



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

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques Hydropédologie
Réf. :

Présenté et soutenu par :

OMARI FERDOUS

Le : Dimanche 25 juin 2023

Comportement du Biochar et de Compost sur le sol étude des paramètres chimiques du sol .

Jury :

Mr Bokhil.K	PRF	Université Biskra	président
Mr GUIMEUR.K	MCA	Université Biskra	Rapporteur
Mr BOUMARAF.B	MCA	Université Biskra	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant d'exposer ce modeste travail, je remercie Allah pour m'avoir donné la santé, la volonté, la force, le courage et la force pour surmonter les moments difficiles et atteindre mes objectifs.

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 durant les années **2018- 2023** .*

Ce travail est également dédié à chaque érudit et érudit qui a travaillé à construire ce pays pour rendre la science célèbre.

Dédicace

Tout d'abord, je remercie ALLAH qui m'a donné la force, la santé, le courage et la volonté, grâce à qui nous avons pu faire ce modeste travail.

Je remercie :

Particulièrement mon Encadreur, le professeur «GUIMER KEMAL», qui était le nôtre. Accompagnement Tout au long de cette étude Grâce à ses conseils, son humilité, son expérience et sa patience, nous avons réalisé ce travail.

Tous mes remerciements

À l'équipe de détectives, Mme ZINEBE, SHAHLA, , et les examinateurs et 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	Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du la matière première et la température de production	18
02	Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les Principales Cultures Tempérées .	22
03	Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les principales cultures tropicales.	23
04	l'ensemble des analyses du sol avant la mise en place de notre essai.	44
05	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(PHdes sols 0-20)	50
06	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(PHdes sols 20-40)	50
07	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CE ds/m des sols 0-20)	51
08	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CE ds/m des sols 20-40)	51
09	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(MO% des sols 0-20)	52
10	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(Na des sols 0-20)	52
11	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(Na des sols 20-40)	52
12	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CECdes sols 0-20)	53
13	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CECdes sols 20-40)	53
14	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(P des sols 0-20)	54
15	Résultat du test de NEWMAN-KEULS(P des sols 20-40)	54

Liste des Figures

N	Figure	page
01	l'orge a 6 rangs et l'orge a 2 rangs	12
02	Biochar	16
03	Les Profils Typiques des Sites Oxisol /"Terra Preta" (Owen, 2013)	17
04	Effet du biochar sur les propriétés du sol	21
05	Localisation de Site Expérimental	34
06	Production de Biochar	35
07	Dispositif expérimental	36
08	les parcelles	37
09	Installation de système d'irrigation	42
10	La récolte	42
11	Evaluation du pH des sol après traitements	45
12	Evaluation du CE des sol avant la mise en culture et après traitement	46
13	Evaluation du CEC des sol après les traitements	47
14	Evaluation de Na ⁺ des sols après les traitements	48
15	Evaluation de M.O% des sol après traitement	48
16	Evaluation de Phosphore des sols après les traitements	49

liste des abréviations

CE : conductivité

PH : potentiel hydrogène

MO% : matière organique

CEC : capacité d'échange cationique

Qx : Quintaux

T : sol avant le semis

TO : témoin

COM : compost

ENG : engrais minérale

FUM : fumier

BIO : biochar

cm : centimètre

Tn : tonne

Ha : hectare

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction générale

Partie I

Synthèse Bibliographique CHAPITRE N° I : La culture de l'orge

I.1. Informations générales sur l'orge :.....	7
I. 2.Histoire de l'orge	7
I.3.Origine l'orge	9
I.4. L'orge d'un point de vue mondial	9
I.5. En Algérie	10
I.6. Classification de l'orge.....	11
I.6.1. Grain	12
I.8.Le cycle de développement	13
I.8.1 La période végétative	13
I.8.2 La période de reproduction	14
I.8.3 La période de maturation	14

CHAPITRE N°II : Généralité sur Le Biochar

II.1.Définition du biochar	16
II.2.Histoire du biochar	17
II.3.Production de biochar.....	18
II.4.Propriétés du biochar	19
II.5.Biochar comme amendement du sol pour l'assainissement	19
II.5.1.Impact du biochar sur les propriétés physico-chimiques du sol .	19
II.5.2.Effet du biochar sur les propriétés du sol	20
II.5.3. Libération de nutriments du biochar	21

II.6.Impact sur le rendement des cultures	22
II.7.Biochar et gaz à effet de serre	23
II.8.Orge et biochar	24

CHAPITRE N°III : Le composte

III.1.Définition du compost	26
III.2.Les phases du processus de compostage.....	26
III.2.1.La phase mésophile	26
III.2.2.La phase thermophile	26
III.2.3.La phase de refroidissement	27
III.2.4.La phase de maturation	27
III.3.L'activité des êtres vivants dans le compostage.....	28
III.3.1.Les micro-organismes	28
III.3.2.Les bactéries	28
III.3.3.Les champignons	29
III.3.4.Les actinomycètes	29
III.3.5.Les macro-organismes.....	29
III.4.les facteurs influent sur le compostage	30
III.4.1.Température	30
III.4.2.Aération	30
III.4.3.Teneur en humidité	31
III.4.4.Rapport C/N	32

Partie II

Etude expérimentale

CHAPITRE N°VI : Matériels et Méthodes

VI.1..L'objectif :	34
VI.2 .lieu d'étude.....	34
VI.3. Matériel	34
VI.4. Méthode de travail	36
VI.4 1. Dispositif expérimental	34
VI.4.2. Analyse laboratoire :.....	38
VI.4.3.Fertilisation	39
VI.5..Calcul les doses	40
VI.6. Conduite de l'essai	41
VI.6. 1. Travail du sol	41
VI.6. 2. Epannage des engrais	41
VI.6. 3. Le semis	41
VI.6. 4. Arrosage :.....	41

VI.6. 5.La Récolte	42
--------------------------	----

CHAPITRE V N : Résultats et Discussion

V.1. les caractérisations chimique du sol avant les traitements	44
V.2.Evaluation de l'effet des traitements sur les propriétés chimiques du sol	
V.2.1.pH des sols	45
V.2.2. Conductivité électrique	46
V.2.3.La capacité d'échange cationique	47
V.2.4.Le sodium	48
V.2.5.Matière organique	48
V.2.6.Phosphore assimilable	49
V.3.étude statistique de l'influence des traitement sur les propriétés chimiques du sol	49
V.3.1.Influence des traitements sur le pH du sol	49
V.3.2.Influence des traitement sur le CE du sol.....	50
V.3.3.Influence des traitement sur le MO% du sol.....	51
V.3.4.Le sodium.....	52
V.3.5.Influence des traitement sur le CEC du sol.....	53
V.3.6.Influence des traitement sur le phosphore assimilable(ppm) du sol	54
Conclusion	55
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

le Sahara est le plus vaste désert du monde. Il s'étend à travers l'Afrique du Nord, l'Océan Atlantique, la Mer Rouge et la côte méridionale de la Méditerranée, ainsi que le versant sud de l'Atlas saharien. Il se trouve dans L'hémisphère nord se situe entre 16° et 34° de latitude. (TOUTAIN, 1979).

En dehors de l'oasis, la vie au Sahara était presque impossible. Plusieurs palmeraies composent cette dernière (BOUAMMAR, 2007).

Le palmier dattier est un arbre rustique qui peut vivre dans les régions les plus arides du monde. Il s'agit d'une monocotylédone arborescente de la famille des Arecaceés ou Phoenicacées sous famille des Coryphoideae, du genre Phoenix et de l'espèce Phoenix dactylifera L. La vie de la population saharienne repose principalement sur lui (CHEHMA et LONGO, 2001).

Le palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) est un élément essentiel de l'écosystème de l'Oase. Le jardin phoenicole est crucial pour l'Oasie car il produit une quantité importante de produits domestiques. (FACI, 2008).

En Algérie, environ 18 millions de palmiers dattiers sont cultivés sur une superficie de 169 380 ha.

