) : la concentration en calcium a légèrement augmentée de 7.242 ppm à 7.535 ppm entre début et fin de saison.
- T5 (Biochar +compost) : la concentration en calcium a augmentée de 7.128 ppm à 8.413 ppm entre début et fin de saison.

En tenant compte des faibles taux de calcaire total et de la présence quasi nulle du gypse dans le sol étudié, on peut prédire que les chlorures de calcium (CaCl_2) constituent la source de calcium soluble dans le sol. La teneur en calcium des différents traitements peut s'expliquer par la dissolution des chlorures de calcium du sol et aussi par un enrichissement en calcium de la solution du sol à partir de l'eau d'irrigation.

E. Magnésium (Mg^{++}) :

Le magnésium est un composant central de la chlorophylle, essentielle pour la photosynthèse.

a) Resultats :

Figure 36:Diagramme de Mg⁺⁺ au sol

b) Discussion :

- T1 (témoin) : la concentration en magnésium a diminué de manière importante de 74,50 ppm à 3,83 ppm entre le début et la fin de la saison.
- T2 (biochar) : la concentration en magnésium a diminué de manière importante 57.58 ppm à 8,74 ppm entre le début et la fin de la saison.
- T3 (compost) : la concentration en magnésium a diminué de manière importante 66.22 ppm à 10.20 ppm entre le début et la fin de la saison.
- T4 (engrais) : la concentration en magnésium a diminué de manière importante 56.59 ppm à 8.35 ppm entre le début et la fin de la saison.
- T5 (biochar+ compost) : la concentration en magnésium a rabaisé de manière importante de 42.29 ppm à 9,81 ppm entre le début et la fin de la saison.

On note une forte régression des teneurs en Mg en fin de saison. Ceci est expliqué par la lixiviation de cet élément dissout dans la solution du sol.

F. Sodium (Na^{++}) :

Le sodium en petites quantités peut être bénéfique pour certaines plantes, mais en excès, il peut être toxique et causer des problèmes de salinité.

a) Résultats :

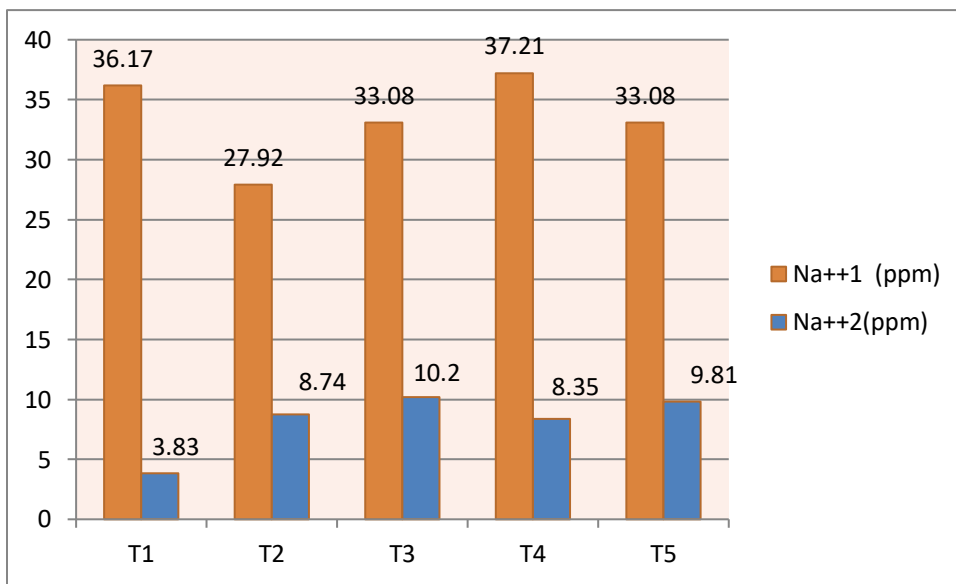


Figure 37: Diagramme de Na^{++} au sol ppm

b) discussion :

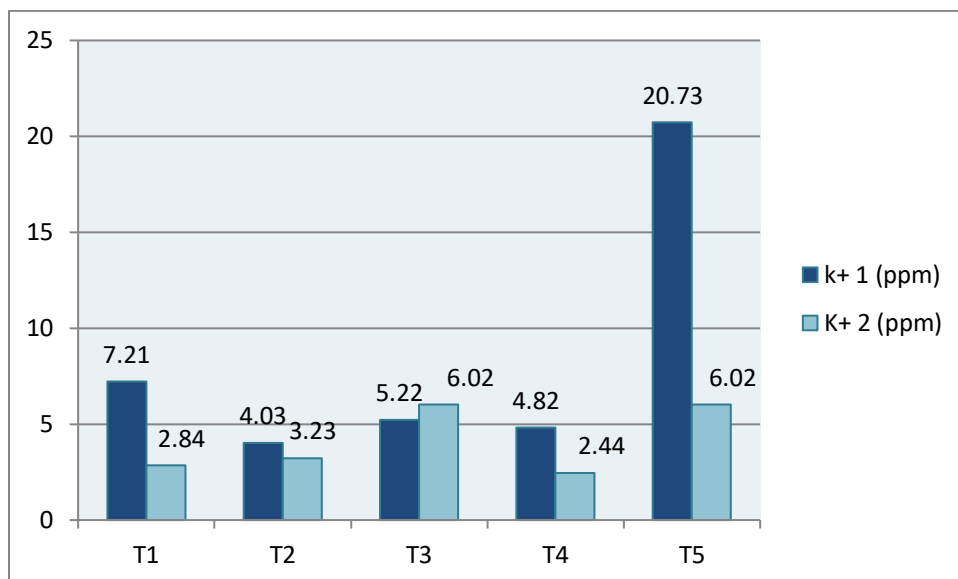
- T1 (témoin) : la concentration en sodium a considérablement diminué de 36,17 ppm à 3,83 ppm, indiquant une forte lixiviation du sodium du sol pendant la saison.
- T2 (biochar) : baisse modérée de la concentration en sodium de 27,92 ppm à 8,74 ppm.
- T3 (compost) : légère diminution de 33,08 ppm à 10,20 ppm.
- T4 (engrais) : baisse modérée de 37,21 ppm à 8,35 ppm.
- T5 (biochar+compost) : légère diminution de 33,08 ppm à 9,81 ppm.

