



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

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Spécialité : hydro-pédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Rahat Samira

Le : [Click here to enter a date.](#)

Effet du biochar et de compost sur les paramètres chimiques de sol

Jury :

M.	AISSAOUI Hicham .	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Président
M.	Guimeur Kamel.	MCA	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
M.	Boukehil Khaled.	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Je remercie avant tout, Dieu puissant de m'avoir donné la volonté et la puissance pour terminer ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude sincère à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet, car leur contribution a été précieuse. Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes respects au Dr GUIMEUR.K A, maître de conférences au département des sciences d'agronomie de l'université de Biskra, pour avoir accepté de nous encadrer, ainsi que pour ses conseils et orientations précieux, sa disponibilité, sa modestie et son intérêt bienveillant pour notre travail.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire, et je tiens à remercier tous les enseignants. L'équipe du laboratoire du département d'agronomie pour la formation qu'ils nous ont donnée.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail
avec grand amour, sincérité et
fierté :

A ma famille

A mon mari

Ma fille sidra

*Tous ceux qui m'ont aidé et
soutenu dans le travail et mots
qui m'ont encouragé à compléter
ce mémoire*

Liste des Tableaux

N°	Tableaux	Page
01	Classification de la culture d'orge	10
02	Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les Principales Cultures Tempérées Pro-Natura 2015 .	18
03	Analyses du compost	28
04	Traitements et nombre de répétition de l'essai	30
05	La qualité d'eau d'irrigation département d'agronomie -Biskra	31
06	analyses du sol avant la mise en place de notre essai.	41
07	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (PH des sols 0-20)	50
08	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (PH des sols 20-40)	50
09	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CE des sols 0-20)	51
10	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CE des sols 20-40)	51
11	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CEC des sols 0-20)	52
12	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CEC des sols 20-40)	52
13	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (K ⁺ des sols 0-20)	53
14	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (K ⁺ des sols 20-40)	53
15	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Mg ⁺ des sols 0-20)	54
16	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Mg ⁺ des sols 20-40)	54
17	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Ca ⁺ des sols 0-20)	55
18	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Ca ⁺ des sols 20-40)	55
19	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Na ⁺ des sols 0-20)	56
20	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Na ⁺ des sols 20-40)	56
21	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (AzTdes sols 0-20)	57
22	Résultat du test de NEWMAN-KEULS (AzT des sols 20-40)	57

Liste des Figures

N	Figure	page
01	Les stades de développement de l'orge	13
02	La terra preta	15
03	Effet du biochar sur les propriétés du sol	17
04	Le Biochar: Système Pour Piéger le Dioxyde de Carbone dans le Sol	19
05	Représentation schématique du principe de compostage	21
06	le composte utilisé	28
07	Engrais utilisés dans l'essai	29
08	schéma du dispositif expérimental	30
09	préparation des échantillons	32
10	Détermination du pH	33
11	Détermination de la CE du sol	34
12	dosage de K ⁺	35
13	capacité d'échange cationique CEC	36
14	L'azote total	36
15	la moyenne du pH des sols après traitements	42
16	La moyenne de la CE des sols après traitements	43
17	La moyenne de la CEC des sols après traitement.	44
18	La moyenne de la K ⁺ des sols après traitement	45
19	La moyenne de la Mg ⁺ des sols après traitement.	46
20	La moyenne de la Ca ⁺ des sols après traitement.	47
21	La moyenne de la Na ⁺ des sols après traitement	48
22	La moyenne de la Azote total des sols après traitement	49

Liste des abréviations

T0 : témoin

C : compost

E: Engrais

F : Fumier

B: Biochar

B+c : Biochar+Compost

E+b : Engrais +Biochar

PH : potentielle d'hydrogène.

CE : conductivité électrique.

CEC : capacité d'échange cationique

MO : matière organique.

T : traitement.

Ppm : partie par million.

Kg : kilogramme.

% : pourcentage

Cm : cent mètre.

Ca : calcium.

Mg : magnésium.

Na : sodium.

K : potassium.

E.D.T.A: Acide éthylène diamine tetra-acétique.

dS/m: Décisiemenne par mètre.

HCO₃ : Bicarbonate.

CO₃ : carbonate

SOMMIARE

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des abréviations	
Introduction générale	

Partie Bibliographique

CHAPITRE N° I : La culture de l'orge

I.1. Informations générales sur l'orge	8
I. 2.Histoire de l'orge	8
Origine de l'orge	9
L'orge d'un point de vue mondial	9
En Algérie	10
Classification de l'orge.....	10
Caractères morphologiques.....	11
I.7.Le cycle de développement.....	11
La période végétative.....	11
La période de reproduction.....	12
La période de maturation	12

CHAPITRE N°II : Généralité sur Le Biochar

I .1. Définition du biochar	14
Histoire du biochar	14

Production de biochar	15
Propriétés du biochar	15
Biochar comme amendement du sol pour l'assainissement	16
Impact du biochar sur les propriétés physico-chimiques du sol	16
Effet du biochar sur les propriétés du sol	16
Libération de nutriments du biochar	17
Impact sur le rendement des cultures	17
Biochar et gaz à effet de serre	18
Orge et biochar	20

CHAPITRE N°III : Le composte

I .1. Définition du compost.....	21
I .2. Les phases du processus de compostage.....	22
II.1. La phase mésophile	22
II.2.2.La phase thermophile.....	22
II.2.3.La phase de refroidissement	22
II.2.4.La phase de maturation.....	23
II.3. L'activité des êtres vivants dans le compostage	23
II.21. Les micro-organismes.....	23
Les bactéries	23
Les champignons	24
Les actinomycètes	24
Les macro-organismes.....	24
III.4.les facteurs influent sur le compostage	24
III.1. Température.....	24
III.4.2.Aération	25
Teneur en humidité.....	25
Rapport C/N	26

Partie II Etude expérimentale

CHAPITRE N°VI : Matériels et Méthodes

VI.1.L'objectif.....	27
VI.2 .lieu d'étude.....	27
VI.3Matériel	28
VI.4Méthode de travail.....	29.
VI.4 1. Dispositif expérimental	30
Analyse laboratoire	31
Fertilisation	37
Calcul des doses	37
Conduite de l'essai	37
VI.6. 1. Travail du sol.....	39
VI.6. 2. Epanchage des engrais	40
VI.6. 3. Le semis	40
VI.6. 4. Arrosage	40
VI.6. 5.La Récolt	40

CHAPITRE N° V : Résultats et Discussion

V. les caractérisations chimiques du sol avant les traitements	41
V.2Evaluation de l'effet des traitements sur les propriétés chimiques du sol	
V 1. pH des sols.....	42
Conductivité électrique.....	43
La capacité d'échange cationique.....	44
potassium K^+ échangeable	45
Mg^+	46
Ca^+	47

Na ⁺ échangeable	47
Azote Total	48
.Etude statistique de l'influence des traitements sur les propriétés	
Chimiques du sol	49
Influence des traitements sur le pH du sol.....	49
Influence des traitements sur le CE du sol	50
Influence des traitements sur le CEC du sol	50
Influence des traitements sur le potassium K ⁺ échangeable du sol.....	51
Influence des traitements sur le potassium Mg ⁺ du sol.....	53
Influence des traitements sur le potassium Ca ⁺ du sol.....	54
Influence des traitements sur Na ⁺ échangeable du sol	55
Influence des traitements sur azote total du sol	56
Conclusion.....	57

Références bibliographiques

Annexes



INTRODUCTION

Introduction générale

Les matières organiques jouent un rôle crucial dans la préservation du sol et jouent un rôle essentiel dans les cultures agricoles. Afin d'améliorer réellement la fertilité du sol à long terme, il est nécessaire d'améliorer la structure du sol et d'augmenter le taux de matière organique présent dans le sol. Pour accroître à court terme la fertilité du sol, il est nécessaire d'apporter des substances nutritives au sol. Le compost est une excellente source d'engrais car il renferme des composés nutritifs (**Madeleine, 2005 in Soufi, 2021**).

L'objectif du compostage est de produire des produits stables qui peuvent être conservés sans nécessiter de traitement supplémentaire et qui peuvent être appliqués au sol sans causer de dommages aux cultures, mais qui, au contraire, améliorent la fertilité du sol et la santé des plantes. Selon **Laribi (2006)**, le composte joue un rôle essentiel dans le cycle du carbone en réintroduisant le carbone dans l'environnement non vivant grâce à la décomposition des matières végétales et animales.

Dans les zones agricoles, les engrais provenant des animaux d'élevage sont utilisés sans aucun traitement. Toutefois, ces substances organiques se dégradent rapidement dans des environnements semi-arides et arides et libèrent des niveaux élevés de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air.

De nombreuses recherches ont démontré que l'utilisation de biochar dans le sol peut améliorer les caractéristiques physiques et chimiques du sol. Il a été prouvé que le biochar favorise la communauté microbienne du sol, augmente la biomasse et l'activité microbienne, et contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en séquestrant du carbone. De plus, cela améliore la disponibilité des éléments nutritifs des plantes, ainsi que la croissance et le rendement associés. Et également la capacité à retenir l'eau, à aérer le sol, à saturer les bases du sol.

Au cours des 20 dernières années, les scientifiques, les producteurs et les écologistes ont accordé une grande importance au biochar en tant que moyen de créer des réservoirs durables de carbone dans le sol et d'améliorer d'autres aspects de la santé du sol, tels que la capacité de retenir de l'eau, l'échange de cations, la rétention des nutriments et peut-être même la résistance aux agents pathogènes (**Lehmann et al. 2006**).

Introduction générale

Dans cette étude, nous allons :

- apporter notre contribution à l'étude de l'utilisation d'un compost et de biochar à base d'organes de palmier dattier pour la production d'orge. En raison de l'importance du palmier dattier dans notre région et de sa valeur nutritive,
- Notre travail vise à étudier de l'effet de ce composte et biochar sur la germination croissance de l'orge durant son cycle végétatif sur les paramètres chimiques du sol.

Ce mémoire comprend trois chapitres principaux:

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, qui traite dans de généralités sur le biochar et le composte et la culture de l'orge.
- Le deuxième chapitre englobe la description du matériel végétal, des conditions de culture et les Paramètres d'analyse étudiés pour exploiter ce travail.
- Le troisième chapitre fait l'objet de traitement et de présentation des résultats obtenus dans ce Travail ainsi que leur discussion.
- Enfin, une conclusion générale.



CHAPITRE1 :

LA CULTURE DE L'ORGE

I.1. Informations générales sur l'orge :

La culture de l'orge est une culture pluviale qui est principalement cultivée dans les hautes plaines semi-arides. Le régime pluviométrique hivernal de cette région provoque des stress abiotiques, de la sécheresse et des températures élevées à la fin du cycle culturel, qui correspond au début de l'été. Les performances des cultivars dans ces conditions sont généralement très variables. **(BOUZARZOUR.H, 1995)**. La famille des Poacées comprend l'orge, une monocotylédone. Sa classification dépend de la fertilité des épillets latéraux, de la densité de l'épi et de la présence ou non de barbes. Au stade végétal, elle se caractérise principalement par un feuillage vert clair, une ligule très développée, des oreillettes glabres et un fort tallage herbacé. L'inflorescence est un épi, généralement de couleur brune. Chaque article est équipé de trois épillets à flore unique : un médian et deux latéraux. Lors du battage, le grain est recouvert de lamelles qui ne s'en séparent pas, ce qui augmente la teneur en cellulose brute. **(BOUZARZOUR.H, 1995)**

I. 2.Histoire de l'orge :

Hordeum vulgare L. est une culture céréalière à cycle court et à maturation précoce dérivée de l'espèce mère *Hordeum spontaneum*. Il y a près de 13 millions d'années, l'orge a évolué à partir du blé (*Triticum aestivum* L.). Il y a 32 espèces identifiées dans l'*Hordeum*, qui ont leur origine dans l'Asie du Sud-Ouest il y a 12 millions d'années et en Amérique du Nord il y a 4 millions d'années. La famille des Triticeae, une sous-famille de la famille des graminées Poaceae, comprend l'orge. Le blé et le seigle font partie de cette famille.**(Bothmer et Komatsuda, 2011)**

L'orge est la quatrième céréale la plus importante au monde après le blé, le maïs et le riz **(Brown et al., 2001)**. Chaque variété a son propre port de croissance et type de tête de graine. Chaque noeud de l'orge à six rangs contient trois grains, ce qui lui confère une apparence « à six rangs » . L'orge à deux rangs a moins de graines mais plus grosses par tête que l'orge à six rangs, qui a plus de graines. Les variétés d'orge d'hiver doivent être vernalisées car elles sont sensibles aux jours courts. Une plante doit être exposée à des températures froides (0-7 ° C) pendant environ 30 jours pour qu'elle fleurisse au printemps et produise du grain sans diminuer son rendement lors de la vernalisation. **(Schmuetz, 1978)**.

L'orge est plus adapté aux sols secs et à forte salinité que le blé. D'autre part, l'orge est sensible à de nombreux ravageurs, maladies et risques météorologiques similaires au blé et n'est pas adapté à une humidité élevée et à des environnements humides. (**Harman et al., 1988 ; Ulrich, 2011**).

1.2.1-Origine de l'orge :

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.) est une espèce originaire de l'agriculture, avec une constitution génomique diploïde (2n-14). Nous avons trouvé l'orge à deux rangs, qui remonte au Néolithique, dix ans avant JC, dans le croissant fertile du Moyen-Orient. Il est le plus ancien vestige de culture de l'orge. L'orge est issue des espèces sauvages de *Hordeum spontaneum*, encore présentes aujourd'hui au Moyen-Orient.

1.2.2-L'orge d'un point de vue mondial :

Presque tous les continents cultivent une grande quantité d'orge qui joue un rôle essentiel dans la vie de nombreuses personnes. En 2014, la production mondiale d'orge a diminué de 178 millions de tonnes métriques (MMT) à 144 MMT. Plus de 78 % de l'orge mondiale est produite en Europe et en Asie. En 2014, les trois principaux producteurs mondiaux d'orge étaient la Russie (20 444 258 tonnes métriques), la France (11 770 682 tonnes métriques) et l'Allemagne (11 562 800 tonnes métriques). La part de l'Amérique du Nord est d'environ 11 % (**FAOSTAT, 2016**).

La production de malt est principalement basée sur l'orge en Allemagne, au Royaume-Uni, en France et en Belgique. **Selon Ulrich (2011)**, 94 % de l'orge des pays mentionnés ci-dessus est destinée à la fabrication de bière, 4 % à la distillation du whisky et 2 % à l'alimentation. Ces dernières années, la consommation de bière a entraîné une augmentation de l'utilisation et de la production d'orge comme produit de malt.