Depuis longtemps, la population saharienne est reconnue pour son savoir-faire, son savoir-faire et son art de se nourrir. Les dattes sont la matière première d'un grand nombre de produits alimentaires. Les sous-produits du palmier étaient une source de bois de construction, de chauffage, d'articles artisanaux et d'ustensiles de travail, soit au niveau du foyer ou pour les travaux dans le palmier, ainsi que des produits médicaux et cosmétiques. (SEBIHI, 2014).

En outre, les palmeraies subissent une importante dégradation en raison de diverses contraintes socio-économiques et techniques, ce qui suggère que la préservation de cet agro-système vulnérable reste très difficile (IDDER, 2005).

En effet, le palmier dattier, qui constitue la base de l'agriculture, offre une variété de sous-produits agricoles qui sont généralement utilisés à des fins domestiques. De l'ordre de 135000 tonnes de folioles de palmes sèches, de 67500 tonnes de rebuts de dattes et de 5000 tonnes de pédicelles de dattes, les sous-produits soignants disponibles avec des tonnages annuels appréciables sont estimés. (CHEHMA et LONGO, 2001).

Selon SEBIHI (2014), il reste 427.984 tonnes de palmes séchés, 123.457 régimes, 72.521 pétioles (cornefs) et 21.511 tonnes de fibrillum (lif) perdues.

Le développement et la valorisation du patrimoine phoenicicole en Algérie sont entravés par plusieurs obstacles. Il fournit une source de nourriture, une épargne commerciale, des matériaux de fabrication et d'artisanat et est utilisé pour lutter contre l'ensablement. (DADDI BOUHOUN, 2010).

À l'aube de ce siècle, les activités humaines connaissent un grand changement dans tous les domaines, en particulier dans les domaines industriel et agro-environnemental.

Les agriculteurs et les écologues doivent réfléchir à des nouvelles stratégies de production bénéfiques pour l'environnement en diminuant les taux de pollution et de dégradation des écosystèmes naturels et cultivés. On peut imaginer l'agriculture biologique, par la valorisation des déchets organiques comme les organes du palmier dattier dans la reconstitution et la fertilisation des sols.

Le compost est un excellent moyen d'améliorer le sol. Il possède une forte concentration en matières organiques et aide à rendre à la terre certaines de ses propriétés qui s'épuiseront avec le temps. Il peut être utilisé pour toutes les

cultures : légumes, plantes à fleurs annuelles, herbes potagères, plantes vivaces, buissons à fleurs et fruitiers, arbres fruitiers, pelouses, bacs à fleurs ou à l'occasion de plantations d'arbres ou de préparation et d'amélioration du terrain. Il peut également être utilisé pour remplacer les mélanges de terre et d'engrais disponibles dans le commerce.

Avec le temps, toute matière organique se décompose, et presque tous les déchets organiques peuvent être compostés. Cependant, certaines règles doivent être respectées pour obtenir un bon rendement du compost. En premier lieu, il est crucial de fournir aux micro-organismes, qui décomposent et transforment les matières organiques, de bonnes conditions de vie.

Le terme 'biochar' est l'abréviation de 'bio-charcoal'. Il désigne un charbon d'origine végétale obtenu par pyrolyse de biomasse végétale d'origine diverse, généralement des déchets de scierie ou des résidus agricoles. (**Antoine et al, 2009**) à usage énergétique ou par son orientation à être utilisé comme amendement du sol (**Mustin, 2013**)

De là et sur la base de tous ces éléments que la présente étude se propose de contribuer

en l'étude de l'utilisation d'un compost et biochar à base d'organes de palmier dattier pour la production de l'orge . A cause de l'importance de palmier dattier dans notre région et la valeur nutritive des palmes donc notre travail est pour but

- la valorisation des organes du palmier dattier par un bio-compost et biochar

- étude de l'effet de ce compost et biochar sur la germination et la croissance de l'orge et propriétés chimique du sol

Cependant la question principale de la présente étude est la suivante :

- Ce compost et biochar permet d'obtenir une bonne qualité pour germination et la levée des plantes cultivez ?
- quelle est le traitement le plus efficace pour la germination ?

*Partie I Synthèse
Bibliographique*

Chapitre I La culture de l'orge

Partie I : Recherche bibliographique

Chapitre N°I : La culture de l'orge

I.1. Informations générales sur l'orge :

L'orge est une culture pluviale, pratiquée principalement sur les hautes plaines semi-arides. Dans cette région, le régime pluviométrique est hivernal, induisant le développement de stress abiotiques, de sécheresse et de températures élevées, en fin de cycle cultural, qui coïncide avec le début de l'été. Dans ces conditions, les performances des cultivars sont généralement très variables (BouZARZOUR.H, 1995). L'orge est une monocotylédone, appartenant à la famille des Poacées. Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou non de barbes. Au stade herbacé, elle se distingue principalement des autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, des oreillettes glabres, et un fort tallage herbacé. L'inflorescence est un épi, le plus souvent barbu. Le rachis porte sur chaque article trois épillets à flore unique, un médian et deux latéraux. Le grain est recouvert de lamelles qui ne s'en séparent pas lors du battage, ce qui améliore la teneur en cellulose brute (BouZARZOUR.H, 1995)

I.2. Histoire de l'orge :

Hordeum vulgare L. (orge) est une culture céréalière à cycle court et à maturation précoce dérivée de l'espèce mère *Hordeum spontaneum*. *Hordeum* est une espèce ancienne qui a évolué à partir du blé (*Triticum aestivum* L.) il y a près de 13 millions d'années. *Hordeum* compte 32 espèces reconnues, originaires d'Asie du Sud-Ouest il y a 12 millions d'années et d'Amérique du Nord il y a 4 millions d'années. L'orge fait partie de la famille des Triticeae, qui est une sous-famille de la famille des graminées Poaceae. Cette famille comprend le blé, le seigle (*Secale cereale* L.) et le triticales (*Triticosecale*) (Von Bothmer et Komatsuda, 2011).

L'orge a été l'une des premières cultures domestiquées au monde, datant d'environ 10 000 ans jusqu'au Croissant fertile (Badr et al., 2000).

Les historiens ont découvert des écrits sur l'orge datant de 1700 av. Les Égyptiens ont développé le brassage et utilisé l'orge à la fois comme culture fourragère et vivrière (Atkins, 1980). La culture de l'orge est devenue populaire en Afrique du Nord, en Extrême-Orient, en Asie et en Europe peu après son établissement dans le Croissant Fertile (VonBothmer et Komatsuda, 2011).

Après le blé, le maïs (*Zea mays* L.) et le riz (*Oryza sativa* L.), l'orge est la quatrième céréale la plus importante au monde (Brown et al., 2001). Il existe plusieurs variétés, chacune avec son propre port de croissance et son propre type de tête de graine. L'orge à six rangs développe trois grains à partir de chaque nœud, ce qui lui donne un aspect « à six rangs ». L'orge à deux rangs a une graine plus petite et plus mince que l'orge à six rangs, qui a moins de graines mais plus grosses par tête. Les variétés d'orge d'hiver sont sensibles aux jours courts et doivent être vernalisées. La vernalisation nécessite d'exposer une plante à des températures froides (0-7 C°) pendant environ 30 jours pour qu'elle fleurisse au printemps et produise du grain sans réduire le rendement (Schmuetz, 1978). L'orge de printemps ne peut pas pousser dans les climats froids. Enfin, l'orge facultative peut être de printemps ou d'hiver. Bien que l'orge facultative ne nécessite pas d'avernalisation, elle peut hiverner (Atkins, 1980).

Pour plusieurs raisons, notamment sa capacité à s'adapter à un large éventail de climats et son utilisation polyvalente comme aliment du bétail, alimentation humaine et produit de malt (Brown et al., 2001), l'orge est restée une culture céréalière importante dans le monde. Comparativement à d'autres céréales, l'orge peut pousser à des latitudes aussi éloignées au nord que 65°N en Norvège et à des altitudes aussi élevées que 4500 mètres (m) au Pérou (Ulrich, 2011).