L'irrigation agricole a induit un lessivage de Na^+ .

G. Potassium (K^+) :

Le potassium est crucial pour la régulation de l'eau dans les plantes, l'activation des enzymes et la synthèse des protéines.

a) Résultats :

Figure 38: Diagramme de K⁺ du sol en ppm

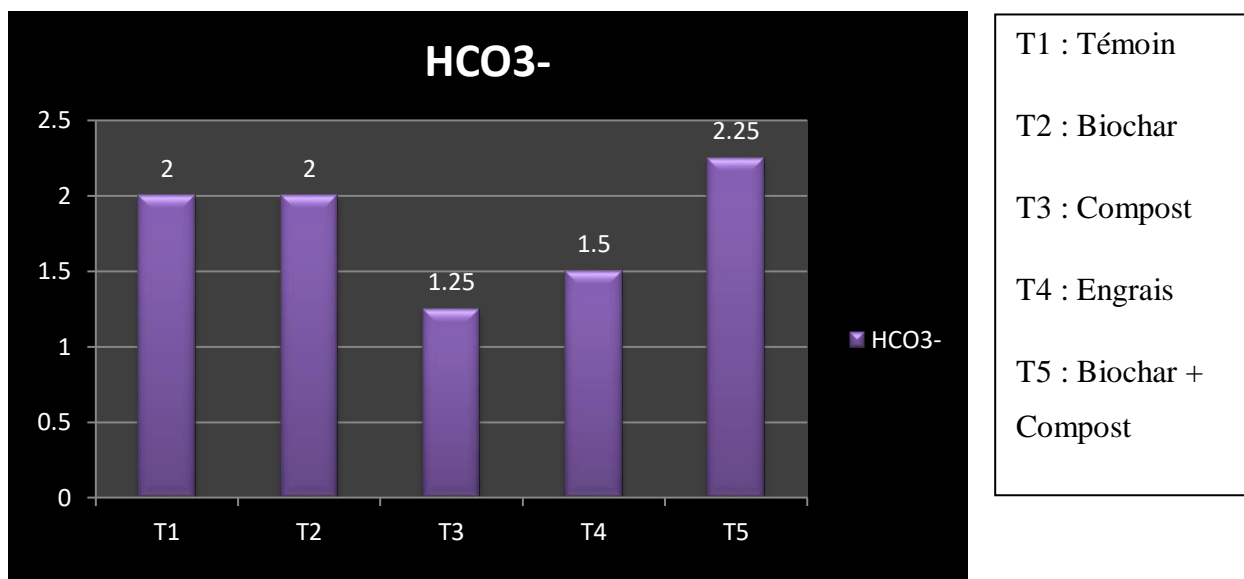
b) discussion :

Toujours au début de saison, on mentionne les valeurs les plus importantes. À l'inverse, en fin de saison, pour le K⁺, l'irrigation peut provoquer une régression. Ces faibles valeurs en K⁺ indiquent une faible fertilité potassique au niveau du sol.

H. Les anions :

Bicarbonate (HCO₃⁻) Le bicarbonate est souvent présent dans les sols en raison de l'activité microbienne et de la décomposition des matières organiques. Des niveaux élevés de bicarbonate peuvent influencer le pH du sol.

a) Résultats :

Figure 39: diagramme de concentration HCO₃⁻ en meq/l

b) discussion :

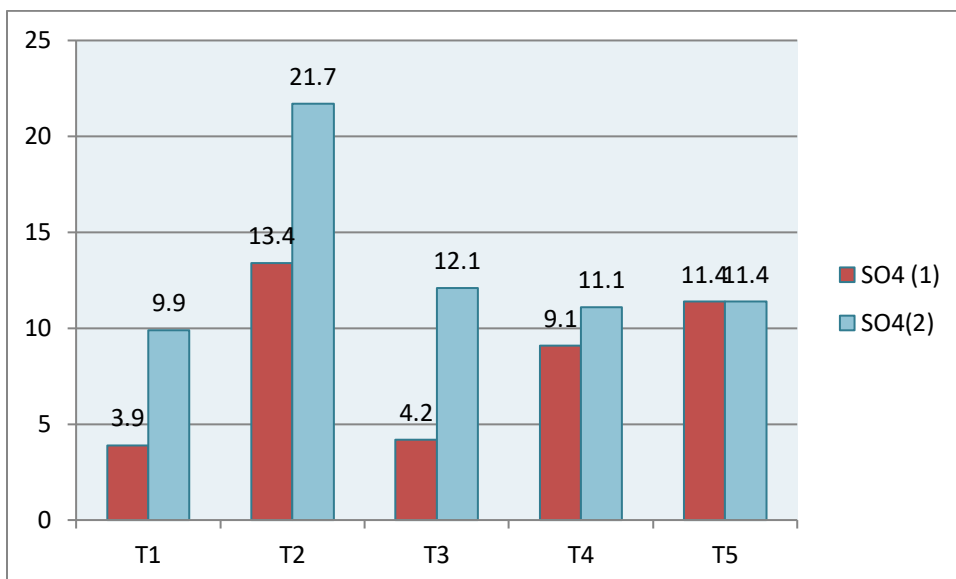
Bicarbonate (HCO₃⁻) :

Les concentrations sont relativement faibles et uniformes, ce qui suggère qu'elles n'auront pas un impact significatif sur le pH du sol ou sur la fertilité globale.

Les valeurs faibles de bicarbonate expliquent pourquoi nous avons un pH basique ; le pH basique se traduit par un taux faible de bicarbonate.