Selon le poids sec, l'orge se classe cinquième parmi les cultures les plus cultivées à l'échelle mondiale et quatrième parmi les céréales les plus cultivées. Dans les années 1980, la production d'orge était deux fois supérieure à celle du soja (*Glycine max*), mais a depuis diminué de 12 % (**Ulrich, 2011**). La production d'orge a été influencée par des facteurs tels

que les limitations technologiques, les réglementations gouvernementales, les cultures plus rentables et le climat.

1.2.3-En Algérie :

Les cultures les plus importantes en Algérie sont le blé (2,69 millions de tonnes en 2006) et l'orge (1 235 880 tonnes). Il s'agit de la seconde céréale la plus cultivée après le blé, avec une superficie de 1 300 000 à 1 400 000 ha. Il se trouve dans une zone où les précipitations annuelles ne dépassent que rarement 400 mm. Il se rencontre surtout dans les zones arides et semi-arides. La quantité de pluie annuelle sur près de 2,9 millions d'hectares oscille entre 200 mm et 800 mm. Selon (**Mouhouche et al,2007**), cette variation témoigne d'une production annuelle moyenne d'environ 22 millions de quintaux et d'un rendement moyen d'environ 7 q/ha.

Toutefois, en 2005, la wilaya de Sétif confirme sa position de premier producteur céréalier d'Algérie avec une récolte estimée à plus d'un million de quintaux, tandis que les wilayas de Bordj Bou Arreiredj, Sétif et Mila représentent la production d'orge en 2004 (262 000 q). (**Anonyme,2005**)

1.2.4-Classification de l'orge :

Le tableau suivant montre la classification de l'orge.

Tableau 1 : Classification de la culture d'orge (**Chadefaud et Emberger,1960 ; Part,1960**).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous Classe	Commelinidae
Ordre	Poale
Famille	Poaceae (ex Graminées)
Sous Famille	Hordeoideae
Tribu	Hordeae (Hordéés)
Sous Tribu	Hordeinae
Genre	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Hordeum vulgare.L</i>

I.3. Caractères morphologiques :

La graine est un fruit à cotylédon unique. Il est composé du germe qui donne naissance à la plantule, de l'endosperme ou de l'albumen, un tissu de réserve qui fournit au germe les réserves nécessaires à sa croissance, et des enveloppes protectrices qui sont composées de la paroi de la graine (testa) et de la paroi du fruit (péricarpe) (**Doumandji. A, 2003**).

L'orge est une graine couverte, ce qui signifie que les lamelles adhèrent au grain et ne se séparent pas lors du battage. Les principales parties qui composent un grain d'orge sont, de l'intérieur vers l'extérieur :

- L'embryon (plantule complète)
- Endosperme (magasin d'alimentation)
- La couche d'aleurone, périphérique (réservoir enzymatique)
- Le péricarpe-testa (membrane semi-perméable)
- Et le mur extérieur

1.3.1-Le cycle de développement :

Le cycle de croissance des céréales se divise en trois phases principales. La phase végétative s'étend de la germination jusqu'aux premières phases de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire le début de la croissance.

Depuis le début de la montée jusqu'à la fécondation, la période de reproduction.

Pendant la période de maturation de la fertilisation, le grain atteint sa pleine maturité. (**Salfer GA, 2002**)

a-La période végétative :

- **Germination** : La germination de ces graines englobe tous les processus qui commencent avec la réhydratation de la graine jusqu'à la sortie de la radicule (Soltner.D, 2007).
- **Émergence** : La croissance de la radicule, de l'axe de l'hypocotyle (Dicotylédones) ou de la coléoptile (Monocotylédones), ainsi que de la gemmule ou de la première feuille, suit la germination (**Soltner.D, 2007**).
- **Tallage** : Le tallage commence par l'émergence de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale, suivie de l'émergence d'autres talles, formant ainsi

un plateau de tallage situé à l'horizontale. La fin du tallage est celle de la fin de la période végétative, et elle marque le début de la phase reproductive (Hadria. R, 2006)

b-La période de reproduction :

- **Epiaison** : c'est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à l'émergence complète de tous les épis de la gaine de la dernière feuille (Zibouche.M, 2016), (Giban.M, 2003).
- **Floraison** : Les premières étamines apparaissent en dehors des épillets au milieu de l'épi, sur 50% des épis. Les grains se forment à la moitié de leur développement lorsque les grains du tiers moyen de l'épi sont développés. Ils évoluent en deux étapes :
 - **Le stade laiteux** : correspond à la période où le grain vert clair, contenant du lait, atteint sa plus grande taille ; (il renferme encore 50% d'humidité et le stockage des protéines atteint sa limite).
 - **Le stade pâteux** : correspond à la période où le grain, d'un jaune-vert, s'écrase facilement ; (le grain a perdu son humidité et l'amidon s'est formé). (Zibouche.M, 2016), (Giban.M, 2003).

c-La période de maturation :

Au cours de cette dernière phase, l'embryon se développe et l'albumen se nourrit de produits de réserve.

On constate une augmentation du volume et du poids des grains. Le stade laiteux marque la fin de la phase (le grain s'écrase aisément, laissant un liquide blanchâtre). Par la suite, la masse fraîche des grains ne cesse d'augmenter, tandis que celle des tiges et des feuilles diminue. Le stade pâteux marque la fin de la phase.

À ce stade, le grain se brise, créant une pâte.

Le grain devient finalement dur et jaunâtre. Cela correspond à la phase de maturation physiologique (Boufenar. Z, 2006).

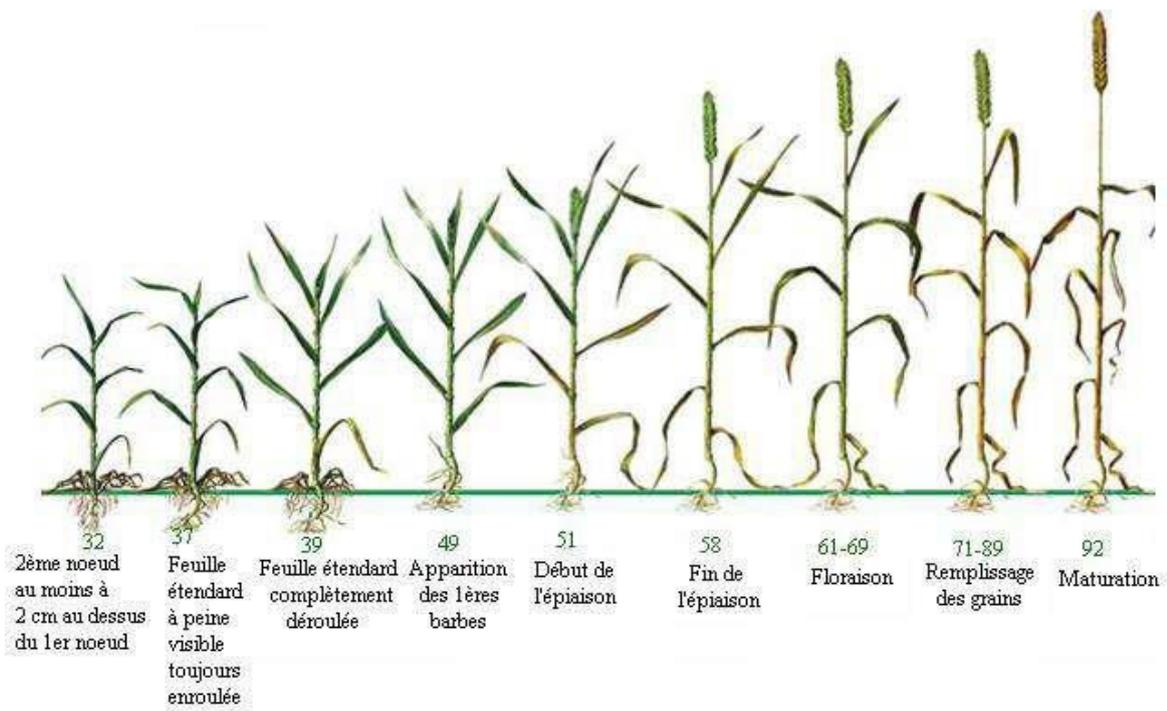
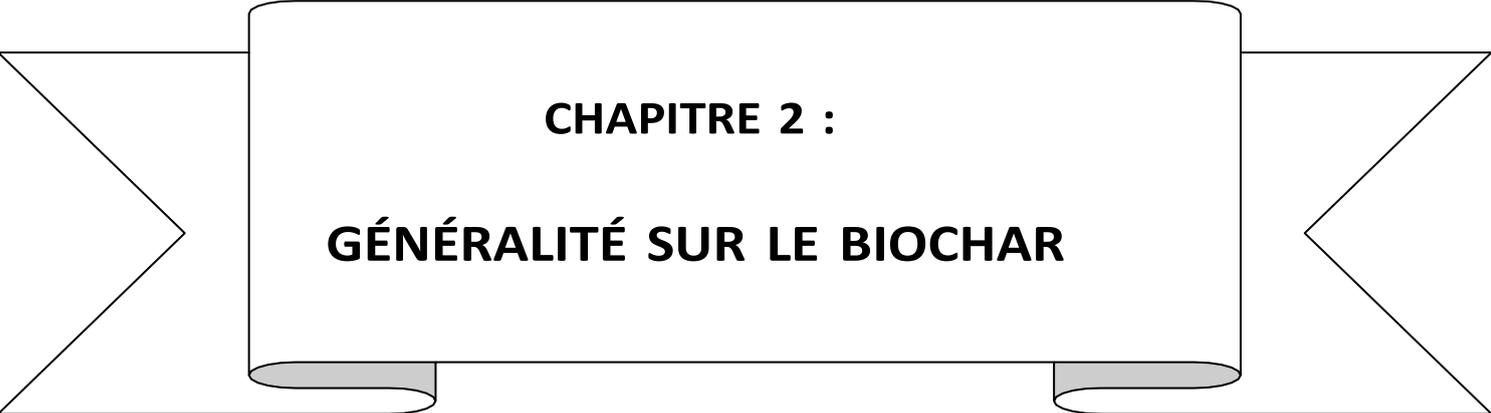


Figure 1: Les stades de développement de l'orge (Zadoks et al., 1974).



CHAPITRE 2 :

GÉNÉRALITÉ SUR LE BIOCHAR

2.1- Définition du biochar :

Le biochar a suscité un vif intérêt à l'échelle mondiale ces dernières années. La pyrolyse est un produit carboné microporeux qui se forme lors de la thermo-dégradation de la biomasse (matières organiques) en l'absence d'oxygène. Selon **(Lehman, 2009)**, il se différencie du charbon de bois (obtenu par carbonisation) à usage énergétique en raison de son orientation à être utilisé comme amendement du sol.

Le biochar est un produit issu de la pyrolyse du charbon à grain fin. En utilisant cette méthode, la matière première subit une transformation chimique afin de créer des structures plus résistantes à la dégradation microbienne que le matériau initial. Qui sont très nombreux. Beaucoup de sources différentes. Les matériaux de type Biochar générés par les feux de forêt jouent déjà un rôle essentiel dans le cycle global du carbone du sol.

(Lehmann et al., 2009)

Le biochar présente une grande stabilité chimique et biologique, ce qui lui permet de survivre dans la nature pendant de longues temporalités. Le biochar conserve ses propriétés à long terme après son dépôt. La demi-vie du biochar est très peu connue car la récurrence du biochar est fortement influencée par divers facteurs tels que le type de biomasse utilisé pour la pyrolyse et la production. Les conditions, les caractéristiques du sol et le climat sont essentiels (Lehmann et al., 2006).

2.2- Histoire du Biochar :

L'origine du biochar proviendrait des pratiques agricoles des habitants d'Amazonie qui incorporaient de grandes quantités de charbon au sol ainsi que des fumiers et autres engrais biologiques pour améliorer les rendements de leurs cultures **(Sohi, 2012)**.

Au XIX^e siècle, on a découvert un sol amazonien noir, la "terra Preta", qui est très riche en carbone, combiné à des sols gris sédimentaires pauvres. Ce sol, parfois très épais (1 m), est constitué d'un mélange de sol existant, de petites particules de charbon de bois, de minéraux de bois et de matière organique humifiée. Selon Michel **(Mustin ,2013)**, cette fertilité serait attribuable à une forte proportion de carbone (9 % de carbone et plus par rapport aux sols gris locaux à 5 % MO et moins).



Figure 2 : La terra preta (Bruno Glaser et al,2001)

2.3- Production de biochar :

Il existe de nombreuses façons de fabriquer du biochar , mais toutes impliquent de chauffer la biomasse avec peu ou pas d'oxygène pour chasser les gaz volatils , laissant le carbone derrière. Ce processus simple est appelé décomposition thermique, généralement par pyrolyse ou gazéification. (Lehmann , 2007) .

Production du biochar par le procédé de pyrolyse : La pyrolyse qui produit le biochar utilise une biomasse riche en cellulose comme matière première telle des copeaux de bois, des résidus de l'agriculture. La biomasse riche en carbone est brûlée dans un four industriel sous haute température et dans un environnement pauvre en oxygène. (Laurin Lanctôt , 2015). Cette pyrolyse génère 50 % du carbone sous forme de biochar qui est utilisé principalement comme amendement au sol et un autre 50 % du carbone sous forme de bioénergie telle des gaz synthétiques ou des huiles pouvant être utilisées pour produire de la chaleur et / ou de l'énergie (Laurin - Lanctôt , 2015) .

2.4- Propriétés du biochar :

En fonction de la matière organique employée et de la température appliquée, il est possible d'obtenir diverses variétés de bio charbon. Les propriétés physico-chimiques qu'ils ont sont donc très variables, comme la porosité, la surface spécifique, la composition minérale et la capacité d'échange cationique.

Le biochar se distingue par sa forte teneur en carbone aromatique. Il se distingue également par un transport efficace de gaz. Grâce à sa présence de pores micro et macro, qui captent l'air et l'eau, il constitue un environnement favorable pour les microorganismes en leur assurant les divers besoins métaboliques (Lehmann et al., 2011 in Héla, 2016).

2.5- Biochar comme amendement du sol pour l'assainissement :

Impact du biochar sur les propriétés physico-chimiques du sol :

Malgré le potentiel du biochar pour accroître la capacité du sol à retenir l'eau, cette capacité peut être fortement impactée par l'hydrophobicité du biochar. D'après (Devi et Saroha, 2015), le biochar à pH élevé permettrait d'augmenter significativement le pH d'un sol ayant des propriétés neutres à basiques, tandis que celui d'un sol ayant des propriétés acides n'augmenterait que légèrement. La corrélation entre l'effet du biochar et la capacité cationique échangeable du sol a été démontrée à plusieurs reprises.