Par rapport au blé, l'orge se comporte mieux dans les sols secs et à forte salinité. L'orge, d'autre part, est sensible à bon nombre des mêmes ravageurs, maladies et risques météorologiques que le blé, et elle n'est pas bien adaptée à une humidité élevée et à des environnements gorgés d'eau (Harman et al., 1988 ; Ulrich, 2011).

I.3. Origine :

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.), de constitution génomique diploïde ($2n-14$), est une espèce dont les origines remontent à celles de l'agriculture elle-même. L'orge à 2 rangs, datant du Néolithique, dix ans avant JC, a été découverte dans le croissant fertile du Moyen-Orient. Il est considéré comme le plus ancien vestige d'orge cultivé. L'orge provient des formes sauvages de l'espèce *Hordeum spontaneum*, que l'on trouve encore aujourd'hui au Moyen-Orient.

I.4. L'orge d'un point de vue mondial :

Une quantité importante d'orge est cultivée sur presque tous les continents et joue un rôle important dans la vie de nombreuses personnes. La production mondiale d'orge est passée de 178 millions de tonnes métriques (MMT) dans les années 1990 à 144 MMT en 2014. L'Europe et l'Asie produisent plus de 78 % de l'orge mondiale. La Russie (20 444 258 tonnes métriques), la France (11 770 682 tonnes métriques) et l'Allemagne (11 562 800 tonnes métriques) étaient les trois premiers producteurs mondiaux d'orge en 2014. L'Amérique du Nord représente environ 11 % (FAOSTAT, 2016).

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), de 2000 à 2005, le commerce mondial du grain d'orge valait 3 milliards de dollars US par an (USD an-1) et le commerce mondial de l'orge pour le malt valait 2 milliards USD an-1 .

L'orge est principalement utilisée pour la production de malt en Allemagne, au Royaume-Uni, en France et en Belgique. Ulrich (2011) a déclaré que 94 % de l'orge des pays mentionnés précédemment est utilisée pour la bière, 4 % pour la distillation du whisky et 2 % pour l'alimentation. Au cours des dernières années, l'augmentation de la consommation de bière a accru l'utilisation et la production d'orge en tant que produit de malt.

Sur une base de poids sec, l'orge est la cinquième culture la plus cultivée au monde et la quatrième céréale la plus cultivée. La production d'orge était deux fois plus élevée que la production de soja (*Glycine max*) dans les années 1980, mais a depuis diminué de 12 % (Ulrich, 2011). Les limitations technologiques, les réglementations gouvernementales, les cultures plus rentables et le climat ne sont que quelques-uns des facteurs qui ont influencé la production d'orge au fil des ans.

I.5. En Algérie :

L'Algérie compte 35% de terres arables, le blé (2,69 millions de t en 2006) et l'orge (1 235 880 t) étant les cultures les plus importantes. C'est la deuxième céréale la plus cultivée après le blé, occupant 1 300 000 à 1 400 000 hectares. Situé dans une région où les précipitations annuelles dépassent rarement 400 mm. On le trouve principalement dans les régions arides et semi-arides. Les précipitations annuelles sur près de 2,9 millions d'hectares varient d'un minimum de 200 mm à un maximum de 800 mm. Cette variation reflète une production moyenne interannuelle d'environ 22 millions de quintaux et un rendement moyen d'environ 7 q/ha (Mouhouche et al, 2007).

Cependant, la wilaya de Sétif confirme sa position de premier producteur céréalier d'Algérie en 2005, avec une récolte estimée à plus d'un million de quintaux, alors que les wilayas de Bordj Bou Arreiredj, Sétif et Mila représentent la production d'orge en 2004 (262 000 q). Anonyme2 (2005a).

I.6. Classification de l'orge :

D'après Chadefaud et Emberger (1960), Prats (1960) et Feillet (2000) in Belarbi, (2016), l'orge cultivée est appartenue à la classification suivante:

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Liliopsida
- **S/Classe** : Commelinidae
- **Ordre** : Poale
- **Famille** : Poaceae
- **S/Famille** : Hordeoideae
- **Tribu** : Hordeae (Hordées)
- **S/Tribu** : Hordeinae
- **Genre** : Hordeum
- **Espèce** : Hordeum vulgare. L

Quant à (Soltner.P, 2005), il classe les orges selon leur milieu de culture en trois groupes qui sont :

- **Orge d'hiver** : dont le cycle de développement varie de 240 à 265 jours, s'établit à l'automne. Pour assurer leur montaison, ces orges ont besoin d'une température de vernalisation qui manifeste une résistance plus ou moins élevée au froid hivernal.
- **Orge de printemps** : dont le cycle de développement est concis (environ 120 à 150 jours), s'établit au printemps. Ces orges n'ont pas besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.

Les orges alternatives sont intermédiaires en termes de tolérance au froid entre l'orge d'hiver et l'orge de printemps.

L'orge est classée selon les types de printemps ou d'hiver (sensible au gel ou, au contraire, résistante au froid jusqu'à environ (-15°C) ; sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi , et la présence ou l'absence d'On' y beards

distingue deux types selon la forme de leur épi :

- orge à deux rangs ou orge distique : à épi aplati Composé de 2 rangs d'épillets fertiles, un sur chaque axe du rachis, entourés de quatre épillets stériles. Dans ce type, il existe principalement des variétés de printemps.
- Orge à six rangs ou orge hexastique : aussi appelée orge chirurgienne, à section rectangulaire, sur chaque axe du rachis, les trois épillets sont fertiles. Dans ce type, il n'y a pratiquement que des variétés d'hiver (Soltner. P, 2005)



Figure 01 : l'orge a 6 rangs et l'orge a 2 rangs

I.7. Caractères morphologiques :

I.7.1. Grain :

La graine est un fruit à cotylédon unique. Il est constitué du germe, qui donne à la plantule, l'endosperme ou albumen, tissu de réserve, qui fournit au germe les réserves nécessaires à sa croissance, et les enveloppes protectrices, qui sont constituées 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)
- Endosperm (magasin d'alimentation)
- La couche d'aleurone, périphérique (réservoir enzymatique)
- Le péricarpe-testa (membrane semi-perméable)
- Et le mur extérieur

I.8.Le cycle de développement :

Le cycle de développement des céréales comprend trois périodes principales. La période végétative va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire le début de la montée.

La période de reproduction depuis le début de la montée jusqu'à la fécondation.

La période de maturation de la fertilisation à la pleine maturité du grain. (Salfer GA, 2002)

I.8.1La période végétative :

- a) Germination : La germination de ces graines désigne l'ensemble des processus qui vont du début de la réhydratation de la graine à la sortie de la radicule (Soltner.D, 2007).
- b) Émergence : L'émergence suit la germination, avec la croissance de la radicule, de l'axe de l'hypocotyle (Dicotylédones) ou du coléoptile (Monocotylédones), et de la gemmule, ou de la première feuille (Soltner.D, 2007).
- c) Tallage : Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale, puis d'autres talles naissent successivement, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol.

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)

I.8.2.La période de reproduction :

- Le boulonnage : Cette étape est repérable dès que le contour de l'épi du toron avant atteint 1cm de hauteur. Cette phase se termine lorsque l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille standard, qui gonfle (stade de gonflement) (Giban.M, 2003), (Zibouche.M, 2016).
- 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 : émergence des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis. La formation des grains se produit lorsque les grains du tiers moyen de l'épi atteignent la moitié de leur développement. Ils se développent en deux temps :

Le stade laiteux est celui où le grain vert clair, au contenu laiteux, atteint cette dimension finale ; (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin). Le stade pâteux est celui où le grain, d'un jaune-vert, s'écrase facilement ; (le grain a perdu son humidité et l'amidon s'est formé). (Giban.M, 2003), (Zibouche.M, 2016).

I.8.3.La période de maturation :

Pendant cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve.

Une augmentation du volume et du poids des grains est observée. La phase se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement, laissant apparaître un liquide blanchâtre). Ensuite, le poids frais des grains continue d'augmenter tandis que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux.

Le grain à ce stade s'écrase, formant une pâte.

Enfin, le grain devient dur et jaunâtre. C'est l'étape de la maturation physiologique (Boufenar. Z, 2006) .