Sulfate (SO₄⁻²) : Sulfate (SO₄⁻) Le sulfate est une forme d'azote importante pour la synthèse des protéines et des enzymes dans les plantes.

a) Résultats :

Figure 40: Diagramme de concentration de SO_4^{2-} en meq/l

b) Discussion :

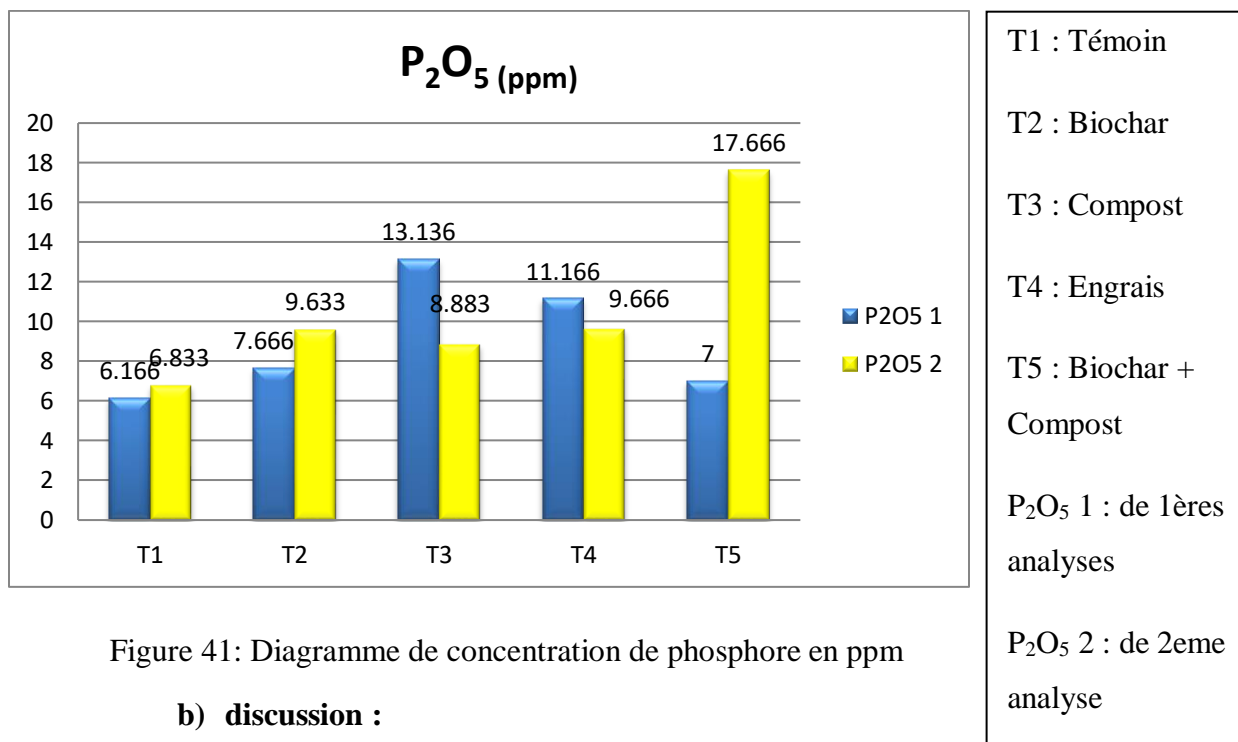
Les concentrations varient considérablement entre les traitements. On a constaté une augmentation en fin de saison pour tous les traitements.

La lecture générale montre que l'irrigation induit une augmentation du sulfate, notamment en T2, ce qui explique bien la nature sulfatique des eaux d'irrigation.

I. Le phosphore assimilable :

Le phosphate est un élément nutritif essentiel pour les plantes, jouant un rôle crucial dans la photosynthèse, la respiration, le stockage et le transfert d'énergie et la division cellulaire.

a) Résultats :



La présence du phosphore dans le sol peut être expliquée par une solubilisation de matériaux renfermant du phosphore en milieu fortement salé (feldspaths, plagioclase) (KHECHAI, 2023).

Mais les concentrations de ces derniers indiquent bien que le sol est dépourvu de phosphore, CALVET et VILLEMIN (1986).

T1 (témoin) : les concentrations de P₂O₅ sont les plus faibles parmi les traitements.

T2 (biochar) et T4 (engrais) présentent des concentrations de 7.66 et 11.16 ppm en début de saison, suggérant une bonne disponibilité en phosphate pour la croissance des plantes. Alors qu'en fin de saison, nous avons marqué une légère diminution de P₂O₅ au niveau de T4 (engrais) (compost). Alors qu'on a signalé une augmentation de P₂O₅ au niveau de T2 (biochar), cette caractéristique peut être bénéfique pour l'amélioration de la fertilité du sol.

T3 (compost) : présente une concentration en P₂O₅ de 13,13 ppm en début de saison, une concentration inférieure en fin de saison avec 8,88 ppm. Ce qui est globalement favorable pour la

fertilité et la croissance des plantes. Mais il montre une sensibilité à l'irrigation qui va provoquer une perte de P2O5 par lessivage à l'inverse du Biochar.

T5 (biochar+compost) : présente une meilleure concentration en P2O5 en fin de saison par rapport au début de saison, un léger enrichissement du sol en phosphore, ce qui est bénéfique pour la croissance des plantes. Indiquant une combinaison bénéfique entre le biochar et le compost.

L'azote total :