2.6- Effet du biochar sur les propriétés du sol :

Selon (Joko et al., 2013), la présence de biochar sur la couche arable a une influence importante sur l'environnement environnant, notamment en ce qui concerne la profondeur, la porosité, la texture, la structure, la consistance et la densité attendue. Toutefois, cela entraîne une modification des propriétés du sol, ce qui a un impact direct sur la croissance de la plante (Saxena et al., 2014). En préparation du sol, la présence de biochar a un impact sur la perméabilité du sol, sa réaction à l'eau, son gonflement et son rétrécissement, ainsi que son agrégation et sa réactivité aux variations de température ambiante. Selon (Oleszczuk et al. 2013), cela entraîne une modification des caractéristiques physiques du sol, ce qui entraîne une augmentation de la surface spécifique totale du sol, ce qui améliore indéniablement l'aération et la structure du sol. La porosité du biochar contribue à améliorer la qualité du sol et l'habitat des champignons mycorhizes (Kim et al., 2015). Il favorise l'échange de cations et d'anions dans le sol, ce qui améliore ses caractéristiques et augmente le pH et les niveaux totaux de P et N, tout en réduisant les niveaux potentiels d'aluminium. Cependant, le biochar atténue la sécheresse en augmentant la teneur en humidité du sol, ce qui réduit également le lessivage des nutriments et l'érosion du sol (Ma et al., 2014). En conséquence, la surface du biochar contient une variété de groupes chimiquement actifs, tels que les cétones, les diols et les acides carboxyliques, ce qui crée un potentiel important d'adsorption d'éléments nocifs comme le manganèse (Mn) et l'aluminium (Al) dans les sols acides. et le plomb (Pb), le cadmium (Cd), l'arsenic (As), le nickel (Ni) et le cuivre (Cu) dans les sols alcalins.

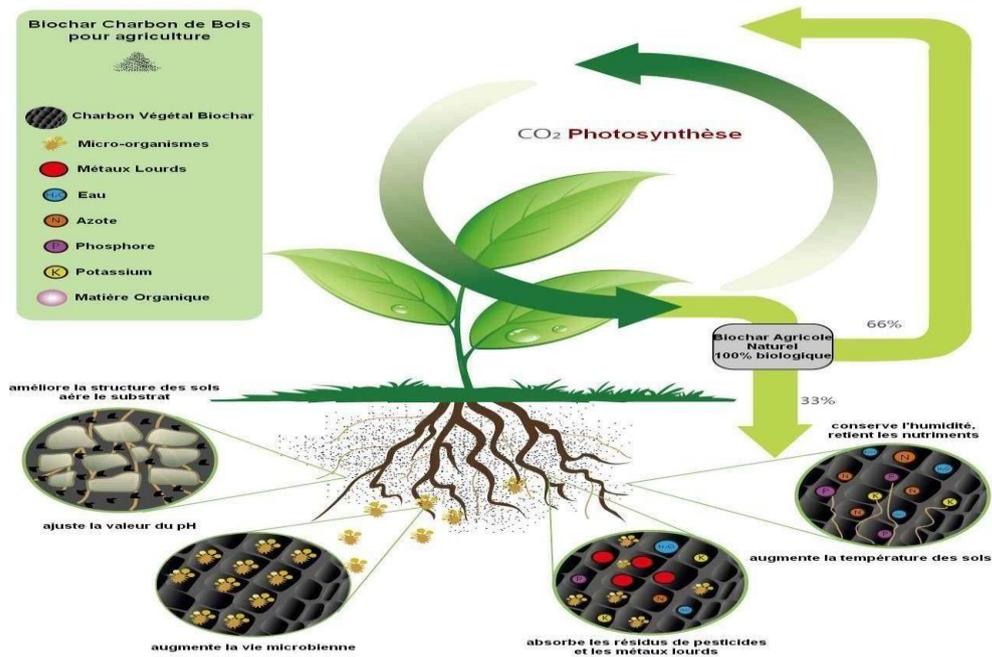


Figure 03 : Effet du biochar sur les propriétés du sol

2.7-Libération de nutriments du biochar :

Plusieurs recherches mettent en évidence comment le biochar augmente la disponibilité des nutriments, ce qui en fait un candidat idéal pour une utilisation en tant qu'engrais à libération lente dans le sol. Les propriétés de désorption sont le seul élément qui influence la vitesse avec laquelle les nutriments du biochar sont libérés (notamment ceux qui ont été adsorbés). Selon (Kuzyakov et al, 2014), ses caractéristiques pourraient influencer de manière significative la quantité de nutriments que le biochar peut absorber. D'après (Zhang et al, 2015), les températures de pyrolyse ont baissé de 650 à 450 °C, ce qui a conduit à une augmentation des taux de désorption de l'ammonium du biochar de feuillus d'environ 19 % à 29 % (Harvey et al., 2012).

2.8- Impact sur le rendement des cultures :

Le biochar de grande qualité joue le rôle d'une éponge en retenant de l'eau et des nutriments dans le sol, permettant ainsi aux racines d'une plante d'accéder à des nutriments. Cependant, l'ajout de biochar améliore la production végétale. Lors d'une expérimentation sous serre, des auteurs ont signalé une hausse importante (jusqu'à 96 %) des rendements de radis suite à l'utilisation de biochar issu de la litière de volaille. Ils ont suggéré que cette

augmentation du rendement est principalement due à la capacité du biochar à augmenter la disponibilité de N. (Chanet et al., 2008)

Lorsqu'il est utilisé avec un engrais azoté, le biochar peut accroître la consommation d'azote des végétaux, ce qui pourrait améliorer les rendements des cultures. Cela peut être attribué soit à une réduction de la perte d'azote due à l'augmentation de la CEC du sol, soit à la capacité du biochar à empêcher la transformation du N-NO₃ et du N-NH₄ libérés par les engrais (Steiner et al., 2007).

Tableau 02 : Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les Principales Cultures Tempérées **Pro-Natura 2015** .

type de culture	Auteurs	Localisation	Type de sols	Quantité de biochar (t/ha)	Augmentation de rendement (%)
Riz	Lugato et al.	Nord d'Italie	Aguichapludal f	40	36%
Riz	Zhang et al.	Shenyang, Chine	loam sableux	30	40%
Maïs	Uzoma et al.	Tottori, Japon	sol sableux	15	150%
Maïs	Peng et al.	Yingtian, Chine	Ultisol	2.4	64%
Soja	Tagoe et al.	Gifu, Japon	-	3.8	43%
Blé	Van Zwieten	NSW, Australie	Ferralsol	2	170%
Blé	Vaccari et al.	Postoia, Italy	loam limoneux	30	33%
Colza	Pervej-Ahmed et al.	Saskatchewan, Canada	loam brun	1	20%
Orge	GathorneHardy et al.	Angleterre	sol léger	20	43%
Choux	Jia et al.	Nanjing, Chine	fimiorthicanthrosol	30	96%
Radis	Chan et al.	NSW, Australie	Chromosol	10	42%

2.9- Biochar et gaz à effet de serre :

Le biochar diminue les émissions du sol en CO₂ et méthane, mais aussi en protoxyde d'azote (N₂O ou oxyde nitreux), trois gaz à effet de serre préoccupants pour le climat (Rondon et al , 2007) .

Une étude récente estime qu'au moins 12 % des émissions de gaz à effet de serre émis par l'activité humaine pourraient être compensés par le développement du bio - charbon (Devd , 2015) .

Le réacteur ne produit aucune émission de gaz à effet de serre (GES) à l'exception du CO2 recyclé lors de la régénération de la biomasse renouvelable. Les bénéfices du charbon vert sont les suivants :

En évitant la pression sur les forêts, il est possible de remplacer le bois par d'autres biomasses renouvelables. Cette évitement de déforestation entraîne une accumulation de carbone supplémentaire par rapport au scénario de référence.

- ✓ Évite de faire brûler en plein air les résidus agricoles traditionnellement utilisés, ce qui contribue à diminuer les émissions de CO2, NH4 et N20.
- ✓ La production traditionnelle de charbon de bois entraîne des émissions de CH4. Cette technologie permet une augmentation significative de l'efficacité de la carbonisation (entre 30 et 45 %) par rapport aux méthodes classiques (entre 10 et 15 %). Selon (Pro Natura ,2010).

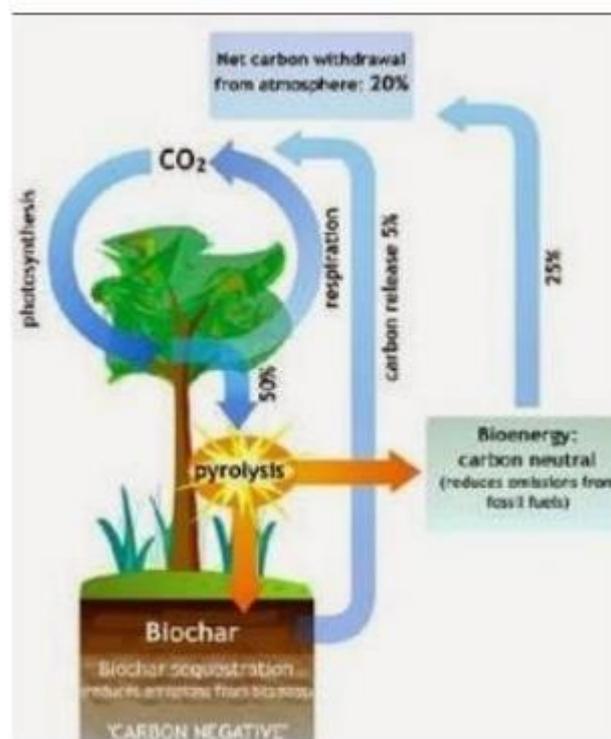
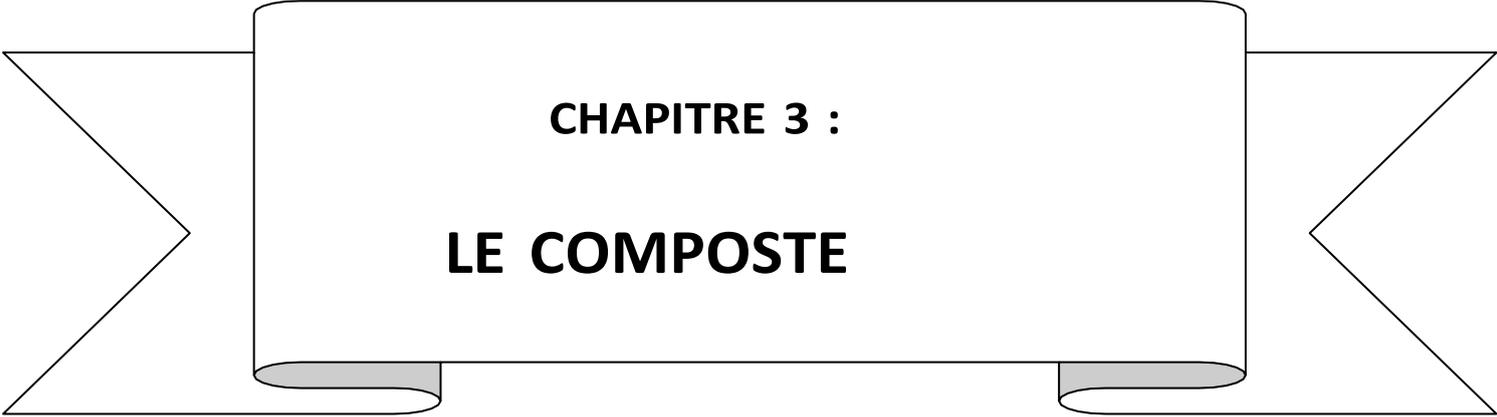


Figure 4: Le Biochar: Système Pour Piéger le Dioxyde de Carbone dans le Sol (Devd , 2015) .

2.10-Orge et biochar :

Des recherches ont été menées sur les conséquences des biochars sur le rendement de l'orge, mais très peu d'études se sont focalisées sur des éléments de rendement spécifiques. , l'ajout de 10 tonnes par hectare d'acacia (*Acacia* spp. tige, branche et écorce) de biochar et de compost (fumier et litière de bétail et résidus de culture) au Nitisol subsaharien a entraîné une augmentation significative du nombre de talles et de la teneur en chlorophylle des feuilles. Cela a été attribué à l'amélioration de la capacité de rétention d'eau du sol, à un pH plus élevé et à une augmentation du COS, du N, du P, du K et du sol.

les éléments de rendement et de formation de l'orge étant semblables à ceux des autres céréales (**Slafer 2002**), les effets des biochars sur ces éléments de rendement peuvent être similaires chez l'orge. Selon (**Soliaiman et al.,2010**), il a été prouvé que les biochars augmentent le rendement en grain dans certaines situations, mais pas dans d'autres



CHAPITRE 3 :
LE COMPOSTE

3.1-Définition du compost :

Plusieurs interprétations du composte épeurent exister selon que les auteurs prennent en compte le caractère naturel des transformations observées et des réactions biochimiques ou la maîtrise de la technique par l'homme.

Pour **Mustin (1987)**, le considère comme étant un procédé biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits. **Hoitink(1995)**, voit dans le compostage une technique artificielle qui démarre et se poursuit sous conditions maîtrisées au lieu d'accepter le résultat d'une décomposition naturelle incontrôlée. (**Znaïdi.2001**).

Quant aux **Suisses Gobat Et Al ;(1998)**, le compostage est un procédé de traitement intensif des déchets organiques, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes. (**Znaïdi .2001**).