Chapitre II Généralité sur le Biochar

Chapitre N° II : Généralité sur le Biochar

II. 1. Définition du biochar :

Biochar est un terme utilisé pour décrire le charbon de bois fabriqué à partir de diverses sources de biomasse qui est utilisé de manière à empêcher la minéralisation rapide du carbone fixé par photosynthèse dans l'atmosphère (EBC 2019). Les biochars peuvent être trouvés naturellement dans le sol ainsi que par l'activité humaine. Les biochars se forment généralement lors des incendies de forêt, mais ils sont sciemment utilisés comme amendement du sol par les humains depuis plus de 2000 ans. Les effets bénéfiques des biochars et leur potentiel d'utilisation dans l'agriculture durable ont récemment suscité l'intérêt du public, le nombre d'articles de recherche liés au biochar publiés chaque année passant de presque aucun à des milliers au cours des 20 dernières années. Les biochars peuvent être utilisés comme amendements du sol pour stimuler la productivité agricole et résoudre les problèmes environnementaux. Actuellement, des produits agricoles standardisés sont disponibles dans le commerce et la collaboration nationale et internationale entre divers intervenants, tels que les chercheurs et les installations de fabrication, est en augmentation.



Figure02: Biochar

II.2.Histoire du Biochar

Il est utilisé dans divers textes anciens, tels que « fumier de feu » (Miyazaki, 1697), en horticulture ou dans divers contextes agricoles. (Liebig ,1878) explique comment la Chine produit du charbon à partir de déchets organiques et l'enfouit dans le sol.

Samuel en 2011

Le plus grand vestige historique est la découverte au XIXe siècle d'un sol amazonien noir appelé "terra preta", également connu sous le nom de "terres noires des indiens en portugais". Ce sol est très riche en carbone et coexiste avec des sols gris sédimentaires faibles. (Fig. 08). Ce sol, parfois épais (1 m), est composé d'un mélange de sol en place, de petites particules de charbon de bois, de cendres de bois minérales et de matière organique humifiée. Le biocharbon serait originaire des méthodes agricoles des habitants de l'Amazonie (Laurin Lanctôt ,2015).



Figure 03 : Les Profils Typiques des Sites Oxisol /'Terra Preta'
(Owen, 2013)

II.3. Production de biochar :

Les biochars peuvent être fabriqués à partir de n'importe quel matériau organique, y compris le bois, les résidus de récolte, les déchets biodégradables et le fumier. Les propriétés physiques et chimiques des biochars résultants sont fortement influencées par la matière première et la température de production (Sohi et al. 2010, Lehmann et Joseph 2015, Suliman et al. 2016). En raison de ces différences de composition, la normalisation de la production et de la qualité du biochar a été réalisée, par exemple, par le certificat européen du biochar (EBC) et l'initiative internationale sur le biochar (IBI). Seuls les matériaux dont la teneur en carbone est supérieure à 50 % sont classés comme biochars dans la production certifiée de biochar. Tous les autres matériaux produits par pyrolyse, y compris le fumier animal, sont classés comme matériau carboné pyrogène (MCP) (EBC2012).

Tableau 01 : Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du la matière première et la température de production biochar

Matière première	Temp. °C	Atm.	Taux de chauffage °C/min	Temps de séjour(h)		%yield		Ash content (%)	pH	Surface a mg ² /g	Volume poreux total cm ³ /g	
balle de riz	400	Limited oxygen	10	5	33.5	23.0	10.1	55.9	0.014	2.24		Quilliam et al. (2013).
écorce de bois	500	N ₂	5	4	27.8	27.6	11.9	67.5	0.054	3.21		Gai et al. (2014)
Les résidus de betterave à sucre	400	N ₂	10	4	26.2	11.1	10.7	40.1	0.021	3.07		Sohi et al. (2017)
Grappes de fruits vides	600	N ₂	7	6	37.4	24.2	9.2	102.9	0.07	1.25		Wu et al. (2015).
Fumier laitier	500	N ₂	5	4	33.5	14.7	8.8	44.4	0.022	2.18		Gai et al. (2014).
Pinède	400	Limited oxygen	5	6	25.4	18.5	7.6	62.1	0.045	2.11		Gurwick et al. (2013)
Les copeaux de bois	400	N ₂	7	6	29.2	22.9	12.9	39.4	0.031	3.14		Sun et al. (2012).
Déchets organiques	500	N ₂	4	5	22.1	13.4	9.4	55.4	0.026	3.74		Chen et al. (2012)

II.4. Propriétés du biochar :

La porosité et la surface, qui composent le biochar, ont un impact sur sa capacité à absorber les métaux. Des micropores sont créés dans le biochar lors de la pyrolyse du matériau de la biomasse en raison de la perte d'eau pendant le processus de déshydratation (Yin et al., 2016). La taille des pores du biochar peut varier de micro- (2,00 nm), macro- (> 50,00 nm) et nano- (0,900 nm), respectivement. La température de pyrolyse affecte de manière significative la porosité et la surface du matériau. La structure poreuse des biosolides biochar augmente entre 0,059 et 0,1 cm³/g lorsque la température augmente de 500 à 950 °C, et la surface augmente également de 25,7 à 68,9 m²/g (Zhou et al., 2017). Cependant, le biochar contient également d'autres substances volatiles, notamment de l'humidité, des cendres, du carbone fixe et du carbone labile. Lorsque le biochar est chauffé, la structure chimique du carbone se transforme en une structure aromatique qui n'est pas affectée par la décomposition microbienne. En conséquence, le biochar contenant des composés C est très stable dans le temps, éventuellement pendant 100 ou 1000 ans. On pense que le biochar est capable de séquestration du C à long terme (Bruun et al., 2013).

II.5. Biochar comme amendement du sol pour l'assainissement :

II.5.1. Impact du biochar sur les propriétés physico-chimiques du sol :

Bien que le biochar ait le potentiel d'augmenter la capacité du sol à retenir l'eau, cette capacité peut être considérablement affectée par l'hydrophobicité du biochar. Selon Devi et Saroha, le biochar avec une valeur de pH élevée augmenterait considérablement le pH d'un sol aux propriétés neutres à basiques, mais n'augmenterait que légèrement le pH d'un sol aux propriétés acides (Devi et al., 2015). L'effet du biochar sur la valeur de la capacité cationique échangeable du sol montre à plusieurs reprises une corrélation avec les variations de la quantité de Ca²⁺ présente et une augmentation du pH.

Alors que les sols neutres, comme ceux des climats tempérés, bénéficient d'une augmentation du pH, les sols acides, comme la tourbe, sont inhibés par la croissance de microbes sensibles au pH (Ameloot et al., 2013) .

II.5.2.Effet du biochar sur les propriétés du sol :

La présence de biochar sur la couche arable a un impact significatif sur le milieu environnant, y compris la profondeur, la porosité, la texture, la structure, la consistance et la densité apparente (Joko et al., 2013). Cependant, il modifie les caractéristiques du sol, ce qui impacte directement la croissance de la plante (Saxena et al., 2014). La présence de biochar affecte la perméabilité du sol, la réponse à l'eau, le gonflement et le rétrécissement, l'agrégation et la réactivité aux changements de température ambiante pendant la préparation du sol. Il modifie les caractéristiques physiques du sol, entraînant une augmentation de la surface spécifique totale du sol, ce qui améliore incontestablement l'aération et la structure du sol (Oleszczuk et al., 2013). Les champignons mycorhizes sont stimulés par le biochar de la manière suivante : I en modifiant

La qualité du sol et l'habitat des champignons mycorhizes sont tous deux améliorés par la porosité du biochar (Kim et al., 2015). Il augmente la capacité du sol à échanger des cations et des anions, ce qui améliore les caractéristiques du sol et augmente le pH et les niveaux totaux de P et N tout en abaissant les niveaux possibles 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.