a) Résultats

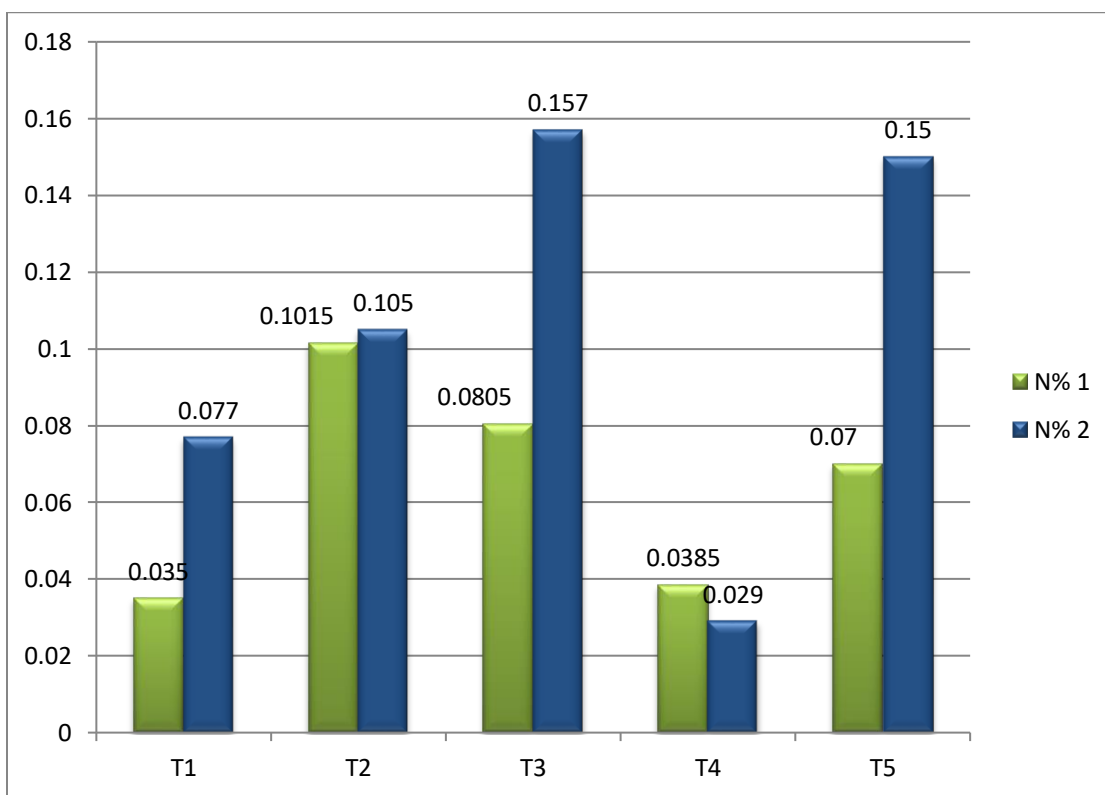


Figure 42: Diagramme de pourcentage d'azote au sol

b) discussion :

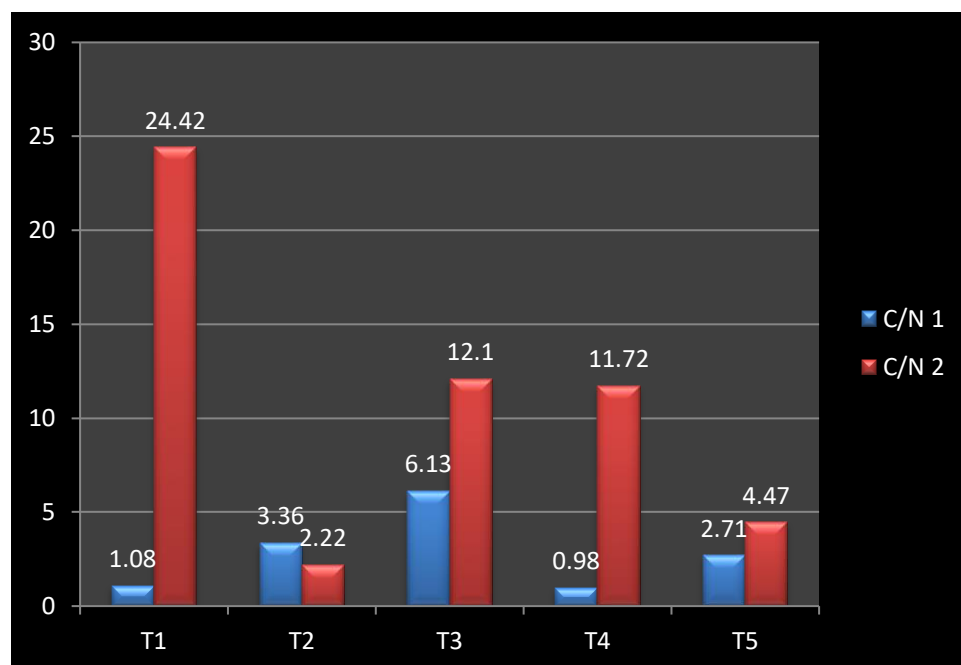
- Pour tous les traitements (T1 Témoin à T5 biochar +compost), la valeur de N% est plus élevée à la fin de la saison (N2) qu'au début de la saison (N1).
- Cela signifie que la concentration de N a augmenté dans le sol pendant la saison.

- L'augmentation la plus importante est observée pour le traitement T3 Compost (de 0,0805 à 0,157), suivie du traitement T5 (biochar +compost) (de 0,07 à 0,15).
- Les traitements T1 (témoin) et T4 (engrais) ont signalé des augmentations modérées, tandis que le traitement T2 (biochar) a marqué une augmentation minimale.

Cette concentration constatée explique parfaitement l'enrichissement du sol en MO en fin de saison.

J. Le rapport C/N :

a) Résultats



T1 : Témoin
 T2 : Biochar
 T3 : Compost
 T4 : Engrais
 T5 : Biochar + Compost
 C/N 1 : de 1^{ère} analyse
 C/N 2 : de 2^{ème} analyse

b) discussion

T1 (témoin) indique une valeur de C/N > 15 : cela indique une minéralisation lente et aussi une accumulation de la MO dans le sol.

T3 (compost) et T4 (engrais) (C/N entre 10 et 15) : bonne minéralisation expliquée par un enrichissement du sol en éléments fertilisants.

T2 (biochar) et T5 (biochar+compost) C/N < 9 : une minéralisation rapide, des pertes d'éléments fertilisants, on note un problème de brûlure de la matière organique du sol appelé turnover rapide, cité par (DUCHAUFOR, 1988).

K. Le gypse :

La conductivité électrique, mesurée au final Y=0 pour tous les échantillons ; on en déduit alors que le sol est non gypseux.

3 Partie 3: Résultats et discussion des composantes de rendements.

A. Poids totale (g) (épis + paille+Mauvais herbes)

a) Résultats :

Tableau 7: Poids total du rendement

Traitements	Moyennes estimées (Poids totale (g) (épis + paille+MH))	Groupes homogènes		
Engrais	404.000	A		
Biochar + composte	380.000		B	
Compost	380.000		B	
Témoin	272.000			C
Biochar	270.000			C

b) Discussion :

Les résultats obtenus montrent que le poids total (g) varie de façon significative entre les traitements. Le test de NEWMAN et KEULS fait apparaître trois groupes homogènes.

Le poids le plus élevé est donné par l'engrais 404 g, puis le biochar + compost et le biochar 380g, et le plus faible est obtenu par le biochar et le témoin 270g.