Le compostage un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. **Godden (1986)**

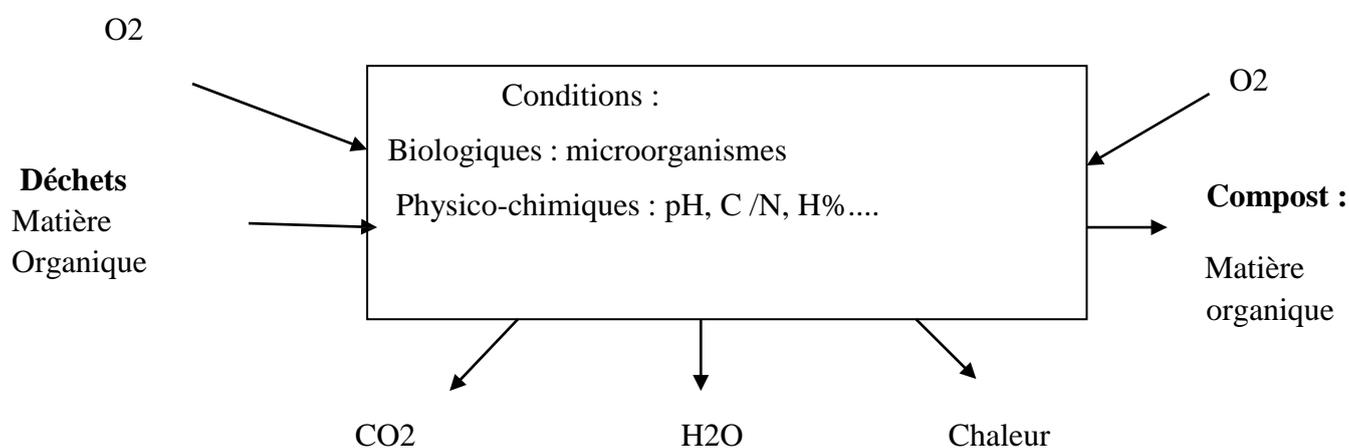


Figure 5 : Représentation schématique du principe de compostage (**Charnay, 2005**).

3.2-Les phases du processus de compostage :

- **3.2.1. La phase mésophile :**

Il s'agit de la première étape du compostage. Les micro-organismes mésophiles indigènes (principalement des bactéries et des champignons) envahissent les matières premières, ce qui entraîne une augmentation de la température (de 10 à 15 °C à 30 à 40 °C), un dégagement important de CO₂ (ce qui entraîne une diminution du rapport C/N) et une acidification. Plus de 75% de la perte de poids sec est causée par la dégradation de la cellulose pendant cette phase.

- **3.2.2 .La phase thermophile :**

Au centre du tas, on atteint des températures élevées (environ 60 à 70°C) pour les composts agricoles, auxquelles ne résistent que des microorganismes thermotolérants ou thermophiles (arrêt de l'activité des champignons, développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles).

La phase présente des pertes plus importantes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH₄⁺) qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH₃) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau. La libération de CO₂ peut provoquer une perte de poids sec allant jusqu'à 50% à la fin des phases thermophiles.

La phase thermophile est caractérisée par des températures élevées qui ne touchent que le centre du tas. Il est nécessaire de reprendre les matières situées en bordure du tas par un ou deux retournements. La succession des trois phases (mésophile, thermophile et refroidissement) est observée après un retournement (ITAB, 2001), mais les températures atteintes en phase thermophile diminuent progressivement au fur et à mesure des retournements.

Grâce à cette méthode, il est garanti que tous les éléments du tas passent par les différentes étapes de compostage, ce qui garantit un produit final homogène et complètement assaini

- **3.2.3.La phase de refroidissement :**

C'est la phase intermédiaire entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle prend fin avec le retour à la température ambiante. Le milieu est colonisé de nouveau par des micro-organismes mésophiles. Ils dégradent les polymères restés intacts en phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes (Znaïdi ,2001).

• 3.2.4. La phase de maturation :

L'activité microbiologique de cette phase est limitée (recolonisation par des champignons), mais elle est adaptée à la colonisation par la macrofaune, notamment les lombrics, lorsque ceux-ci se trouvent dans l'environnement du tas. On stabilise et humifie les matières organiques par rapport aux matières premières mises à composter. La phase de maturation est relativement rapide par rapport aux trois premières phases. Cependant, la durée et l'intensité des variations varient en fonction des matériaux de départ et des conditions techniques dans lesquelles le compostage est réalisé.

Il est donc impossible de déterminer les dates des retournements selon un calendrier précis, mais elles sont déterminées par la diminution de la température. A priori, la phase de maturation se poursuit jusqu'à la mise en place du compost.

Une période de maturation ne peut être définie car elle dépend de la composition des matières premières.

Toutefois, il est envisageable de différencier les composts des déchets lignocellulosiques qui peuvent être utilisés après 6 semaines (la phase de maturation est alors très courte, voire inexistante), des composts de déchets ligneux (comme les déchets verts par exemple) qui ne sont généralement utilisés qu'après 6 mois (Znaïdi, 2001).

3.2-L'activité des êtres vivants dans le compostage :

Les organismes présents dans le compost ne sont ni parasites ni pathogènes. Ces organismes naturels ne décomposent que des déchets végétaux et animaux. (Znaïdi, 2001).

Les micro-organismes :

La température du compost est rapidement élevée grâce aux micro-organismes.

Les bactéries :

Dès le début du processus, ils se retrouvent dans la masse des déchets organiques. Elles sont actives durant toute la durée du compostage, surtout lorsque la phase thermophile est à une température élevée. Elles se multiplient très vite. L'utilisation de résidus organiques est possible grâce à la multiplication rapide et à la diversité des espèces. (Zegels, 2012).

Les champignons :

Ils s'attaquent principalement aux substances qui sont résistantes aux bactéries. Ils jouent ainsi un rôle essentiel. Les champignons ne peuvent pas supporter des températures supérieures à 50°C, c'est pourquoi on les trouve principalement en bordure du compost.

Les actinomycètes :

Les actinomycètes se concentrent sur les étapes finales du compostage en attaquant les structures plus solides telles que la cellulose et la lignine (comme les composants du bois).

À ces trois types de micro-organismes s'ajoutent des algues, des virus et des protozoaires dans le compost (Zegels, 2012)

Les macro-organismes :

Les terriers des grands lombrics contiennent des morceaux de feuilles ou même des feuilles entières. Ils ingèrent ainsi un mélange de débris organiques et leurs excréments offrent un environnement idéal pour les activités microbiologiques qui produisent le compost mûr. De nombreux macro-organismes apparaissent principalement pendant la phase de maturation du compost.

Les vers de terre (de grande variété), les insectes, les acariens, les gastéropodes, les myriapodes, les cloportes et d'autres macro-organismes sont les principaux macro-organismes du compost. (Zegels, 2012).

3.3-les facteurs influent sur le compostage :

Plusieurs éléments peuvent avoir un impact sur l'efficacité du compostage, tels que :

3.3.1-Température :

La température joue un rôle crucial dans l'évaluation de l'efficacité du compostage. Le processus de compostage évolue tout au long de sa durée et, en fonction de la température, il peut être classé en quatre étapes : mésophile, thermophile, refroidissement et maturation (Chen et al., 2015).

L'avantage relatif d'un micro-organisme sur un autre est déterminé par la température, ce qui entraîne le compostage. De plus, la température joue un rôle crucial pour garantir la présence d'aucun microbe nocif, mais précieux, dans les produits de compostage pour les plantes. Selon (Ravindran et Sekaran 2010), des températures supérieures à 55°C peuvent entraîner la mort des parasites et des agents pathogènes, assurant ainsi les conditions sanitaires optimales.

3.3.2-Aération :

Le compostage est fondamentalement un processus aérobie dans lequel l'O₂ est consommé et le CO₂ et le H₂O sont libérés (**Awasthi et al., 2014**).

Selon Gao et al. (2010), le taux d'aération a un impact sur les activités microbiennes lors du processus de compostage, ce qui a un impact sur la qualité du compost. Selon Sundberg et Jonsson (2008), une aération plus importante peut également provoquer une évaporation et un refroidissement plus rapides du compost, et si cela se produit pendant la phase thermophile, cela peut entraver la décomposition (**Gao et al., 2010**). Il est donc primordial de maintenir l'aération dans une zone adéquate.

Teneur en humidité :

La teneur en humidité est essentielle dans le processus de compostage car elle influence le taux d'absorption d'oxygène, la température, l'espace libre et l'activité microbienne (**Petric et al., 2012**).

la teneur en humidité ne pourrait pas être très faible car, d'une part, elle est essentielle à la distribution des nutriments solubles nécessaires à l'activité métabolique microbienne (Guo et al., 2012), et d'autre part, une très faible teneur en humidité entraînerait une déshydratation. durant les premières étapes du processus de compostage, ce qui pourrait entraver l'activité biologique (**Makan et al., 2013**).

Rapport C/N :

Le C et le N sont particulièrement importants parmi les trois nutriments car le C est utilisé comme source d'énergie et le N est utilisé pour construire la structure cellulaire (**Chen et al., 2015 ; Iqbal et al., 2015**).

Le rapport carbone/azote (C/N) est un élément crucial du processus de compostage. Il représente la proportion de carbone (C) par rapport à l'azote (N) dans la matière organique en cours de décomposition. Un rapport C/N adéquat est essentiel pour garantir une activité microbienne optimale et une décomposition efficace de la matière organique, aboutissant à la production d'un compost riche en nutriments et bénéfique pour le sol (**Igoni et al., 2008**).

- **Si le rapport C/N est trop élevé (supérieur à 30):** Il y a un manque d'azote disponible pour les micro-organismes. Cela ralentit le processus de compostage et peut entraîner une accumulation de matériaux non décomposés.
- **Si le rapport C/N est trop faible (inférieur à 20):** Il y a un excès d'azote par rapport au carbone. Cela peut conduire à la libération d'ammoniac sous forme de gaz, avec une odeur

désagréable. De plus, un excès d'azote peut entraîner la salinisation du sol, le rendant impropre à la croissance des plantes (**Chen et al., 2015**) .



MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. L'objectif de ce travail :

L'objectif de cette étude était d'examiner les effets d'apport de biochar et de compost dérivés localement du palmier dattier et la fertilisation minérale sur la performance de la culture d'orge et les propriétés du sol.

2. lieu d'étude :

Cette expérimentation a été réalisée en 2023-2024 dans le champ expérimental du Département d'Agronomie (Université Mohammed Khider Biskra) en serre pour une seule variété d'orge.

3. Matériel :

Matériel Végétale :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude c'est l'espèce d'orge, variété Saïda. C'est une variété précoce à haut rendement adaptée aux conditions climatiques de la région Elle est très commerciale avec une longue durée de stockage et de conservation.

Les produits utilisés :

➤ Amendement organique et engrais :

Les amendements du biochar et le compost ont été utilisés en agriculture pour améliorer la fertilité des sols et la productivité des cultures. Pour obtenir ces amendements durables, il est avantageux d'être dérivé de résidus disponibles localement. Pour cela, le biochar et le compost utilisé dans le cadre de ce travail provenait essentiellement de la pyrolyse et le compostage du bois des palmes du palmier dattier.

➤ **Compost :**

Dans notre essai on a utilisé le compost provient de l'unité de fabrication du compost "*Palm Compost*" située au niveau de la commune de Chetma, Wilaya de BISKRA, ce compost est fabriqué suivant la technique de production par andain sous les conditions aérobioses est à base des déchets de palmier dattier.



Figure 06 : le composte utilisé « *Palm Compost* » (photo original)

Tableau03: Analyses du compost « *Palm Compost* »

<u>Analyses du compost</u>	
Carbone Organique (C) %	33.72
Matière Organique (MO) %	58
Azote total (N) %	3.18
C/N	12.54
pH	7.47
Potassium échangeable (K) ppm	164.1
Potassium total (K t) %	0.41
Phosphore assimilable (P) ppm	20.85
Phosphore total (Pt) %	0.27

➤ **Fumier :**

Le fumier a été récupéré d'un tas situé au niveau de la ferme de l'institut, il est d'origine ovine et provient des régions de Biskra. C'est un fumier âgé d'au moins une année de couleur foncé.

➤ **Biochar :**

Le biochar que nous avons utilisé s'est produit selon le procédé de pyrolyse lent dite conventionnelle à partir des palmes de palmier dattier, on a utilisé un four à moufle de forme rectangulaire et à chargement vertical « marque Nabertherm D-2804 », qui se trouve au niveau des laboratoires du hall technologique de l'université de Biskra. La température appliquée est de 400°C pendant deux heures de carbonisation ; cette température se fixe à l'avance selon un programmeur avec commande. Le produit final du biochar s'est préparé pour l'utiliser dans l'amendement des parcelles de l'essai après broyage puis tamisage.

➤ **Engrais minéral :**

Nous avons utilisé trois types d'engrais suivants : Engrais phosphaté (TSP 46%), engrais potassique (K_2SO_4 50%) et l'engrais azoté (Urée 46%).



Figure07. Engrais utilisés dans l'essai (Omari ; 2023)

4.Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un bloc complet randomisé avec quatre traitements et un témoin représenté par l'apport des amendements organiques compost, fumier, biochar et un engrais minéral avec quatre (4) répétitions soit au total 28 parcelles.

Nous avons préparé des sous-parcelles de 4 m de long sur 1,2 m de large pour une superficie de 4,8 m². Dans chaque parcelle ce qui fait 5 lignes et l'espace entre les lignes 25 cm.

Ecartement entre les parcelles élémentaires 0.5m

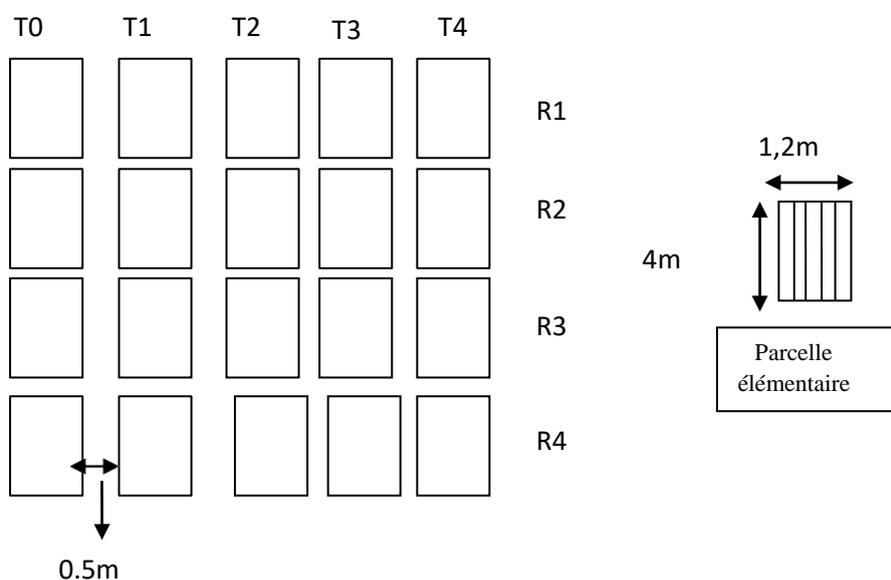


Figure 08: schéma du dispositif expérimental

Tableau04 : Traitements et nombre de répétition de l'essai

		Traitements						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R(répétition)	R1	T0	Com	Eng	Fum	Bio	Eng +Bio	Com +Bio
	R2	Bio	T0	Fum	Bio	Com	Eng +Bio	Com +Bio
	R3	Fum	Bio	T0	Com	Eng	Eng +Bio	Com +Bio
	R4	Eng	Fum	Com	Bio	T0	Eng +Bio	Com +Bio

T0 : témoin

Com : compost

Eng : Engrais

Fum : Fumier

Bio : Biochar

4. Analyse laboratoire :

❖ Analyse des eaux :

Echantillonnage des eaux : Dans notre travail, on a utilisé l'eau du département d'agronomie -Biskra :

Tableau05 : La qualité d'eau d'irrigation département d'agronomie -Biskra

Analyses	Results
PH	7.23
CE(ds/m)	4.84
Résidu sec(g/l)	3.09
Cl-(mg/l)	270
CO3-(mg/l)	0
HCO3-(mg/l)	315
SO4-(mg/l)	114.31
Mg+(mg/l)	9.44
Ca++(mg/l)	33.192
Na+(mg/l)	62.10
K+(mg/l)	0.9

❖ Analyse de sol :

Les analyses de sol jouent un rôle essentiel dans la production agricole et la gestion des éléments nutritifs.