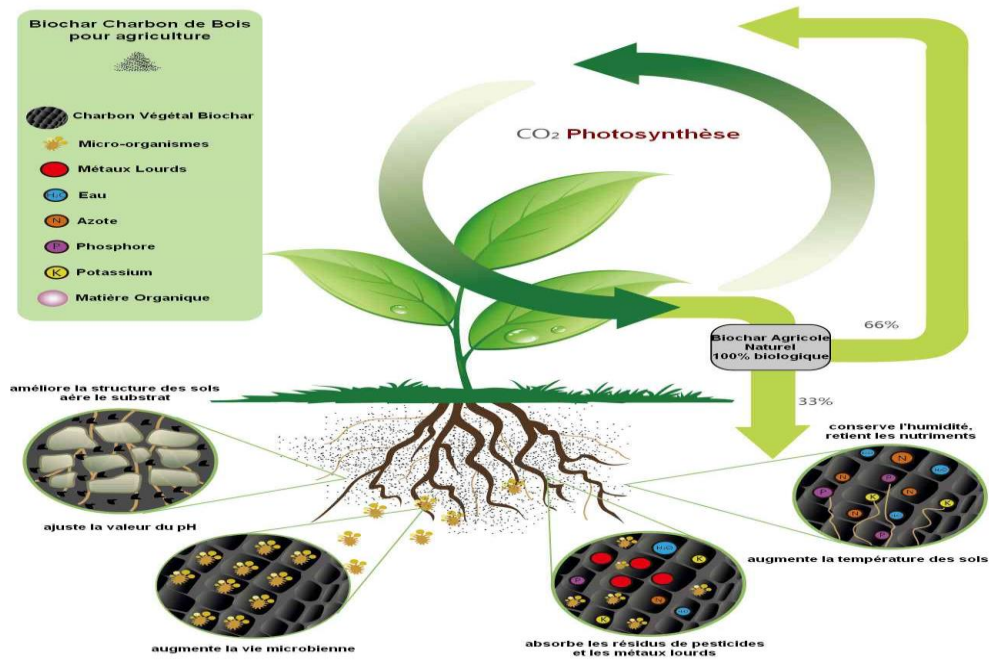


Figure 04 : Effet du biochar sur les propriétés du sol

II.5.3. Libération de nutriments du biochar :

De nombreuses études démontrent comment le biochar améliore la disponibilité des nutriments, ce qui en fait un excellent candidat pour une utilisation comme engrais à libération lente dans le sol. Le seul facteur affectant la rapidité avec laquelle les nutriments du biochar sont libérés (en particulier les nutriments qui ont été adsorbés) est ses propriétés de désorption. Ses caractéristiques pourraient avoir un impact significatif sur la quantité de nutriments que le biochar peut absorber (Kuzyakov et al., 2014). Selon Zhang et al. (2015), les températures pyrolysées ont diminué de 650 à 450 °C, ce qui a entraîné une augmentation des taux de désorption de l'ammonium du biochar de feuillus d'environ 19 % à 29 % (Harvey et al., 2012).

II.6. Impact sur le rendement des cultures :

Les propriétés physiques et chimiques des biochars, ainsi que leurs effets sur le sol, ont le potentiel d'augmenter les rendements des grandes cultures, en particulier lorsqu'ils sont combinés avec des engrais dans des sols problématiques.

L'augmentation de la capacité de rétention d'eau du sol, la disponibilité des éléments nutritifs, l'amélioration de la texture du sol et les changements de pH ont tous un impact positif sur la croissance et le développement des cultures. Les biochars peuvent également réduire la biodisponibilité des composés réducteurs de croissance dans les sols contaminés (Xu et al. 2017, Bashir et al. 2018). Cependant, dans les sols fertiles ou les sols riches en C, les effets des biochars sur le rendement des cultures sont souvent variables ou négligeables

Tableau 02 : Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les Principales Cultures Tempérées .

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%

Source : Pro-Natura 2015

Tableau 03 : Résumé de Publications Scientifiques Majeures Montrant les Effets du Biochar sur les principales cultures tropicales.

Type de culture	Auteurs	Localisation	Types de sol	Quantité de biochar (t/ha)	Augmentation de rendement (%)
Riz	Asai et al	Houay-khot , Nord du Laos	Upland	8	70 %
Riz	Steiner et al	Manuas , Brésil	xanthicferralsol / laterite	11	73%
Riz	Masulili et al.	SungaiKakap ,Indonesia	Acid sulphatesoil	10	93%
Riz	Zaitun et al.	Empertring, Indonesia	-	10	57%
Cane à sucre	Chen et al	Okinawa, Japan	Shimajirimaji (clay)	7,2	78%
Tomate	Effah et al	Kade, Ghana	Forest ochrosol	7	177%
Cotton	Reddy	Midjilmandal, andhra Pradesh, India	Alkaline	3,75	100%
Choux	Carter et al.	Siam Reap ,Colombia	Sandy acidic	100	750%
Mais	Major et al.	Llanos Orientales ,colombia	Savannaoxisol	8	71%
Mais	Major et al	Llanos	Savannaoxisol	20	140%

Source : **Pro-Natura 2016**

II.7. Biochar et gaz à effet de serre :

Le biochar est principalement utilisé pour augmenter la séquestration du carbone dans le sol tout en réduisant les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) et de méthane (CH₄) (Leng et Huang, 2018). Les recherches actuelles indiquent que le biochar peut être en mesure de réduire les émissions de GES, tels que l'oxyde nitreux et le méthane, du sol, qui ont un impact significatif sur le changement climatique.

Certains chercheurs contestent le fait que le biochar dérivé des déchets de papeterie, des biosolides et des déchets verts de la litière de volaille réduit les émissions de N₂O d'un sol ferreux acide. Ces résultats montrent que différents types de biochar ont des effets différents sur les émissions de GES des sols. Il est clair que la teneur en eau du sol, le type de matière première du biochar et la température de pyrolyse du biochar influencent tous la capacité du biochar à réduire les émissions de gaz à effet de serre (Purakayastha et al., 2016 ; Major et al., 2010).

II.8. Orge et biochar :

Il y a eu des études sur les effets des biochars sur le rendement de l'orge qui ont donné des résultats variables, mais très peu d'études se sont concentrées sur des composants de rendement spécifiques. Dans une étude, Agegnehu et al. (2016) ont découvert que lorsque 10 t/ha d'acacia (*Acacia* spp. tige, branche et écorce) de biochar et de compost (fumier et litière de bétail et résidus de culture) étaient ajoutés au Nitisol subsaharien, le nombre de talles et la teneur en chlorophylle des feuilles augmenté de manière significative, et l'effet 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, du sol

Cependant, étant donné que les composantes du rendement et la formation de l'orge sont similaires à celles des autres céréales (Slafer 2002), les effets des biochars sur ces composantes du rendement peuvent être similaires chez l'orge. Dans le blé, il a été démontré que les biochars augmentent le rendement en grain dans certains cas (Solaiman et al. 2010), mais pas dans d'autres.

*Chapitre III Généralité
sur le compost*

CHAPITRE N°III : Généralité sur Le compost

III.1. Définition du compost :

Le compostage est un processus biochimique dans lequel divers micro-organismes et nématodes jouent un rôle important. Il s'agit d'un processus de fermentation à l'état solide réalisé principalement par des thermophiles aérobies (Pietronave et al., 2004 ; Thambirajah et al., 1995). Dans une certaine mesure, les activités physiologiques de divers groupes microbiens contribuent au potentiel nutritif du compost et à son effet sur la productivité agricole (Pepe et al., 2013). De plus, il a été démontré que les communautés microbiennes du compost contrôlent les agents pathogènes du sol dans les plantes (Mehta et al., 2014). Ces microbes présents dans le compost, en particulier, pourraient produire des composés antimicrobiens, générer de la chaleur, concurrencer les agents pathogènes, influencer la viabilité des agents pathogènes du sol et ainsi inhiber le développement des maladies des plantes.

III.2. Les phases du processus de compostage

- **III.2.1. La phase mésophile :**

C'est la phase initiale de compostage. Les matières premières sont envahies par les micro-organismes mésophiles indigènes (bactéries et champignons essentiellement) ; leur activité engendre une montée en température (de 10-15°C à 30-40°C) un dégagement important de CO₂ (d'où la diminution du rapport C/N) ainsi qu'une acidification. La dégradation de la cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75% de la perte de poids sec.