B. Poids net(g) épis/m²**a) Résultats :**

Tableau 8: Poids net (g)

Traitements	Moyennes estimées (Poids net(g) (épis/m ²))	Groupes homogènes			
Biochar + composte	188.000	A			
Engrais	176.000		B		
Biochar	162.000			C	
compost	150.000				D
Témoin	108.333				E

b) Discussion :

Le poids net varie entre 188 g pour le traitement biochar + compost suivie par le traitement engrais 176g puis le biochar seul 162 g, le compost 150g et enfin le témoin a le poids le plus faible 108 g.

C. Nombre d'épis/m² :

Brinis .A, (1995), signale que le nombre d'épis se forme pendant le tallage, période où les conditions climatiques sont favorables.

a) Résultats :

Tableau 9 : Nombre d'épis/m²

Traitements	Moyennes estimées (Nombre d'épis/m ²)	Groupes homogènes		
Biochar + composte	288.000	A		
Engrais	288.000	A		
compost	273.000		B	
Biochar	240.000			C
Témoin	216.000			D

b) Discussion :

Les résultats de l'analyse de variance pour ce paramètre montrent une différence significative entre les traitements. Quatre groupes homogènes sont distingués.

Le nombre d'épis le plus élevé est de 288 épis/m² pour les traitements (biochar+ compost et engrais), suivi par 273 épis/m² pour le traitement (compost) puis le biochar 240 épis/m². Le plus faible nombre d'épis est enregistré au niveau du témoin avec 216 épis/m².

D. Longueur d'épis (cm)

a) Résultats :

Tableau 10: Longueur d'épis (cm)

Traitements	Moyennes estimées (Longueur d'épis (cm))	Groupes homogènes	
Engrais	19.157	A	
Biochar + compost	19.000	A	
Biochar	18.000	A	B
Compost	16.660	A	B
Témoin	15.000		B

b) Discussion :

Les résultats de l'analyse de test NEWMAN et KEULS pour ce paramètre montrent une différence significative de longueurs d'épis variant entre les traitements. Ce test fait apparaître deux groupes homogènes.

L'engrais et le biochar + engrais sont les résultats les plus élevés avec une longueur d'épis de 19 cm, suivie par le biochar 18 cm, puis le compost 16 cm, et dernièrement le témoin 15 cm.

E. Nombre des grains par épis

Ce caractère joue un rôle important dans la détermination du rendement, il est en fonction du nombre d'épillets.

a) Résultats :

Tableau 11: Nombre des grains par épis

Traitements	Moyennes estimées (Nombre de grains par épis)	Groupes homogènes		
Biochar + composte	37.000	A		
Compost	36.000	A		
Biochar	32.000		B	
Engrais	32.000		B	
Témoin	19.000			C

b) Discussion :

Les résultats obtenus montrent une différence significative entre les traitements étudiés. Le test de NEWMAN et KEULS fait apparaître trois groupes homogènes.

Le nombre de grains /épis le plus élevés est de 37 grains/épis pour le traitement biochar + compost et 36 grains/épis pour le traitement compost, suivi par le traitement biochar (32 grains/épis) et l'engrais (32 grains/épis), le témoin se classe en dernière position par un nombre de 19 grains / épis.

F. Poids d'épis (g)**a) Résultats :**

Tableau 12: Poids d'épis

Traitements	Moyennes estimées (Poids d'épis (g))	Groupes homogènes		
Biochar	1.660	A		
Engrais	1.660	A		
Biochar + composte	1.647	A		
compost	1.333		B	
Témoin	1.000			C

b) Discussion :

Les poids obtenus montrent une différence significative entre les traitements étudiés. Le test de NEW MAN et KEULS fait apparaître trois groupes homogènes.

Le poids d'épis varie entre 1.660 g pour les traitements biochar, engrais et biochar compost et 1 g pour le témoin, avec un écart important de 0.66 g.

La moyenne des traitements étudiée est de 1.33 g (compost).

G. Poids des 1000 graines (g)

BOUZERZOUR (1997) in ABABSA (2003), estime que le poids de 1000 grains est un bon critère de sélection pour améliorer indirectement le rendement en grain.

a) Résultats :

Tableau 13: Poids des 1000 graines (g)

Traitements	Moyennes estimées (Poids des 1000 graines (g))	Groupes homogènes	
Biochar	40.000	A	
Biochar + composte	40.000	A	
compost	40.000	A	
Engrais	40.000	A	
Témoin	20.000		B

b) Discussion :

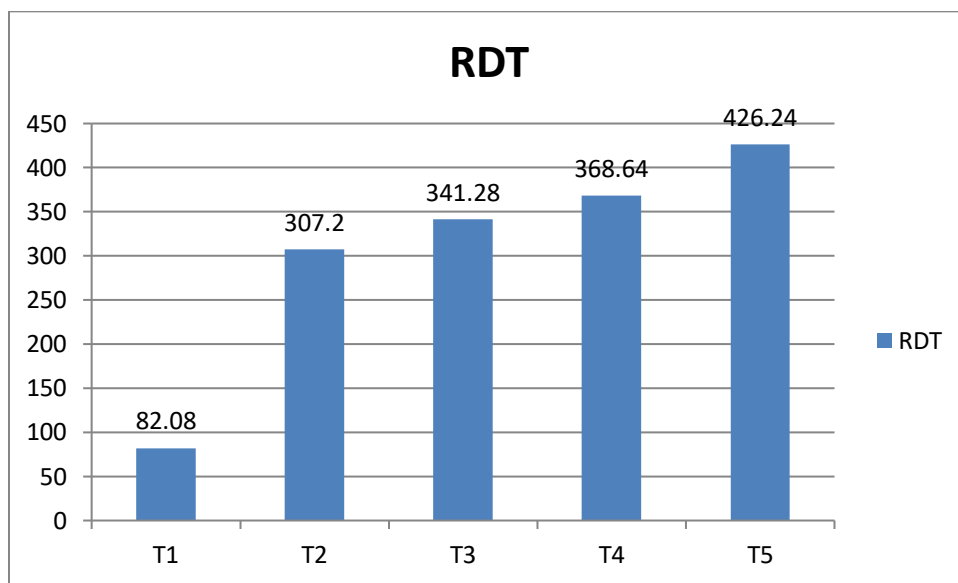
Les résultats obtenus montrent que le poids de 1000 grains varie de façon significative entre les traitements. Le test de NEWMAN et KEULS fait apparaître deux groupes homogènes.