L'analyse du sol se fait en trois étapes : d'abord, le prélèvement d'un échantillon représentatif dans chaque champ ou parcelle, puis l'analyse de l'échantillon afin de connaître les quantités de nutriments disponibles, et enfin, les résultats d'exploitation pour établir les doses optimales d'engrais.

❖ Technique d'échantillonnage :

Nous avons extrait trois échantillons de sol de serre avant le semis à une profondeur de 20 cm et 40 cm du début, du milieu et de la fin de la serre. Nous avons prélevé des échantillons de chaque parcelle après la récolte pour effectuer les analyses de laboratoire nécessaires.

❖ La préparation des échantillons:

Les échantillons des sols prélevés ont été séchés dans l'étuve. Après le séchage vient le broyage et enfin le tamisage avec un tamis de 2 mm



Figure 09 : préparation des échantillons (photo original)

5.Méthodes d'analyses chimiques :

- ✓ Toutes les analyses des échantillons du sol, sont effectuées au niveau de laboratoire de département des sciences agronomiques de l'université de Biskra.
- ✓ Les différents protocoles que nous avons utilisés dans le dosage des paramètres chimique ont été donnés dans l'annexe 1.

➤ **PH :**

Mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode en verre, par la méthode électro métrique avec un rapport **1/2.5**. Il est nécessaire de connaître la réaction de la solution du sol, car celle-ci joue un rôle important dans l'absorption des différents éléments minéraux par le végétal ainsi que leur solubilisation ou leur fixation (rétrogradation), et sur les activités microbiennes dans le sol.



Figure 10 : Détermination du pH (photo original ; 2024)

➤ **la conductivité électrique :**

Déterminée par un conductimètre à une température de **25°C** avec un rapport sol/solution de **1/5**. Et en fonction de la concentration de sel dissout dans la solution du sol, et la mesure de la CE très important pour connaître l'adaptation de sol à la culture.



Figure11 : Détermination de la CE du sol (photo original ; 2024)

➤ **Dosage de potassium K^+ échangeable :**

Le dosage de Potassium a été réalisé par l'appareil photomètre à flamme type *JUNWAY PFP*



Figure12 : dosage de K^+ (photo original ; 2024)

Dosage du Mg^{+2} et Ca^{+2} :

Le dosage de Magnésium a été fait par l'EDTA

➤ **Capacité d'échange cationique CEC:**

On a réalisé l'analyse par centrifugeuse à 3000 t/min à 5min



Figure13 : capacité d'échange cationique CEC (photo original ; 2024)

➤ **L'azote total du sol :**

L'azote total est déterminé par la méthode de **KJELDAHL**.



Figure14 : L'azote total (photo original ; 2024)

Fertilisation :**Calcul des doses d'engrais et amendements organiques :**

1/ La surface totale pour la parcelle :

$$\text{Longueur} \times \text{largeur} : 4 \times 1,2 = 4,8 \text{ m}^2$$

2/ engrais utilisés :

Il ya

- Azote (N): 125 kg/ha
- Phosphore (P): 35 kg/ha
- Potassium (P): 85 kg/ha

➤ **Pour l'azote utilisé l'engrais urée 46%**

$$\begin{array}{lcl} 100 \text{ kg} & \longrightarrow & 46 \text{ kg N} \\ X & \longrightarrow & 125 \text{ kg} \end{array} \quad X = 271,73 \text{ kg / ha (d'urée)}$$

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$$

$$\begin{array}{lcl} 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 271,73 \text{ kg} \\ 4,8 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \end{array} \quad X = 130,4 \text{ g d'urée / parcelle}$$

➤ **Pour le phosphore utilisé l'engrais TSP 46% :**

$$\begin{array}{lcl} 100 \text{ kg} & \longrightarrow & 46 \text{ kg P} \\ X & \longrightarrow & 35 \text{ g} \end{array} \quad X = 76,8 \text{ kg / ha (TSP)}$$

$$\begin{array}{lcl} 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 76,8 \text{ kg} \\ 4,8 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \end{array} \quad X = 36,86 \text{ g de TSP / parcelle 4,8}$$

➤ **Pour le Potassium utilisé K₂SO₄ 51%:**

$$\begin{array}{lcl} 100 \text{ kg} & \longrightarrow & 51 \text{ kg K} \\ x & \longrightarrow & 85 \text{ kg} \end{array} \quad X = 166,66 \text{ kg / ha de K}_2\text{SO}_4$$

$$\begin{array}{lcl} 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 166,66 \text{ kg} \\ 4,8 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \end{array} \quad X = 80 \text{ g de K}_2\text{SO}_4 / \text{ parcelle } 4,8$$

Fumier et compost:

$$\begin{array}{l} 10000 \text{ m}^2 \\ 4,8\text{m}^2 \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 27000 \text{ kg / ha} \\ x \end{array} \quad X= 12,96 \text{ kg / parcelle } 4,8$$

➤ **Pour la quantité de compost + Biochar utilisé pour parcelle :**

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \\ 4.8\text{m}^2 \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 1\text{kg de biochar} \\ x \end{array} \quad X=4.8\text{kg de biochar}$$

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \\ 4.8\text{m}^2 \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 3.5\text{kg de compost} \\ x \end{array} \quad X=16.8\text{kg de compost}$$

Donc la quantité de compost + Biochar :

$$\text{kg de biochar} + 16.8\text{kg de compost} = 21.6\text{kg de compost + Biochar}$$

➤ **Pour la quantité de Biochar + engrais utilisé pour parcelle :**➤ **Engrais :**

- Urée : 46%(N) • N=12g/m²
- K₂SO₄ :52%(K) • P=3.5g/ m²
- MAP : 61%(P) • K=4.8g/ m²

✓ Pour l'azote utilisé l'engrais Urée : 46%(N) :

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \\ 4.8\text{m}^2 \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 12\text{g} \\ x \end{array} \quad X=57.8\text{g N}$$

$$\begin{array}{l} 100\text{g} \\ x \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 46 \text{ N} \\ 57.8\text{g N} \end{array} \quad X= 125.2\text{g de Urée / parcelle}$$

- Pour le phosphore utilisé l'engrais MAP : 61% (P) :

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \longrightarrow 3.5\text{g} \\ 4.8\text{m}^2 \longrightarrow x \end{array} \quad X=16.8\text{g P}$$

$$\begin{array}{l} 100\text{g} \longrightarrow 61\text{P} \\ x \longrightarrow 16.8\text{g} \end{array} \quad X= 27.54 \text{ g de MAP / parcelle}$$

- Pour le potassium utilisé l'engrais K_2SO_4 : 52%(K) :

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \longrightarrow 4.8\text{g} \\ 4.8\text{m}^2 \longrightarrow x \end{array} \quad X=23.04\text{g K}$$

$$\begin{array}{l} 100\text{g} \longrightarrow 52\text{K} \\ x \longrightarrow 23.04\text{g} \end{array} \quad X= 44.30 \text{ g } \text{K}_2\text{SO}_4 \text{ de / parcelle}$$

Biochar:

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^2 \longrightarrow 1\text{kg de biochar} \\ 4.8\text{m}^2 \longrightarrow x \end{array} \quad X=4.8\text{kg de biochar}$$

6. Conduite de l'essai :

6.1. Travail du sol :

Préparation manuelle du sol Un labour profond de 40 cm a été réalisé au mois de (**février 2024**) pour :

- ❖ Briser les couches dures et imperméables sous la surface du sol
- ❖ Aération le sol, l'air qui pénètre dans la terre permet la vie et le développement de tous les petits organismes et champignons nécessaires à la fertilité du sol et au développement de l'humus.
- ❖ Eliminer les Caillaux et les racines des mauvaises herbes.

6. 2. Epannage des engrais :

Nous avons ajouté du potassium et du phosphore avant le semis

L'azote a été apporté en trois étapes pour éviter les pertes par lessivage :

Première rentrée au stade 2/3 feuilles (**21/03/2024**)

Deuxième apport au début du tallage (**10/04/2024**)

Troisième promotion au stade de montaison (**20/04/2024**)

6. 3. Le semis :

Le semis manuel des gaines est effectué le (**22/02/2024**) à une profondeur de 2-3 cm.

6. 4. Arrosage :

On a appliqué une irrigation par submersion.

6.5. La Récolte :

La récolte de notre essai est manuelle a été effectué le (**06/06/ 2024**). Les parcelles élémentaires ont été récoltées et mises dans des sachets.

7. Outils Statistique :

Les données recueillies pour l'ensemble des caractères étudiés ont été soumises à une analyse de la variance avec le logiciel XLSTAT 2010. L'analyse de la variance effectuée est à deux facteurs (fumier, compost, engrais, biochar). Les moyennes sont comparées à l'aide du test de Newman-Keuls(SNK).



RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les analyses physiques et chimiques sont effectuées au niveau des laboratoires du département des sciences agronomiques

5.1. les caractérisations chimique du sol avant les traitements :

Les tableaux 06, ci-dessous résumant l'ensemble des analyses du sol avant la mise en place de notre essai.

T	0-20	20-40
PH	7,39	7,7
CEC	4,5	1,6
MO	1,9	
Sulfate	0,09	0,12
Cuco3	37,33	36
carbonates	/	/
bicarbonates	3,7	0,9
K	0,06	0,03
Na	6,95	5,7
CE	3,33	4

Tableau 06: l'ensemble des analyses du sol avant la mise en place

5.2. Evaluation de l'effet des traitements sur les propriétés chimiques du sol :

Les traitements du sol par le compost , biochar , le fumier et l'engrais minéral ont une influence sur les paramètres chimique du sol les tableaux ci-dessous englobe les variations des paramètres chimiques étudié.

5.2. 1.pH des sols :

Les données de mesure sont dans l'annexe C

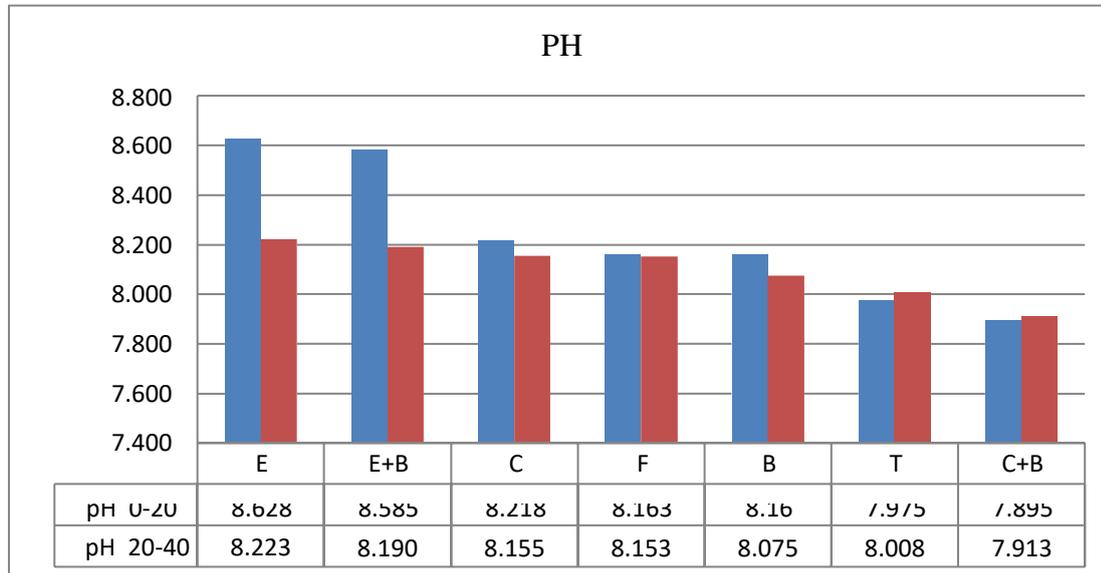


Figure15: la moyenne du pH des sols après traitements

Selon la classification du pH faite par (Baize ; 1988) , le pH des sols moyennement basique en profondeur (0-20 et 20-40cm).

Les valeurs allant de **7.895** pour le traitement (**C+b**) jusqu'au **8.628** pour le (**E**)

On Observe que l'échantillon du sol traité par (E) et par (E+b) on observe une augmentation du PH de sol par contre les sols traités (c+b) déamination les valeurs de PH par rapport au témoin ce ci visible pour les deux profondeurs (0-20 et 20-40cm)

5.2. 2. Conductivité électrique :

Les données de mesure sont dans l'annexe C

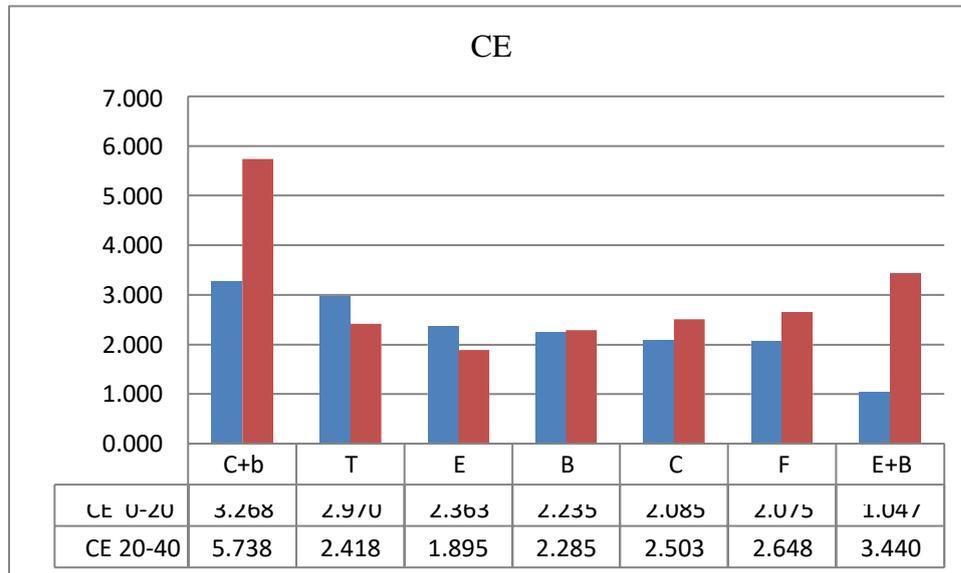


Figure16: La moyenne de la CE des sols après traitements

Selon la classification de la CE fait par (Aubert, 1978) , le sol avant la mise en culture (T) est très salé avec une valeur de 3.33 (ds/m).