- **III.2.2. La phase thermophile :**

Elle est atteinte au centre du tas, à des températures élevées (de l'ordre de 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).

Les pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH_4^+) qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH_3) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus importantes au cours de cette phase. La libération de CO_2 peut entraîner, à la fin des phases thermophiles, jusqu'à 50% de perte en poids sec.

Les hautes températures caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du tas. Les matières présentes en bordure du tas doivent être reprises par un ou deux retournements. Après un retournement on observe la succession des 3 phases (mésophile, thermophile, et refroidissement) (ITAB, 2001); les températures atteintes en phase thermophile sont cependant de moins en moins élevées au fur et à mesure des retournements. Cette technique permet de s'assurer que tous les éléments du tas subissent les différentes phases de compostage afin que le produit final soit homogène et entièrement assaini.

- **III.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).

- **III.2.4.La phase de maturation :**

Cette phase présente peu d'activités microbiologiques (recolonisation par des champignons) mais est adaptée à la colonisation par la macro-faune, en particulier les lombrics lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas. Les matières organiques sont stabilisées et humifiées par rapport aux matières premières mises à composter. Les trois premières phases sont relativement rapides par rapport à la phase de maturation. Leur durée ainsi que l'amplitude des variations dépendent cependant des matériaux de départ et des conditions techniques dans lesquelles s'effectue le compostage.

Les dates des retournements ne peuvent donc être fixées selon un calendrier précis, mais sont déterminées par la baisse de la température. La phase de maturation se prolonge a priori jusqu'à l'épandage du compost.

Il est impossible de définir une période de maturation puisque celle-ci dépend de la composition des matières premières.

Il est cependant possible de distinguer les composts des déchets ligno-cellulosiques qui peuvent être utilisés au bout de 6 semaines (la phase de maturation est alors très courte, voire inexistante), des composts de déchets ligneux (les déchets verts par exemple) qui ne sont utilisés en général qu'au bout de 6 mois (ZNAÏDI, 2001).

III.3.L'activité des êtres vivants dans le compostage

Ce sont des êtres vivants qui décomposent la matière organique.

Les micro-organismes et les macro-organismes sont les deux catégories d'êtres vivants du compost.

Les organismes du compost ne sont ni parasites ni germes pathogènes. Ce ne sont que des déchets végétaux et animaux qui sont décomposés par ces agents naturels. (ZNAÏDI, 2001).

Les conditions particulières, l'oxygénation, la température, l'humidité, les matières nutritives et d'autres facteurs influencent le fonctionnement du compost comme un véritable milieu de vie.

Les êtres vivants qui le peuplent sont des êtres spécialisés qui doivent trouver les conditions les plus favorables pour eux. C'est pourquoi les variations de température ont un impact significatif sur la composition de la flore microbienne, et par conséquent sur le produit final de la dégradation. (ZEGELS, 2012).

- **III.3.1.Les micro-organismes**

Les micro-organismes sont responsables de l'élévation rapide de la température du compost.

- **III.3.2.Les bactéries**

Ils sont présents dans la masse des déchets organiques dès le début du processus. Pendant toute la durée du compostage, elles maintiennent leur activité, en particulier lorsque la phase thermophile est à une température

élevée. Elles prolifèrent rapidement. La multiplication rapide et la variété d'espèces permettent l'utilisation de résidus organiques. (ZEGELS, 2012).

- **III.3.3.Les champignons**

ils agissent surtout sur les matières qui résistent aux bactéries. Ils ont donc un rôle capital. Les champignons ne résistent pas à des températures supérieures à 50°C, ce qui explique qu'on les retrouve plus particulièrement en périphérie du compost.

- **III.3.4.Les actinomycètes**

sortes de bactéries filamenteuses, ils agissent plus tardivement que les bactéries et les champignons et se multiplient moins rapidement. Les actinomycètes sont spécialisés dans les derniers stades du compostage en s'attaquant aux structures plus résistantes comme la cellulose et la lignine (constituants du bois notamment).

A côté de ces trois types de micro-organismes, on retrouve également dans le compost des algues, des virus et des protozoaires (ZEGELS, 2012).

- **III.3.5.Les macro-organismes**

Le processus de compostage offre une grande variété d'options. Par exemple, les lombrics agissent sur des matériaux peu décomposés au début du processus. 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).

III.4.les facteurs influent sur le compostage :

Il existe un certain nombre de facteurs qui pourraient affecter l'efficacité du compostage, notamment la température, l'aération, la teneur en humidité, le rapport C/N, la taille des particules, le pH et le degré de compactage (Juarez et al., 2015 ; Li et al., 2013) et bientôt.

- **III.4.1.Température :**

La température est un facteur important pour déterminer l'efficacité du compostage. Il évolue tout au long du processus de compostage et, selon la température, le processus de compostage peut être divisé en quatre étapes : mésophile, thermophile, refroidissement et maturation (Chen et al., 2015). D'une part, la température détermine l'avantage relatif d'un micro-organisme sur un autre, ce qui provoque le compostage ; d'autre part, la température joue un rôle important pour s'assurer qu'aucun microbe nocif, mais précieux, n'est présent dans les produits de compostage pour les plantes. Des températures supérieures à 55°C peuvent tuer les parasites et les agents pathogènes, garantissant ainsi les meilleures conditions sanitaires (Ravindran et Sekaran, 2010).

Et, si le compost pouvait rester dans la phase thermophile pendant plus de trois jours, il éliminerait les graines de mauvaises herbes et les agents pathogènes et répondrait aux exigences sanitaires du compost (Zhang et Sun, 2014). Cependant, plus la température est élevée, mieux c'est, et si elle dépasse 65°C, presque tous les micro-organismes meurent et le processus de compostage cesse (Imbeah, 1998). Par conséquent, la plage de température idéale pour le compostage est de 40 à 65 °C (Rigby et al., 2016). Sur cette base, les températures des matériaux de compostage pourraient indiquer la phase de compostage ainsi que l'état actuel de la dégradation microbienne (Awasthi et al., 2014).

- **III.4.2.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), et l'aération est un autre facteur important influençant le compostage (Chen et al., 2015).

L'aération fournit l'O₂ requis par l'oxydation des matières organiques, aide à éliminer l'excès d'humidité du substrat et aide à répartir la température dans toute la masse de compostage (Petric et Selimbasic, 2008).

Le taux d'aération influence les activités microbiennes dans le processus de compostage et donc la qualité du compost (Gao et al., 2010). Une aération accrue peut également entraîner une évaporation et un refroidissement plus rapides du compost (Sundberg et Jonsson, 2008), et si cela se produit pendant la phase thermophile, cela peut empêcher le processus de décomposition (Gao et al., 2010). Par conséquent, il est essentiel de maintenir l'aération dans une plage appropriée .

- **III.4.3.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). Il y a eu un débat sur la teneur en humidité optimale pour un compostage efficace (Bernal et al., 2009 ; Onwosi et al., 2017), mais aucune conclusion cohérente n'a encore été tirée. L'augmentation de la teneur en humidité pendant le processus de compostage entraînerait une diminution du taux de diffusion des gaz et le taux d'absorption d'oxygène pourrait ne pas être en mesure de répondre aux demandes métaboliques des micro-organismes. En raison de l'activité microbienne limitée, le processus peut éventuellement devenir anaérobie (Mohammad et al., 2012). Cependant, 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). En conséquence, une teneur en humidité initiale appropriée est essentielle pour le compostage, et il a été découvert que différents matériaux de compostage peuvent avoir une teneur en humidité optimale différente.

- **III.4.4.Rapport C/N**

C, N et K sont les principaux nutriments requis par les micro-organismes lors du compostage (Darby et al., 2016). Et ils obtiennent ces nutriments en décomposant les composés organiques tout en obtenant de l'énergie pour le métabolisme (Chen et al., 2015). 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). Par conséquent, lorsque N est rare, la croissance microbienne est restreinte et la décomposition du C est ralentie (Igoni et al., 2008). Cependant, si le N est beaucoup plus élevé que ce dont la population microbienne a besoin, d'autres problèmes se poseront.