Le poids de 1000 grains varie entre 40 g pour les traitements (biochar, biochar+compost, compost et engrais) et 20 g pour le témoin. Cela ne peut s'expliquer que par l'effet positif des traitements.

H. Le rendement Théorique :

Le rendement théorique est la résultante de l'interaction du nombre d'épis x nombre de grains par épi x le poids moyen d'un grain.

a) Résultats :

Figure 43: Histogramme de rendement théorique en g/m²

b) Discussion :

- T1 témoin (82,080 g/m²) : ce traitement a produit le rendement théorique le plus faible parmi les cinq.
- T2 biochar (307,200 g/m²) : le rendement théorique de T2 est nettement supérieur à celui de T1, indiquant une augmentation significative de la production d'orge pour ce traitement.
- T3 compost (341,280 g/m²) : T3 montre un rendement théorique encore plus élevé que T2, suggérant que ce traitement favorise davantage la croissance et la production d'orge.
- T4 engrais (368,640 g/m²) : la tendance à l'augmentation du rendement théorique se poursuit avec T4, qui présente une valeur encore plus élevée que T3.
- T5 biochar + compost (426,240 g/m²) : T5 affiche le rendement théorique le plus élevé parmi tous les traitements, indiquant des conditions optimales pour la production d'orge dans ce cas.

Conclusion

Conclusion :

L'incorporation de matières organiques telles que le biochar, le compost et les engrais dans les sols de la région de l'Oued Righ a démontré des effets positifs, voire hautement significatifs sur les paramètres physico-chimiques du sol et le rendement de la culture d'orge.

Nous avons tiré les constats suivants :

- En fin de saison, le pH des différents traitements a montré un abaissement de pH par rapport au sol témoin.
- En fin de saison, la CE du sol a diminuée, enregistrant une teneur $< 2,2$ dS/m. Ce qui nous laisse conclure que l'augmentation de la matière organique par les apports organiques a conduit à une augmentation notable de la teneur en matière organique du sol, ce qui a amélioré sa structure, sa porosité et sa capacité de rétention d'eau. On note un enrichissement du sol au MO. Cela est expliqué par la densité racinaire présente (la culture + mauvaises herbes).
- La fertilité du sol : une amélioration, les matières organiques ont fourni au sol des nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium, favorisant ainsi la croissance et le développement des plantes d'orge. Amélioration de l'activité microbienne : L'incorporation de matières organiques a stimulé l'activité microbienne du sol, ce qui a eu un impact positif sur la décomposition de la matière organique et la libération de nutriments pour les plantes.
- Augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC), dont on signale que les fortes CEC notées en fin de saison culturale, coïncident parfaitement avec l'enrichissement du sol en matières organiques (MO).
- Rendement de l'orge : augmentation du rendement en grains.

En conclusion, les différents traitements : témoin, Biochar, compost, ont montré une amélioration des paramètres physicochimiques du sol en fin de saison. En résumé :

- L'application de biochar+compost combiné, de compost et d'engrais a dévoilé un effet significatif sur le rendement en graines/m².
- L'utilisation de biochar activé avec compost a donné le meilleur résultat, il a un effet notable sur le rendement de la culture d'orge.

- En opposé, le biochar seul n'a pas montré un effet significatif, c'est-à-dire, il ne peut être appliqué seul sans être combiné ou activé avec d'autres amendements organiques ou minéraux.

Cet apport organique améliore les propriétés physicochimiques du sol, en augmentant la fertilité du sol et en stimulant l'activité microbienne, ce qui a conduit à une augmentation significative du rendement de l'orge.

Ce modeste travail mérite d'être approfondi par d'autres travaux et essais sur d'autres sites, pour comprendre les interactions des amendements-sol-rendement des cultures et confirmer les résultats positifs obtenus. Ce genre de thème s'inscrit dans un axe de recherche qui fouine le lien existant entre la qualité sol et le mode d'amendement qualitativement et quantitativement et pour valoriser à la fin les déchets de palmier dattier dans la région de l'Oued Righ pour lutter contre les salinités des eaux et des sols qui se traduisent par l'amélioration des rendements des cultures.

Enfin, L'adoption de ces pratiques par les agriculteurs de la région peut contribuer à la sécurité alimentaire et à la durabilité des systèmes de production agricole dans la région d'Oued Righ.

Références

Bibliographiques

Références bibliographique :

1. Ababsa N., 2003: Contribution a l'étude de comportement de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare*.L) dans les conditions pédoclimatiques des hautes plaines constantinoises. Memoire. In. Univ. Batna: 60 p.
2. Agreste, DGA, & ONEMA. (2013). Irrigation et qualité de l'eau. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. <https://agriculture.gouv.fr/mots-cles/gestion-de-leau>
3. Ameloot, N., Graber, E. R., Verheijen, F. G. A., & De Neve, S. (2013). Interactions between biochar stability and soil organisms: Review and research needs. *European Journal of Soil Science*, 64(4), 379-390. <https://doi.org/10.1111/ejss.12064>
4. Anders, E., Watzinger, A., Rempt, F., Kitzler, B., Wimmer, B., Zehetner, F., Stahr, K., ZechmeisterBoltenstern, S., & Soja, G. (2013). Biochar affects the structure rather than the total biomass of microbial communities in temperate soils. *Agricultural and Food Science*, 22(4), Art. 4. <https://doi.org/10.23986/afsci.8095>
5. Angin, D., & Şensöz, S. (2014). Effect of Pyrolysis Temperature on Chemical and Surface Properties of Biochar of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Phytoremediation*, 16. <https://doi.org/10.1080/15226514.2013.856842>
6. Aubert, Guy. Méthodes d'analyses des sols. Marseille : CRDP, 1978
7. Baize, Denis. Guide des analyses courantes en pédologie. Paris: s.n., 1998. p. 169.
8. Bamminger, C., Zaiser, N., Zinsser, P., Lamers, M., Kammann, C., & Marhan, S. (2014). Effects of biochar, earthworms, and litter addition on soil microbial activity and abundance in a temperate agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, 50(8), 1189-1200. <https://doi.org/10.1007/s00374-014-0968-x>
9. Batjes, N.H. (2012). Soil carbon sequestration potential in Southeast Asia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 151, 26-32.
10. Belksier, M. S., Chaab, S., Kechiched, R., Halassa, Y., Abour, F., & Bouselsal, B. (2015). Caractérisation hydrochimique des eaux souterraines : cas du nappe libre et complexe terminal de l'oued Righ: Sahara Algérien. *International Journal for Environment & Global ClimateChange* , 1-8.