On observe une large augmentation de la CE pour (C+b) dans les deux profondeurs avec (0-20) **5.738 (ds/m)** et **5.738(ds/m)** (20-40) par rapport les autres traitements

On remarque la plus faible valeur de CE et marquée dans le traitement (E+B) **1.048(ds/m)** dans la profondeur (0-20) et le **E =1.895(ds/m)** à la profondeur (20-40)

5.2. 3.La capacité d'échange cationique :

Les données de mesure sont dans l'annexe C

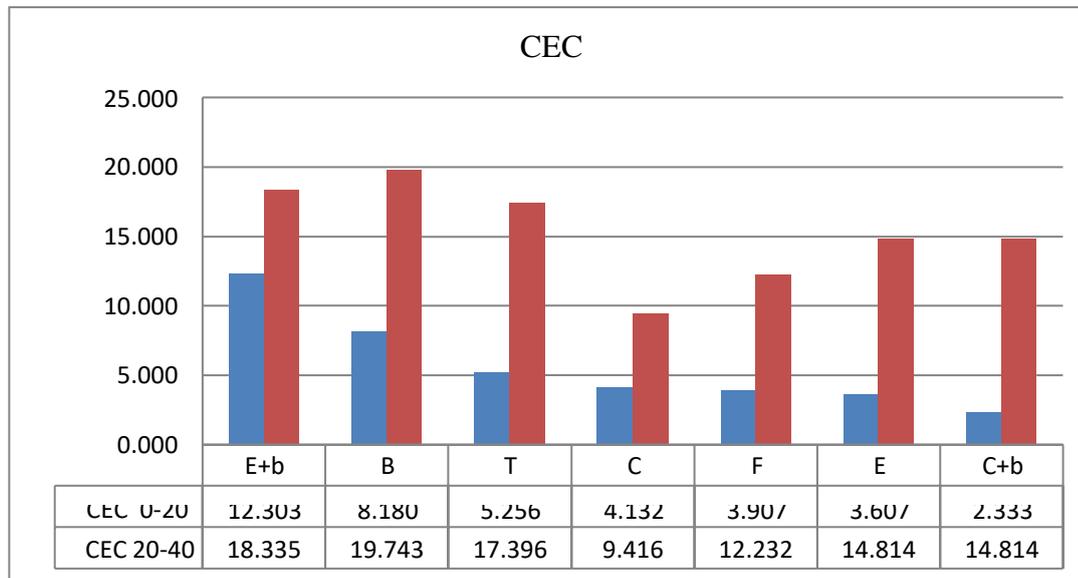


Figure17: La moyenne de la CEC des sols après traitement.

On observe d'après la figure 20 une augmentation de valeur de la CEC pour **C+b** avec **12.303 (meq/100g)** dans le profondeur (0-20) et **b = 18.335 (meq/100g)** à le le profondeur (20-40)

On remarque la valeur la plus bas de CEC dans le profondeur (0-20) c'est **C+b= 2.333 (meq/100g)** par rapport les autres traitements

5.2. 4.potassium K^+ échangeable :

Les données de mesure sont dans l'annexe C

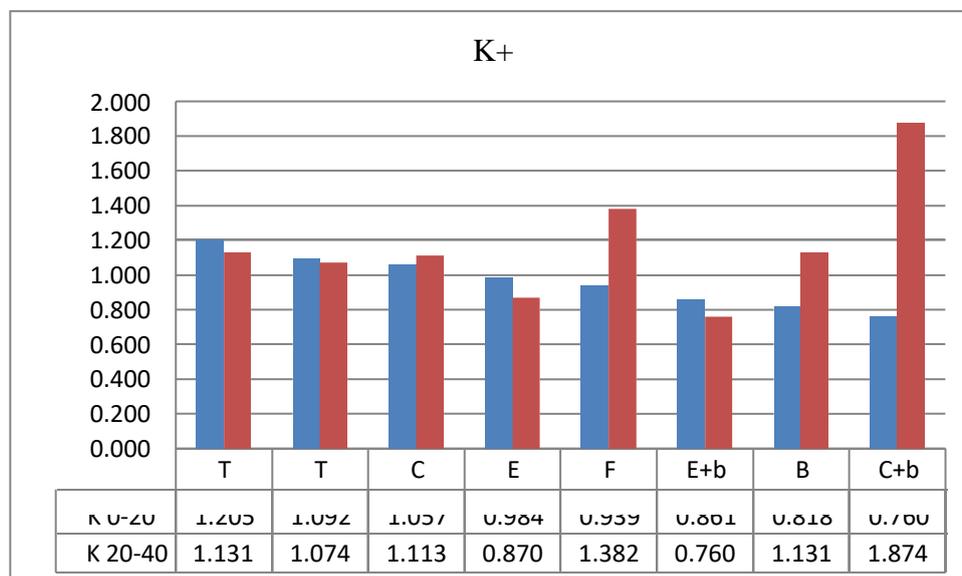


Figure18: La moyenne de la K^+ des sols après traitement.

On remarque d'après la figure une augmentation de la quantité de potassium dans le traitement T (témoin) **1.205ppm** dans le cas de profondeur (0-20)et dans(20-40) (C+b)=**1.874ppm** le plus élevé 1.874ppm et les quantité les plus bas ce sont (C+b) =**0.760ppm** dans le profondeur(0-20)et (E+b)= **0.760ppm** dans le cas de (20-40)

5.2. 5. Magnésium

Les données de mesure sont dans l'annexe C

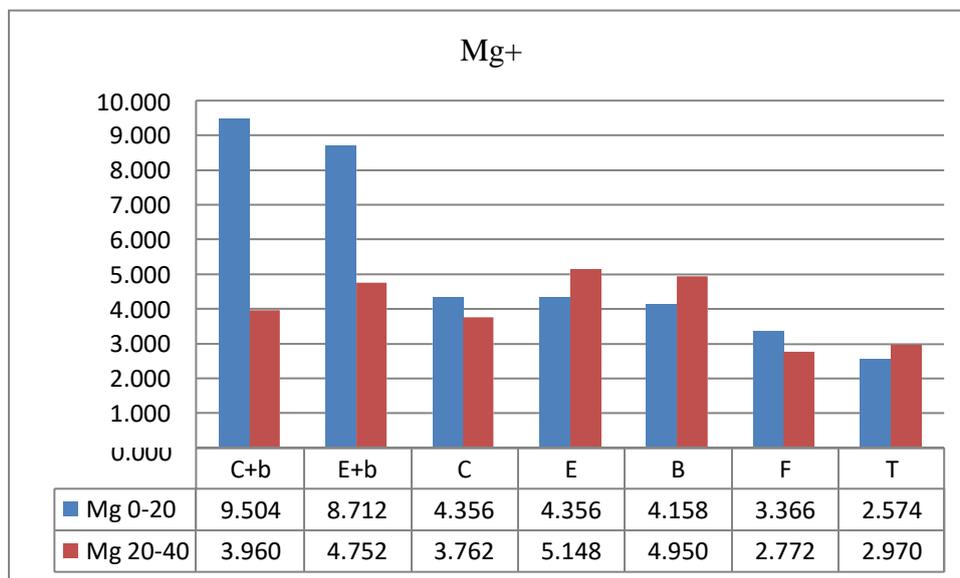


Figure19: La moyenne de la Mg⁺ des sols après traitement.

On remarque d'après la figure une augmentation de la quantité de Mg⁺ dans le traitement (C+b) **9.504ppm** dans le cas de profondeur (0-20)et dans(20-40) E=**5.148ppm** le plus élevé et les quantité les plus bas ce sont T =**2.574ppm** dans le profondeur(0-20)et F= **2.772ppm** dans le cas de (20-40)

5.2. 5.: Calcium

Les données de mesure sont dans l'annexe C

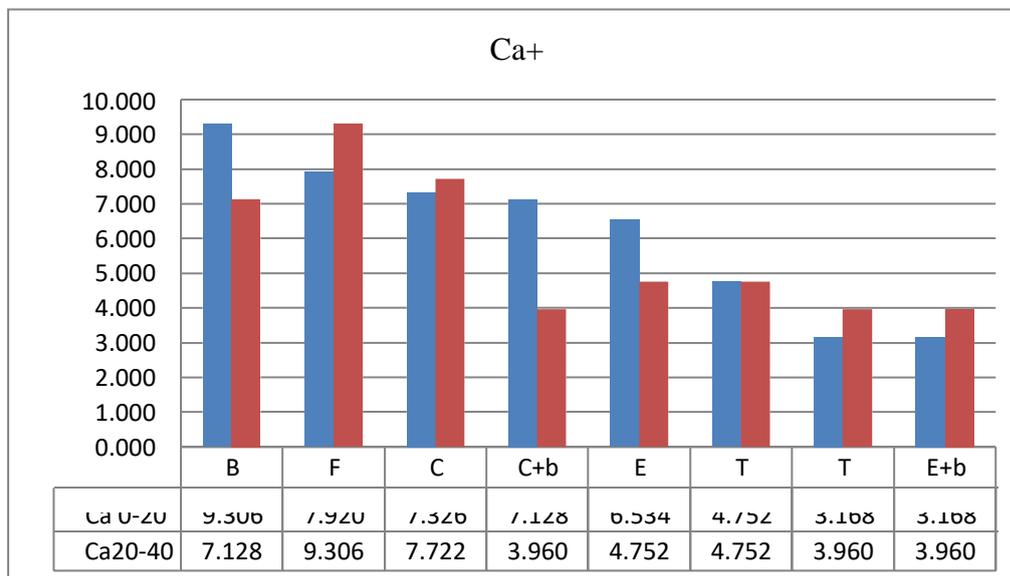


Figure20: La moyenne de la Ca⁺ des sols après traitement.

On remarque d'après la figure une augmentation de la quantité de Ca⁺ dans le traitement B= **9.306ppm** dans le cas de profondeur (0-20) et dans (20-40) F=**9.306ppm** le plus élevé et les quantité les plus bas ce sont T et E+b =**3.168ppm** dans le profondeur(0-20) et T et E+b et C+b= **3.960ppm** dans le cas de (20-40)

5.2. 6.Na⁺ échangeable :

Les données de mesure sont dans l'annexe C

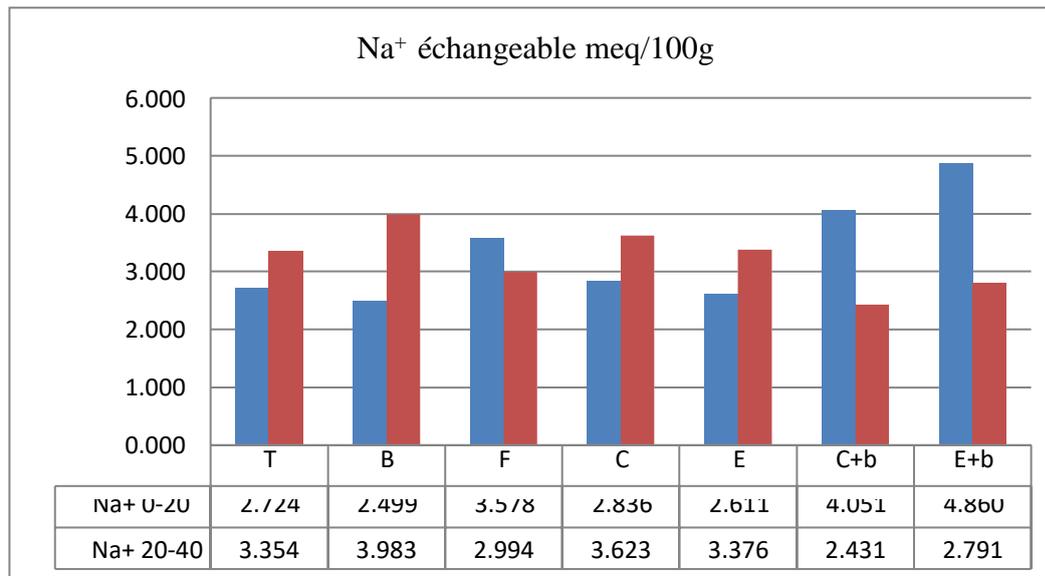


Figure 21: La moyenne de la Na⁺ des sols après traitement.

On remarque que le sodium est à la valeur la plus élevée lorsque la sol est traitée au Engrais + biochar à un taux de 4.86 meq /100g, suivi de la sol traitée au compost+biochar et estimée à 4.05 meq /100g tandis que témoin et biochar marqué la valeur la plus bas dans le cas de profondeur (0-20) est la valeur la plus élevé il marqué dans le traitement biochar à un taux 3.98 meq /100g suivi de la sol traitée au compost et estimée à 3.62 meq /100g ; tandis que compost+biochar marqué la valeur la plus bas dans le cas de profondeur (20-40)

5.2. 7. Azote Total :

Les données de mesure sont dans l'annexe C.