Les micro-organismes utilisent C 30e35 fois plus vite qu'ils ne convertissent N (Igoni et al., 2008), de sorte que le rapport C/N doit être maintenu dans une fourchette raisonnable. Si le rapport C/N est faible, le N supplémentaire sera libéré sous forme de gaz ammoniac, qui a une forte odeur. De plus, un rapport C/N plus faible libérera de grandes quantités de sels basiques solubles, rendant le sol impropre à la croissance des plantes (Awasthi et al., 2014). Si le rapport C/N est élevé, N est insuffisant pour la croissance des micro-organismes et le processus de compostage sera ralenti (Chen et al., 2015).

Chapitre VI

Matériels et méthodes

Partie II

CHAPITRE N°VI : Matériels et Méthodes

VI .1.L'objectif :

Notre étude porte sur la croissance du plant d'orge en serre et le contrôle des effets du compost, du biochar, du fumier et des engrais sur les propriétés chimiques du sol.

VI.2. Conditions expérimentales:

VI .2.1 Site Expérimental

Cette expérimentation a été réalisée en 2022-2023 dans le champ expérimental du Département d'Agronomie (Université Mohammed Khider Biskra) en serre pour une seule variété d'orge.



Figure 05 : Localisation de Site Expérimental

VI .3. Matériel :

a) Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué d'une variété qui est (*Hordeum Vulgare*):

Saida : orge 6 rangs d'origine locale, variété de bonne valeur agronomique

b) Matériel et technique utilisés :

- Une serre
- Compostage

- biochar
- Fumier
- Engrais (N.P.K)
- Sol

c) Production de biochar

Au Département des sciences agronomie de l'Université Mohamed Kheidar Biskra 2023 , nous avons fabriqué du biochar à partir de feuilles de palmier. (Figure 5)

Etape 1



Etape 2



Etape 3



Etape 4



Figure 06: Production de Biochar

VI .5. Méthode de travail :

VI.5.1.Dispositif expérimental :

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 4 lignes et l'espace entre les lignes 30cm.

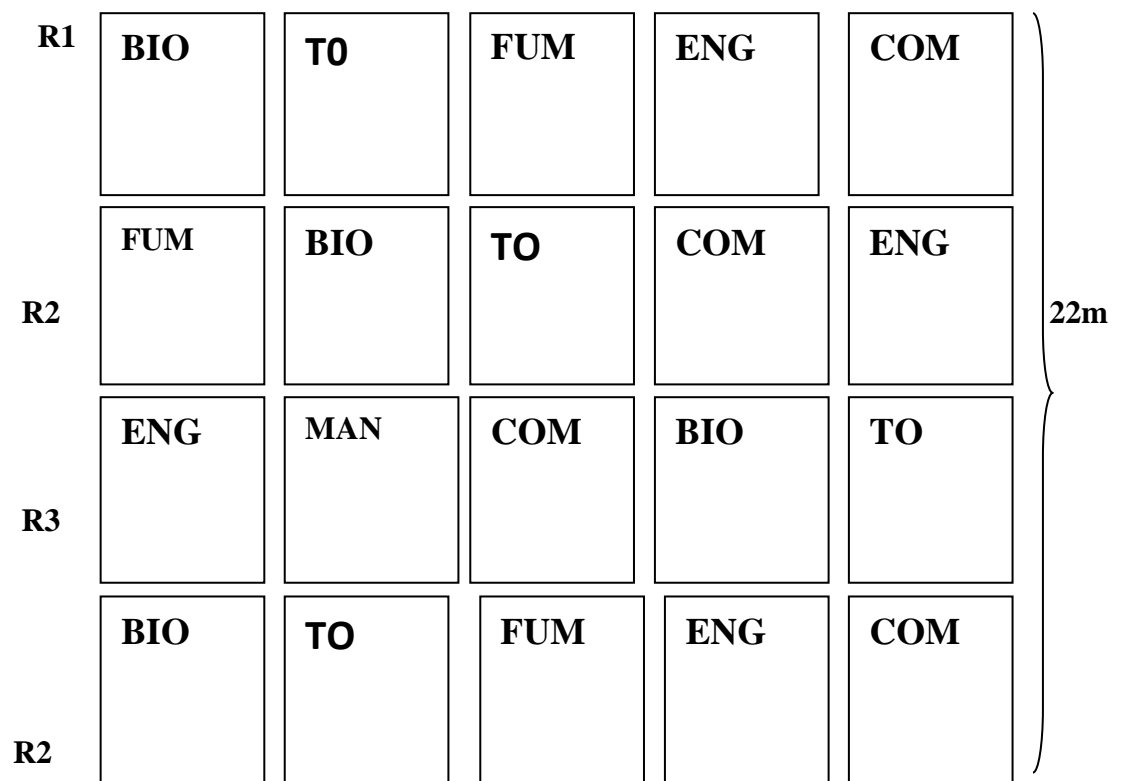
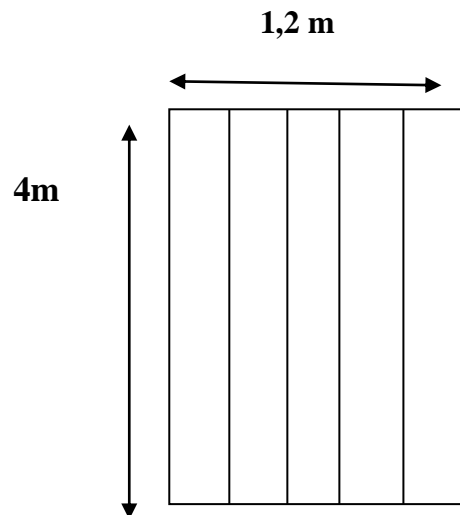


Figure 07: Dispositif expérimental



Figure 08: les parcelles

- **TO** : Être témoin de
- **COM** : compost
- **ENG**: engrais (N.P.K)
- **FUM** : fumier
- **BIO** : Biochar

✓ **R1= Répétition 01 : Il y a 5 traitements :**

Traitement 01 : contrôle. **Traitement 02** : compost . **Traitement 03** : engrais. **Traitement 04** : fumier.
Traitement 05 : biochar

✓ **R2= Répétition 02 : Il y a 5 traitements**

Traitement 01 : biochar . **Traitement 02** : contrôle. **Traitement 03** : fumier . **Traitement 04** : engrais.
Traitement 05 : compost.

✓ **R3= Répétition 03 : Il y a 5 traitements**

Traitement 01 : fumier. **Traitement 02** : biochar . **traitement 03** : contrôle . **Traitement 04** : contrôle
Traitement 05 : engrais

✓ **R4= Répétition 04 : Il y a 5 traitements**

Traitement 01 : contrôle . **traitement 02** : manuer . **Traitement 03** : compost. **Traitement 04** : biochar
Traitement 05 : témoin

VI.5.2. Analyse en laboratoire :

✓ 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:

a) Nous avons préparé les échantillons pour le séchage dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.

b) Nous avons retiré les roches et les résidus végétaux des échantillons secs, puis les avons broyés avec un tamis à échantillon de 2 mm.

c) Nous mettons les échantillons dans un conteneur pour collecter des sous-échantillons pour analyse

Analyse physico-chimique des sols :

element	Analysis method
PH	PH mètre
Active limestone	DROUINEAU-GALET
total limestone	Calcimètre
Organic carbon	WILKYBLAK
Organic matter	C.O * 1.72
Total nitrogen	KJELDAHL
Assimilable phosphorus	Joret–Hebert
CEC	METTSON
K+ ,Na+	Flame spectrophotometer
Ca++ , Mg++	Richards 1954(titration par EDTA)
humidity	Richard's Pot
Apparent density	Cylinder
Granulometry	Sedimentation

✓ **Analyse des eaux :**

Echantillonnage des eaux :

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

La qualité d'eau d'irrigation :

Analysis	Results
PH	7.23
CE(ds/m)	4.84
Résidu sec(mg/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

VI.5. 3. Fertilisation :➤ **engrais utilisés :**

- Dans notre étude nous avons utilisé :
- Urée 46% N sous forme de granulés.
- TSP 46% sous forme de granulés P2 O5.
- Sulfate de potasse 51% K2SO4. sous forme granulée

➤ **compost et fumier :**

Compostage :

Compostage des sous-produits du palmier dattier biologique

- **pH : 7,49**

- **EC : 9.90 (ds/m)**

étaient au laboratoire du département d'agronomie de Biskra.