11. Benbelkacem A., 1986 : l'amélioration du rendement des orges par un fort tallage, *céréaliculture* n 15: 31-37.
12. Benhaddya, M. L. (2020). Contribution à l'étude d'hydrogéochimie d'eaux de surface et eaux souterraines dans la région d'Oued Righ (Sud-Est, Algérie). *Journal Algérien des Régions Arides*, 14(1), 1-14.
13. Bernard, Dabin. Les facteurs chimiques de la fertilité des sols. 1970.
14. Bertrand, M., & Ranger, J. (2016). Qualité de l'eau d'irrigation : Critères et indicateurs d'interprétation. INRA Editions. <https://www.inrae.fr/actualites/gestion-leau-agriculture-lancement-chaire-partenariale-eau-agriculture-changement-climatique>
15. Bouchahm, N., Chaib, W., Drouiche, A., Zahi, F., Hamzaoui, W., Salemkour, N., Fekraoui, F., & Djabri, L. (2013). Caractérisation et cartographie des sites de remontée dans la région de l'oued righ (bas sahara algérien). *Journal Algérien des Régions Arides*, 12(1), 76-88.
16. Boumaraf, Belkacem. Caractéristiques et fonctionnement des sols dans la vallée de Oued Righ, Sahara Nord Oriental Algérie. Université de Reims Champagne-Ardenne. 2013. p. 97, Thèse de doctorat.
17. Boumaraf, Belkacem; Bensaid, Rabah; Marre, Alain. Paysages et sols dans la vallée d'oued righ, sahara nord oriental, algérie. *Courrier du Savoir*, [S.l.], v. 18, juin 2014. ISSN 1112-3338. Disponible à l'adresse : <https://revues.univ-biskra.dz/index.php/cds/article/view/657>.
18. Bouzerzour H., Adjabi A., Benmahamed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N., 2002 : Productivité et adaptations comparées des variétés de céréales en zone semi aride d'altitude, *céréaliculture* n 37 :4-13.
19. Bouzerzour H., Benmahamed A. et Hassos K.L ., 1997: Variabilité génétique, héritabilité et corrélation entre caractères mesurés sur orge en milieu semi-aride, *céréaliculture* n 30 : 11-15.
20. Bridgwater, A. V., Meier, D., & Radlein, D. (1999). An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry*, 30(12), 1479-1493. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00120-5)
21. Calvet G. et P. Villemin. 1986. Interprétation des analyses de terre. France, SCPA. 24 p.

22. Cassidy, M. B., Lee, H., & Trevors, J. T. (1996). Environmental applications of immobilized microbial cells: A review. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 16(2), 79-101. <https://doi.org/10.1007/BF01570068>
23. Coineau, Y., Lerat, J., & Ranger, J. (2007). *Le sol, sa nature, ses propriétés et ses potentialités*. Éditions Delagrave.
24. David A. Laird, Robert C. Brown, James E. Amonette Johannes Lehmann 2009 Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar Volume 3, Issue 5 September/October 2009 Pages 547–562
25. DJEMAI Aicha. Effet du biochar sur quelques propriétés physico chimiques des sols sales. Université de Kasdi Merbah Ouergla. 2018. p.1, Thème Master
26. Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical Properties of Biochar. In *Biochar for Environmental Management*. Routledge.
27. Drouiche, A., Faouzi, Z., Bouchahm, N., Hamzaoui, W., Chaib, W., Farah, F., & Djabri, L. (2011, novembre 13). *Caractérisation physicochimique des eaux de remontée dans la vallée d'Oued Righ ; Sud-est Algérien*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4017.5686>
28. Duchaufour (1988): *Abrege de Pedologie*, 2ed., coll. Masson, Paris, 232p.
29. Gaunt, J. L., & Lehmann, J. (2008). Energy Balance and Emissions Associated with Biochar Sequestration and Pyrolysis Bioenergy Production. *Environmental Science & Technology*, 42(11), 4152-4158. <https://doi.org/10.1021/es071361i>
30. Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The « Terra Preta » phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37-41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
31. Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4), 219-230. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>
32. Groupe d'experts irrigation vigne. (2018). *Guide de gestion de l'irrigation pour la vigne*. Vinum Est. <https://www.reussir.fr/vigne/irrigation>
33. Hazelton, P.A., & Murphy, B.W. (2007). *Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean?* (pp. 71-72). CSIRO Publishing
34. Institut Technique de Développement de l'agriculture Saharienne. *L'agriculture en zone sahariennes*. P.34-35.

35. Jamagne, M. (1978). *Pédologie : Génèse, propriétés et classification des sols*. Éditions Masson.
36. Jutras, Ghislain. « Fertilisation des sols en agriculture bio ». *GUIDE POUR L'INTERPRÉTATION D'UNE ANALYSE DE SOL*. p. 6.
37. Jutras, Ghislain. « Fertilisation des sols en agriculture bio ». *GUIDE POUR L'INTERPRÉTATION D'UNE ANALYSE DE SOL*. p. 6.
38. Jutras, J. A. (1955). "Urinary pH: Physiological and Clinical Significance." *Journal of Urology*, Vol. 73, pp. 667-671
39. Kabouche S., Bouzerziur H., Benmahamed A. et Hassous K.L., 2001 : les nouvelles variétés d'orges (*Hordeum vulgare* L) et les risqué climatiques des hautes plaines de L'est : cas de la région de setif, *céréaliculture* n 35 :4-12.
40. Khachai S. *Cours micromorphologie des sols*. Univ de Biskra Departement des Sciences Agronomiques. 2023.
41. Khodadad, C. L. M., Zimmerman, A. R., Green, S. J., Uthandi, S., & Foster, J. S. (2011). Taxa-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(2), 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.11.005>
42. Kim, J.-S., Sparovek, G., Longo, R. M., De Melo, W. J., & Crowley, D. (2007). Bacterial diversity of terra preta and pristine forest soil from the Western Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(2), 684-690. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.08.010>
43. Kolb, S. E., Fermanich, K. J., & Dornbush, M. E. (2009, juillet 1). Effect of Charcoal Quantity on Microbial Biomass and Activity in Temperate Soils—Kolb—2009—Soil Science Society of America Journal—Wiley Online Library. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj2008.0232>
44. Koull, N., Kherraze, M. h, Lakhdari, K., Benzaoui, T., Helimi, S., Laouissat, M. S., Kherfi, Y., Bougafla, A., Mimouni, F., Mezrag, M., & Benazzouz, M. T. (2013). Eaux d'irrigation et salinisation des sols des périmètres irriguées dans la vallée de l'Oued Righ. *Journal Algérien des Régions Arides*, 12(1), 97-102.
45. Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., & Karlen, D. (2010). Biochar Impact on Nutrient Leaching from a Midwestern Agricultural Soil. *Geoderma*, 158, 436-442. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.05.012>