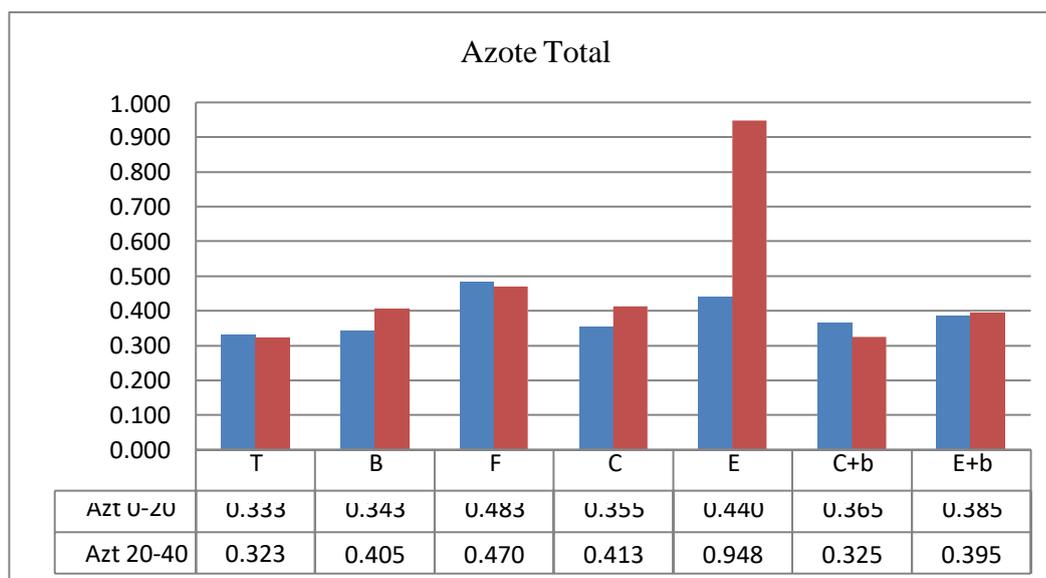


Figure22: La moyenne de la Azote total des sols après traitement

La figure (22) présente l'évolution d'azote totale dans les deux profondeurs. On remarque d'après la figure que le Fumier et l'Engrais marquent la valeur la plus élevée d'azote totale dans les deux profondeurs et aussi on remarque que la valeur la plus basse est dans le témoin dans les deux profondeurs.

5.3.étude statistique de l'influence des traitements sur les propriétés chimiques du sol

5.3.1. Influence des traitements sur le pH du sol :

Le trait statistique de l'influence des différentes modalités sur le PH du sol à donne une différence non significatif pour les deux profondeurs

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
E	8,628	A
E+b	8,585	A
C	8,218	A
F	8,163	A
B	8,160	A
T	7,975	A
C+b	7,895	A

Tableau 07: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (PH des sols 0-20)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
E	8,223	A
C	8,190	A
E+b	8,155	A
B	8,153	A
T	8,075	A
F	8,008	A
C+b	7,913	A

Tableau 08: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (PH des sols 20-40)

5.3.2. Influence du traitement sur la CE du sol :

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 03 groupes homogènes **A** et **B**, **AB** le premier groupe **A** regroupe les traitements(C+B), T, E, B, C, F Alors que le deuxième groupe **AB** regroupe les traitements E ; B ; C ; F et le troisième groupe **B** avec un moyenne (E+b)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
C+b	3,268	A	
T	2,970	A	
E	2,363	A	B
B	2,235	A	B
C	2,085	A	B
F	2,075	A	B
E+b	1,048		B

Tableau 09: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CE des sols 0-20)

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 04 groupes homogènes **A** et **B**, **BC** et **C**, le premier groupe **A** regroupe les traitements (C+b) Alors que le deuxième groupe **B** regroupe les traitements (E+b), T, E,C, F Et le troisième groupe **BC** regroupe les traitements ; F,C,T,B le quatrième groupe **C** avec un moyenne E

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
C+b	5,738	A	
E+b	3,440		B
F	2,648		B C
C	2,503		B C
T	2,418		B C
B	2,285		B C
E	1,895		C

Tableau 10: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CE des sols 20-40)

5.3.3. Influence des traitements sur le CEC du sol :

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 03 groupes homogènes **A** et **B** et **C**, le premier groupe **A**

regroupe le traitement (E+b) Alors que le deuxième groupe **B** regroupe le traitement B et le troisième groupe **C** regroupe les traitements T,C,F,E,(C+b)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
E+b	12,303	A	
B	8,180		B
T	5,256		C
C	4,132		C
F	3,907		C
E	3,607		C
C+b	2,333		C

Tableau 11: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CEC des sols 0-20)

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	19,743	A
E+b	18,335	A
T	17,396	A
C+b	14,814	A
E	14,814	A
F	12,232	A
C	9,416	A

Tableau 12: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (CEC des sols 20-40)

5.3.4. Influence des traitements sur le potassium K^+ échangeable du sol :

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification sur entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
E	8,628	A
E+b	8,585	A
C	8,218	A
F	8,163	A
B	8,160	A
T	7,975	A
C+b	7,895	A

Tableau 13: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (K^+ des sols 0-20)

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 03 groupes homogènes **A** et **B**, **AB** le premier groupe **A** regroupe les traitements (C+b), F, T, B, C, T, E Alors que le deuxième groupe **AB** regroupe les traitements F ; T ; B ; C ; T ; E et le troisième groupe **B** avec un moyenne (E+b)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
C+b	1,874	A
F	1,382	A B
T	1,131	A B
B	1,131	A B
C	1,113	A B
T	1,074	A B
E	0,870	A B
E+b	0,760	B

Tableau 14: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (K^+ des sols 20-40)

5.3.5. Influence des traitements sur le potassium Mg^+ du sol :

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification sur entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
E	5,148	A
B	4,950	A
E+b	4,752	A
C+b	3,960	A
C	3,762	A
T	2,970	A
F	2,772	A

Tableau 15: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Mg^+ des sols 0-20)

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 05 groupes homogènes **A** et **AB**, **B**, **BC** et **C**, le premier groupe **A** regroupe les traitements (C+b), (E+b) Alors que le deuxième groupe **AB** avec une moyenne (E+b) Et le troisième groupe **B** regroupe les traitements(E+b),C,E ,B le quatrième groupe **BC** regroupe les traitements C,E,B, le le cinquième groupe **C** regroupe les traitements F,T

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
C+b	9,504	A	
E+b	8,712	A	B
C	4,356		B C
E	4,356		B C
B	4,158		B C
F	3,366		C
T	2,574		C

Tableau 16: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Mg^+ des sols 20-40)

5.3.6. Influence des traitements sur le potassium Ca^+ du sol :

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification sur entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements et les profondeurs

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	9,306	A
F	7,920	A
C	7,326	A
C+b	7,128	A
E	6,534	A
T	4,752	A
T	3,168	A
E+b	3,168	A

Tableau 17: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Ca^+ des sols 0-20)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
F	9,306	A
C	7,722	A
B	7,128	A
E	4,752	A
T	4,752	A
C+b	3,960	A
E+b	3,960	A
T	3,960	A

Tableau 18: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Ca^+ des sols 20-40)

5.3.7. Influence des traitements sur Na^+ échangeable du sol :

L'analyse statistique a donné une significatif entre les moyennes des traitements d'où le test Newman-Keuls (95%) a donné 03 groupes homogènes **A** et **B**, **AB** le premier groupe **A** regroupe les traitements ((E+b) , (c+b) ,F) Alors que le deuxième groupe **AB** regroupe les traitements((c+b) ,F) et le troisième groupe **B** avec un moyenne ((c+b),F,C,T,E,B)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
E+b	4,860	A	
C+b	4,051	A	B
F	3,578	A	B
C	2,836		B
T	2,724		B
E	2,611		B
B	2,499		B

Tableau 19: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Na^+ des sols 0-20)

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification sur entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	3,983	A
C	3,623	A
E	3,376	A
T	3,354	A
F	2,994	A
E+b	2,791	A
C+b	2,431	A

Tableau 20: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (Na^+ des sols 20-40)

5.3.8. Influence des traitements sur azote total du sol :

L'analyse statistique a donné que les traitements n'a aucun signification sur entre les moyenne de traitement. Le test Newman-Keuls (95%) a donné un seul groupe homogène **A** pour tout les traitements et les profondeurs

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
F	0,483	A
E	0,440	A
E+b	0,385	A
C+b	0,365	A
C	0,355	A
B	0,343	A
T	0,333	A

Tableau 21: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (AzTdes sols 0-20)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
E	0,948	A
F	0,470	A
C	0,413	A
B	0,405	A
E+b	0,395	A
C+b	0,325	A
T	0,323	A

Tableau 22: Résultat du test de NEWMAN-KEULS (AzT des sols 20-40)

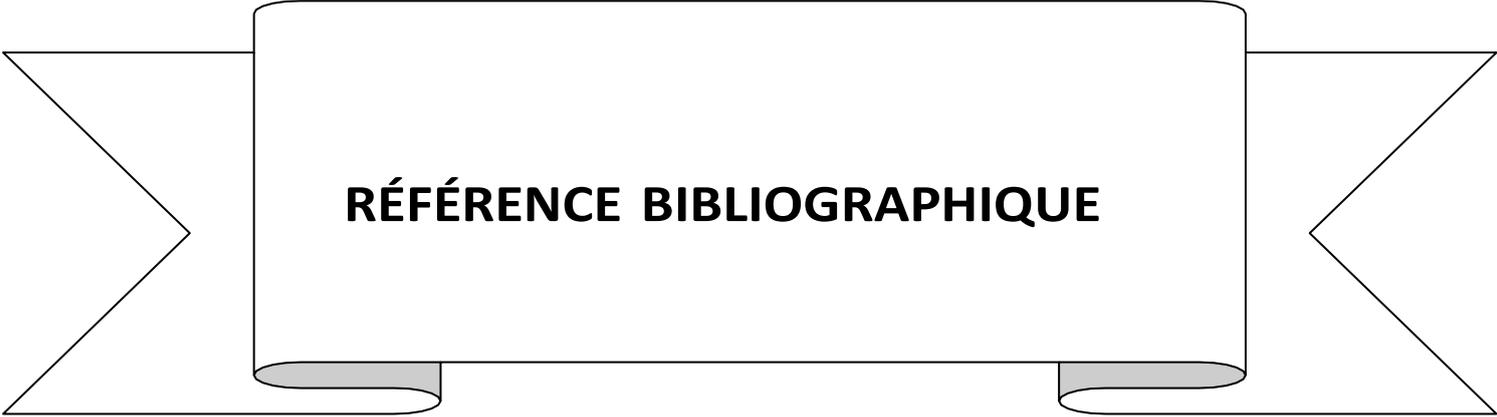


CONCLUSION

Notre étude a pour objectif de montrer l'effet de traitements du sol avec les engrais et fumier biochar compost sur la fertilisation. Les différentes mesures et analyses réalisées ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Le pH du sol traité a un caractère basique dans l'ensemble
- ❖ la conductivité a augmenté dans les deux profondeurs pour (C+b)
- ❖ Pour l'évolution de CEC montre qu'a donné une teneur le plus élevée dans le profondeur (20-40)
- ❖ L'épandage du engrais et Biochar a eu un impact positif sur L'amélioration des propriétés chimiques.

Ces résultats suggèrent qu'il faudra adopter une méthode de fertilisation qui consiste à associer le biochar à des fertilisants minéraux (engrais minéraux azotés) ou organique (compost ou fumier) pour garantir une augmentation durable de la production agricole. Ceci représente une option intéressante pour rétablir et ou préserver la fertilité des sols, augmenter les rendements des cultures tout en diminuant les conséquences néfastes des changements climatiques Grâce à la séquestration du carbone dans le sol et pour la mise en valeur des résidus de culture peu ou pas utilisés.



RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Référence bibliographique

- **Anonyme .,2005.** Production d'orge par wilaya en Algérie.
- **Boufenar, Z.2006.** Étude de la variabilité génétique de la résistance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat, Université de Batna.
- **BOUZARZOUR.H, et BENMAHAMMED.H, 1995.** analyse graphique d'un croissant diallèle d'orge, céréaliculture 28 : PP 9-12
- **Brown, W. L., & Sorrells, M. E ,2001.** Overcoming bottlenecks in barley breeding. In A. S. Basra (Ed.), *Heterosis and Hybrid Seed Production in Agronomic Crops* . Food Products Press. Pp123-137
- **CHADEFAUD H., ET EMBERGER L. , 1960** : Traité de botanique . Systématique. Collection science et Techniques agricoles 472 p
- **Chen, J., Sun, L., Li, X., Wang, Q., & Ren, B, 2015** .Effects of C/N ratio and aeration rate on microbial community structure and enzyme activities during composting of rice straw. *Bioresource Technology*, 185, 439-447
- **Doumandji, A.,2003.** Botanique générale et systématique.
- **FAOSTAT, 2016.** Production of crops bycountry. <https://www.fao.org/faostat/en/>
- **Giban, M.,2003** .Effet de la date de semis et du type de fumure sur la croissance et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivé dans les Hauts Plateaux de l'Est algérien. Thèse de doctorat, Université d'Annaba.
- **Glaser, B., Teixeira, W., Hauck, L., Bussinger, V., & Zimmermann, B. ,2001.**Terra Preta de Amazonia: A Historical Review. In *The European Amazon Research Network* Pp. 3-14.
- **Guo, X., Zhang, Y., Li, Y., Chu, H., & Zhou, L. ,2012.** Effects of moisture content on microbial community structure and enzyme activities during composting of maize straw. *Bioresource Technology*, 111, Pp 116-124.
- **Hadria, R.,2006.** Les céréales d'hiver : bases de production et techniques culturales.
- **Harman, G. E., & Uphoff, N,1988.** Biological control of soilborne pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 26(1), Pp 379-407.
- **Harvey, R. M., Herbert, R. B., & Cornelissen, G., 2012.** Carbon sequestration and nutrient retention by biochar in temperate upland soils. *Soil Science*, 177(4), Pp246-256.

Référence bibliographique

- **Héla, S. ,2016.** Le biochar: production, propriétés et applications potentielles pour l'amélioration de la fertilité des sols au Sahel. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada
- <https://www.semencemag.fr/orge-domestication-selection.html>
- **Igoni, B. O., Adebayo, A. A., & Jaiyeola, A. O.,2008.** Carbon mineralization, N-mineralization and microbial biomass dynamics during composting of cassava peel, banana peel and maize stover. *Bioresource Technology*, 99(11), 5151-5157.
- **Kim, S. Y., Kim, J. H., & Kim, W. I.,2015.** Biochar application enhances soil microbial activity and nutrient cycling in a maize cropping system. *Applied Soil Ecology*, 95, Pp 235-241.
- **Kuzyakov, Y., Wiedner, M., Ishii, T., & Bolshkov, S.,2014.**Biochar effects on soil microbial processes and greenhouse gas fluxes. *Biology and Fertility of Soils*, 50(2), Pp235-261.
- **Larbi M ; 2006 .** Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques, Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel Institut de Botanique
- **Lanctôt, L.,2015 .** Le biochar: production, propriétés et applications. Québec, Canada: Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.
- **Lehman, J. ,2009 .** Biochar and its effects on soil and crop productivity. In *Biochar for Environmental Management*. Pp 215-232
- **Lehmann, J.,2007.** A handful of carbon. In *Biochar for environmental management* Pp. 1-13
- **Lehmann, J., & Joseph, S.,2006.** Biochar for environmental management: An introduction. In *Biochar for environmental management*.Pp. 1-13
- **Lehmann, J., Gaunt, K., & Rillig, M.,2009.** Biochar and its effects on soil and crop productivity. In *Biochar for environmental management* Pp. 215-232
- **Makan, J., 2013.** Influence of water content on the course of composting of garden waste. *Journal of Environmental Management*, 128, Pp 8-1
- **Mouhouche, F. Z., Laamouri, A., & Benamara, A. ,2007.** Evolution de la production et des rendements céréaliers en Algérie de 1960 à 2005. *Cahiers Agricultures*, 16(2), Pp 147-154
- **MUSTIN M., 1987.** Le Compost, gestion de la matière organique, Paris, François Dubuse 954 p.