46. Laurin-Lanctôt, S. (2015). Rétenion en nutriments, activité biologique et régie de fertilisation. 146. Le sol: Un écosystème à part évoluant sous nos pieds. (s. d.). Conservation Nature. Consulté 4 janvier 2023, à l'adresse <https://www.conservation-nature.fr/ecosysteme/sol/>
47. Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1812-1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>
48. Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersen, J., & Neves, E. G. (2006). Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1719-1730. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0383>
49. Major, J., Steiner, C., Downie, A., & Lehmann, J. (2009). Biochar Effects on Nutrient Leaching. In *Biochar for Environmental Management*. Routledge.
50. Mukherjee, A., & Zimmerman, A. R. (2013). Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. *Geoderma*, 193-194, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.10.002>
51. Ouzerzour H., Adjabi A., Benmahamed A, Hadjsahraoul N., Harkati A., 2000 : Production et adaptations comprimées des variétés de céréales en zone semi-aride d'altitude. *Céréaliculture* n° 37 : 4-13.
52. Pietikäinen, J., Kiikkilä, O., & Fritze, H. (2003, avril 22). Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus—Pietikäinen—2000—Oikos—Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1034/j.1600-0706.2000.890203.x>
53. Pudasaini, K., Ashwath, N., Walsh, K., & Bhattarai, T. (2012). Biochar Improves Plant Growth and Reduces Nutrient Leaching in Red Clay Loam and Sandy Loam. *Hydro Nepal: Journal of Water, Energy and Environment*, 11. <https://doi.org/10.3126/hn.v11i1.7221>
54. Rejsek, Franck. *Analyses des eaux, Aspects et réglementaires techniques*. 2002.
55. Rillig, M. C., & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1), 41-53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>

56. Rivera-Utrilla, J., Bautista-Toledo, I., Ferro-García, M. A., & Moreno-Castilla, C. (2001). Activated carbon surface modifications by adsorption of bacteria and their effect on aqueous lead adsorption. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 76(12), 1209-1215. <https://doi.org/10.1002/jctb.506>
57. Robert, P.-C. (1993). **Fertilisation des sols**. Éditions Dunod.
58. Sayah Lembarek Mohammed. Etude Hydraulique Du Canal Oued Righ Détermination Des Caractéristiques Hydrauliques. 2008.p.1. Thème Magister
59. Sohi, S. P. (2012). Carbon storage with benefits. *Science*, 338(6110), 1034-1035.
60. Soltys, M., & Steven, M. (1985). Manuel de fertilisation des cultures irriguées. FAO. <https://www.fao.org/fishery/ar/publications/12369>
61. Steiner, C., Glaser, B., Geraldte Teixeira, W., Lehmann, J., Blum, W. E. H., & Zech, W. (2008). Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(6), 893-899. <https://doi.org/10.1002/jpln.200625199>
62. Walkley, A., & Black, I.A. (1934). "An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method." *Soil Science*, 37(1), 29-38.
63. Warnock, D. D., Mummey, D. L., McBride, B., Major, J., Lehmann, J., & Rillig, M. C. (2010). Influences of non-herbaceous biochar on arbuscular mycorrhizal fungal abundances in roots and soils: Results from growth-chamber and field experiments. *Applied Soil Ecology*, 46(3), 450-456. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.09.002>
64. Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M., & Zimmerman, A. (2012). Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*, 89, 1467-1471. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.06.002>

Résumé :

Cette étude vise à présenter le compost et le bio charbon notamment comme un amendement dans le but de définir leur effet sur les paramètres physico-chimique des sols salés et le rendement d'une culture d'orge, utilisant comme matériels d'étude : le site expérimental a EL BARKADJIA dans la région de Oued Righ, le biochar (carbone végétal), le compost a base des déchets palmier dattier de (BISKRA, Chettma), et un engrais composée NPK.

Concernant les méthodes d'étude, on a travaillé sur 4 blocs avec 5 répétions aléatoires des déférents traitements.

Au niveau de l'laboratoire on a réalisé les analyses physiques et chimiques et puis les interprétations des résultats. Après nous avons fait la récolte de l'orge.

Les résultats vraiment états satisfaisons, on a approche à réaliser le but de cette étude qui états la restauration des sols dégradés et améliorer la productivité de l'orge dans la région de Oued Righ.

Mots clés : sols salés, le biochar, l'orge, les analyses physico – chimiques

ملخص الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم كل من السماد العضوي والفحم الحيوي كتحسين للتربة، وذلك لتحديد تأثيرهما على المعايير الفيزيائية والكيميائية للتربة المالحة وإنتاجية محصول الشعير. تم استخدام المواد التالية في الدراسة:

- موقع تجريبي في البرقية بمنطقة وادي ريغ.
- فحم حيوي (كربون نباتي).
- سماد عضوي مصنوع من مخلفات أشجار النخيل في بسكرة وشتمة.
- سماد NPK مركب.

فيما يتعلق بطرق الدراسة، تم العمل على 4 مجموعات مع 5 تكرارات عشوائية للعلاجات المختلفة.

في المختبر، تم إجراء تحليلات فيزيائية وكيميائية يليها تفسير النتائج. بعد ذلك، تم حصاد الشعير.

كانت النتائج مرضية للغاية، حيث تم تحقيق هدف هذه الدراسة المتمثل في استصلاح التربة المتدهورة وتحسين إنتاجية الشعير في منطقة وادي ري