Référence bibliographique

- **Mustin, M.,2013.** La "Terra Preta" d'Amazonie: un modèle pour l'agriculture durable, Les sols du monde .Pp. 241-258
- **oko, B., Amin, S., Sakurai, K., & Ootabayashi, S., 2013.** Biochar effects on soil physical properties and rice yield on a degraded tropical peat soil. Soil Science and Plant Nutrition, 59(4), Pp599-612.
- **Oleszczuk, P., Skowron, A., Czyż, E. A., Stawińska, I., & Sławińska, J. ,2013.**Effect of biochar on soil properties and crop yield. Agronomy, 3(3), Pp 419-431.

- **Salfer, G. A. (2002) :** Le maïs : physiologie, culture et utilisation.
- **Saxena, J., Verma, P., & Chandra, K., 2014. Biochar: A new age elixir for soil fertility and sustainable agriculture.** Advances in Agronomy, Pp 124, 1-234.
- **Slafer, G. A., 2002.** Bread wheat: Genetics and breeding. CABI.
- **Sohi, S. P., 2012.** Biochar for climate change mitigation and soil enhancement. In Biochar for environmental management Pp. 45-66.
- **Soliaiman, N., Saidi, M. T., Aghaal-Ali, M., & Raddad, N. ,2010.** Effect of biochar on barley yield and some soil properties under rainfed conditions in Syria. Agronomy for Sustainable Development, 30(1), Pp 201-207.
- **Soltner, D.,2007.** Germination et émergence des plantules.
- **SOUFI S., 2021.** Etude comparative entre le compost du palmier dattier et quelques amendements organiques sur le sol et végétal (orge).Mem,univ.Biskra. 66pp.
- **Steiner, N., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Urbano, T. M., Zech, W., & Moreira, M. ,2007.** Microbial response to biochar amendment in humid tropical rainforest soils: Effects on microbial activity, organic matter decomposition and nitrogen cycling. European Journal of Soil Science, 60(4), Pp214-224.
- **Ulrich, D. , 2011.** The role of barley in the brewing industry. Journal of the Institute of Brewing, 117(4), Pp 381-390.
- **ZADOCH'S JC, CHANG T.T. , KONZAK CF, 1974 .** A decimal code for grow h stages of cereals. Weed 14, Pp: 415-4

- **ZEGELS, C.,2012.**Le compostage domestique: Guide pratique et scientifique.

Référence bibliographique

- **Zhang, L., Li, X., Liu, Z., & He, Y., 2015.** Effects of biochar on soil nitrogen transformations and greenhouse gas emissions in a rice field under flooded conditions. *Environmental Science & Technology*, 49(10), Pp 4005-4012.
- **Zibouche, M., 2016.** Étude de la variabilité génétique de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat, Université de Batna.
- **ZNAÏDIL., 2001.** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse de Master de science dégréé méditerrané en organique agriculture, C.I.H.E.A. M Méditerrané en Agronomie Institute of BARI, 85p
- **Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E., 2012.** Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. Oxford University Press.

A decorative banner with a central rectangular box containing the word "ANNEXES". The banner has a ribbon-like appearance with pointed ends and a slight 3D effect at the bottom.

ANNEXES

Annexe A

Protocole expérimental d'analyse du sol :

1. pH eau (1/2.5)

- Peser 10 g du sol.
- Ajouter 25 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.
- Agiter pendant 15 mn avec un agitateur magnétique.
- Laisser reposer 15 mn.
- Mesurer le pH à l'aide d'un pH mètre.

2. La conductivité électrique (1/5)

Mode opératoire

- Peser 10 g du sol.
- Ajouter 50 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.
- Agiter pendant 15 mn avec un agitateur magnétique.
- Laisser reposer 10 mn.
- Mesurer la CE à l'aide d'un conductivimètre.

Dosage de l'azote total (Méthode Kjeldahal)

Réactifs

- Acide sulfurique.
- Acide borique 2% : 2g/100ml
- Catalyseur : - 0.25g de sélénium.
- 1g de sulfate de cuivre.
- 1g de sulfate de potassium.
- Hydroxyde de sodium NaOH (10N) : 400gde NaOH/l eau distillée
- Indicateur de Tashiro : le mélange de rouge de méthyle et le bleu de méthylène
1 part de rouge de méthyle à 0.2 % dans l'éthanol (95%)
1 part de bleu de méthylène à 0.1 % dans l'éthanol (95%)

Mode opératoire

1. La minéralisation

- Peser 5g de terre fine, passée au tamis à maille de 2mm.
- L'introduire dans un matras de Kjeldahal de 500ml.
- Ajouter 1g de catalyseur.
- Ajouter 20ml d' H_2SO_4 concentré et homogénéiser par agitation.

- Porter à la rampe d'attaque sous hôte bien ventilée, chauffer d'abord à feu doux ; puis à feu vif jusqu'à l'obtention d'un liquide incolore. L'opération peut demander plusieurs heures. Chauffer encore ¼ h à ½ h après la décoloration.
- Laisser refroidir le matras.
- Récupérer la solution dans une fiole jaugée de 100ml
- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 100ml.

2. Distillation

- Prélever 20ml de la solution contenue dans la fiole pour la distillation. Verser ce Prélèvement dans un matrat.
- Ajouter 30ml NaOH (10N = 400g/l) et distiller en recueillant le distillat dans un bécher qui contient 10ml d'acide borique (2%) et un indicateur coloré mixte jusqu'à 80ml.
- Titrer avec l'acide sulfurique (0.05N)
- Faire un témoin avec la même méthode mais sans sol (minéralisation + distillation)

Calcul :

$$N\% = (n - n') * VV' * 0.05 * 1.4P$$

n : volume de l'échantillon (lue sur la burette).

n' : volume de témoin (lue sur la burette).

V : volume de la solution d'extraction (100ml).

V' : volume prélevé pour la distillation (20ml).

P : poids du sol (5g).

La capacité d'échange cationique

Réactifs

- Ethanol
- Acétate de sodium (CH_3COONa) 1N : 82.04g/1000ml
- Acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) 1N: 77.08g/1000ml

Solution standard (mère)

- Dissoudre 2.5418g de chlorure de sodium sec, dans un litre d'eau distillée. Cette solution contient 1000ppm de Na.

Solution fille

- Préparer une série de solution fille à partir de la solution standard : diluée 2, 4, 6, 8, 10, 15 et 20 ml de la solution standard dans 100ml d'eau distillée. Ces solutions contiennent 20, 40, 60, 80, 100, 150 et 200 ppm de Na

Mode opératoire

- Peser 5g de sol et verser dans un tube à centrifuger, ajouter 33 ml d'acétate de sodium et centrifuger pendant 5min à 3000 t/min.
- Répété cette opération 3 fois.
- Récupérer la solution dans une fiole de 100ml pour le dosage des bases échangeable K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺.
- Ajouter 33ml éthanol et centrifugé pendant 5min à 3000 t/min. Eliminer chaque fois le Surnageant
- Répété cette opération 3 fois
- Ajouter au culot 33ml d'acétate d'ammonium à 3 reprises (33ml, 33ml ,33ml), doser la CEC dans cette solution par le dosage du Na par le spectrophotomètre à flamme.

Calcul :

$$\text{CEC meq/100g} = \frac{\text{meq Na}}{L} \times \frac{A}{Wt} \times \frac{100}{1000}$$

A : volume total de l'extrait (100ml)

Wt : poids de sol sec (5g)

Annexes B



Photo : les parcelles



Photo : l'orge de semi



Photo : irrigation par submersion

Les stades du développement végétatives du l'orge :



Photo : stade levée



Photo : stade tallage



Photo : stade épiage



Photo : stade maturation

Annexes C

Tableau des résultats les paramètres chimique du sol

	PH		CE		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		K ⁺		CEC		Na ⁺		AZt	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
T	7.86	7.83	3.26	2.78	0.9	1.1	0.3	0.4	26.7	22.5	33	36	38	45	0.30	0.33
T	7.90	8.06	3.83	2.82	0.4	0.5	0.3	0.4	23.8	21.2	32	29	48	46	0.33	0.30
T	8.29	8.32	1.59	1.41	0.4	0.3	0.4	0.3	15.0	22.5	34	35	51	73	0.30	0.33
T	7.85	8.09	3.20	2.66	0.5	0.4	0.3	0.4	23.0	22.00	33	36	46	47	0.33	0.33
B	8.03	8.09	2.81	2.67	0.7	0.5	0.2	0.3	8.6	15.0	53	27	45	74	0.37	0.34
B	8.19	8.20	2.77	2.12	1.5	0.6	1.2	1.5	13.3	32.5	58	50	39	47	0.33	0.35
B	8.35	8.21	1.15	1.61	1.2	1.1	0.3	0.4	26.7	9.3	24	30	43	73	0.30	0.45
B	8.07	8.11	2.21	2.74	1.3	1.4	0.4	0.3	16	32.5	36	39	46	45	0.33	0.48
F	7.87	7.83	2.57	2.60	0.9	2.3	0.5	0.4	36.2	52.2	24	34	41	41	0.98	0.50
F	8.18	8.17	2.89	2.17	1.2	1.1	0.2	0.2	9.3	25.0	32	30	77	51	0.33	0.45
F	8.12	8.08	1.82	2.96	0.3	0.8	0.3	0.3	11.7	16.0	30	25	63	65	0.30	0.48
F	8.48	7.95	1.02	2.86	1.6	0.5	0.7	0.5	17.0	16.0	28	25	40	38	0.32	0.45
C	7.97	7.95	3.52	3.88	2.0	2.3	0.2	0.8	23.8	21.2	27	29	45	80	0.23	0.30
C	8.15	8.09	1.97	2.68	0.5	0.3	1.1	0.4	17.0	11.7	28	26	47	54	0.35	0.39
C	8.45	8.58	1.12	1.01	0.3	0.5	0.4	0.2	26.7	25.0	30	21	43	50	0.39	0.48
C	8.30	8.14	1.73	2.44	0.9	0.8	0.5	0.5	16.0	30.0	32	26	53	39	0.45	0.48
E	9.91	7.82	3.16	2.90	1.6	1.2	0.3	0.2	25	10	31	25	38	77	0.39	0.38
E	8.17	8.09	2.25	2.64	0.4	0.3	0.3	0.4	16.0	15.0	24	33	61	47	0.48	0.36
E	8.01	8.53	3.00	1.05	0.9	0.6	0.3	0.5	10.0	26.7	27	39	39	49	0.44	0.48

Annexe

E	8.42	8.45	1.04	0.99	0.4	0.3	1.3	1.5	26.7	17.0	28	28	40	39	0.45	2.57
C+b	7.90	7.92	3.28	5.74	0.9	0.5	1.2	0.5	15.0	37.0	23	31	50	42	0.35	0.31
C+b	7.90	7.92	3.28	5.74	0.9	0.5	1.2	0.5	15.0	37.0	24	32	51	41	0.36	0.32
C+b	7.90	7.92	3.28	5.74	0.9	0.5	1.2	0.5	15.0	37.0	22	30	70	43	0.37	0.33
C+b	7.90	7.92	3.28	5.74	0.9	0.5	1.2	0.5	15.0	37.0	24	32	71	44	0.38	0.34
E+b	8.58	8.13	1.03	3.44	0.4	0.5	1.1	0.6	17.0	15.0	57	35	70	47	0.37	0.38
E+b	8.58	8.13	1.03	3.44	0.4	0.5	1.1	0.6	17.0	15.0	56	34	71	48	0.38	0.39
E+b	8.58	8.13	1.03	3.44	0.4	0.5	1.1	0.6	17.0	15.0	55	35	69	46	0.39	0.40
E+b	8.58	8.13	1.03	3.44	0.4	0.5	1.1	0.6	17.0	15.0	58	36	68	45	0.40	0.41

Résumé :

Ce travail a été réalisé durant la campagne 2023-2024 au niveau du terrain expérimentale du département des sciences agronomiques de l'université de Biskra, la présente étude est une contribution à l'étude de l'effet de d'un biochar et compost sur les propriétés chimiques du sol

Dans notre étude, nous avons fait six traitements et un témoin T ; B (Biochar) ; C (Compost) ; E (engrais) ; F (fumier) ; c+b (compost+biochar) ; E+b (engrais+biochar), avec quatre répétitions . Des analyses Chimiques du sol.

Les résultats obtenus de cette étude montrent qu'il y a des effets positifs du biochar sur les propriétés chimiques du sol.

Les résultats de cette étude ont confirmé la possibilité d'améliorer les propriétés du sol de la région Biskra et d'augmenter la croissance et le rendement de la plante d'orge.

Abstract :

This work was carried out during the company 2023/2024 at the experimental field level of the department of agronomic sciences of the university of bisikra, the present study is a contribution to the study of the effect of a biochar and compost on the chemical properties of the soil in our study

We did six treatments and control T ,B (Biochar) ; C (Compost) ; E (fertilizer) ; F (manure) c+b (compost+biochar) ; E+b (fertilizer +biochar) with four repetitions. Chemical analyzes of the soil.

The results obtained from this study show that ther positive effects of biochar on the chemical properties of the soil .

The results of this study confirmed the possibility of improving the soil properties of the Biskra régions and increasing the growth and yield of the barley plant.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل خلال 2024/2023 على المستوى الميداني التجريبي لتقييم علوم الزراعة بجامعة بكرة و تتر الدراسة الحالية مساهمة تأثير الفحم الحيوي و الكومبوست على الخواص الكيميائية للتربة و في دراستنا قد قمنا بسنة عالجات وشاهد واحد يتمثل في تحكّم عالج ثاني أرضنا بيوشار عالج ثالث أرضنا كومبوست عالج الرابع سماد اصطناعي عالج خامس سماد طبيعي عالج سادس كومبوست و بيوشار و عالج سابع سماد صناعي و بيوشار بأربع تكرارات. التحليلات والكيمياء للتربة أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة أن هناك تأثيرات إيجابية للفحم الحيوي على الخواص الكيميائية ونمو النباتات . ومحصولها

.أكدت نتائج هذه الدراسة إمكانية تحسين خواص التربة في منطقة بكرة وزيادة نمو وإنتاجية نبات الشعير.