Fumier:

Le fumier de mouton a été utilisé

- **pH : 7,14**

-**CE : 7.90 (js/m)**

étaient au laboratoire du département d'agronomie de Biskra

VI.6. Calcul des doses :

a) La surface totale : longueur \times largeur

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

b) Exportations totales d'orge :

- Azote (N) : 2,5 kg/h.
- Phosphore (P) : 0,7 kg/h.
- Potassium (K) : 1,7 kg/h.

c) Objectif de rendement : 50 quintaux/ha

d) Besoin : exportation \times rendement

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

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

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

1ha = 10000 m

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

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

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

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

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

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

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

➤ **Fumier et compost:**

For the greenhouse:

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

➤ **Quantité de biochar 10T**

$$\begin{array}{l} 10000\text{m}^2 \longrightarrow 10000 \text{ kg / parcelle} \\ 6\text{m}^2 \longrightarrow X \end{array} \quad X = 6 \text{ kg parcelle}$$

VI.7. Conduite de l'essai:

VI.7.1. Travail du sol

Préparation manuelle du sol Un labour profond de 40 cm a été réalisé au mois de (Janvier 2023) pour *objectif* :

- ✓ Améliorer l'état physique et mécanique du sol.
- ✓ Perméabilité et porosité accrues.
- ✓ Limiter les infestations de mauvaises herbes.
- ✓ enfouissement d'engrais

VI.7.2.Épandage d'engrais :

Nous avons ajouté du potassium et du phosphore avant le semis (20/01/2023).

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

Première rentrée au stade 2/3 feuilles (14/02/2023)

Deuxième apport au début du tallage (15/03/2023)

Troisième promotion au stade de l'en-tête (7/05/2023)

VI.7.3.Semis:

Le semis manuel des gaines est effectué le (07/02/2023) à une profondeur de 2-3 cm.

VI.7.4.Arrosage :

Nous avons appliqué une irrigation goutte à goutte.

Consiste à distribuer l'eau par des canalisations et caniveaux par gravité : Les canalisations distribuent l'eau aux canalisations secondaires aux parcelles.



Figure 09: Installation de système d'irrigation

VI.7.5. La Récolte :

La récolte de notre essai est manuelle a été effectué le (12/06/ 2023). Les parcelles élémentaires ont été récoltées et mises dans des sachets.

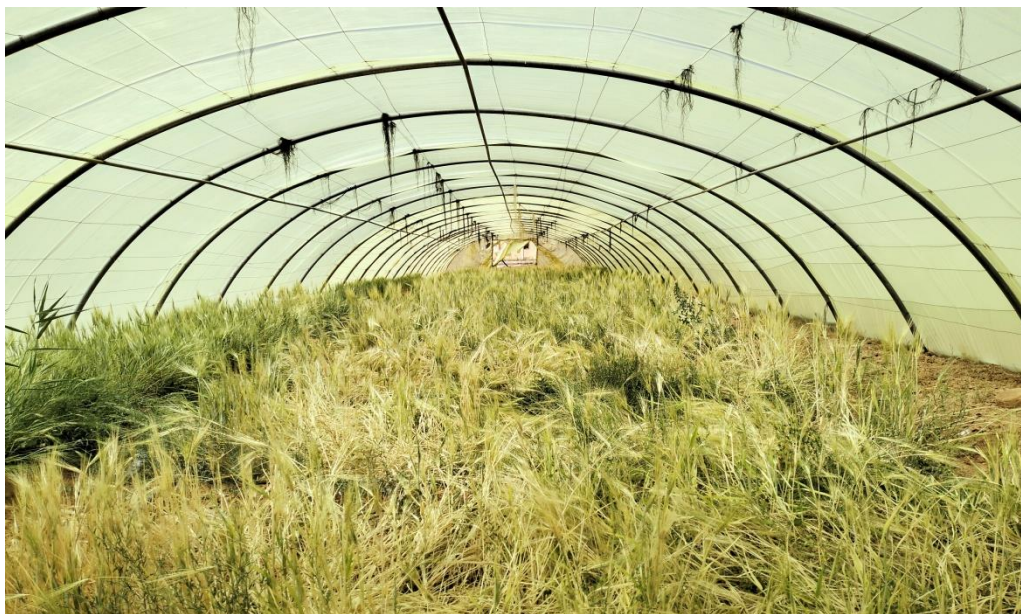


Figure10: La récolte

Chapitre VI Résultats et discussion

CHAPITRE N° V : Résultats et Discussion

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

V.1. les caractérisations chimique du sol avant les traitements :

Les tableaux 04, 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

V.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 chimiques du sol les tableaux ci-dessous englobent les variations des paramètres chimiques étudiés.

V.2.1.pH des sols :

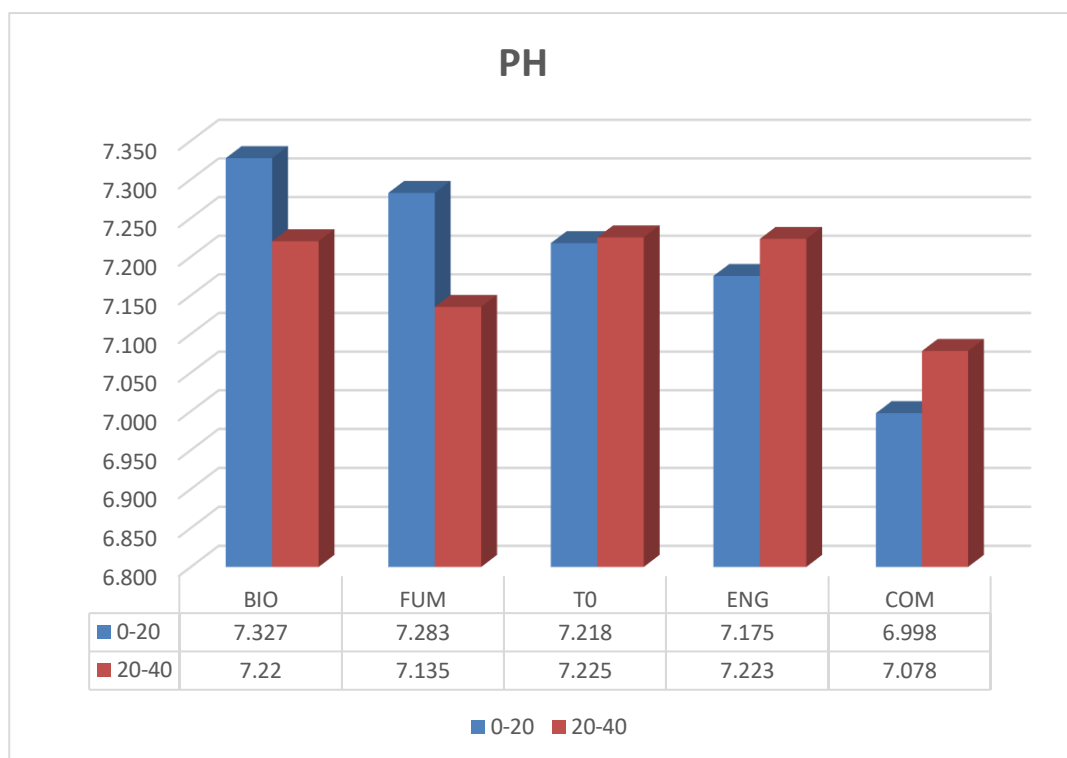


Figure11: Evaluation du pH des sol après traitements

Selon la classification du pH faite par (Sarkar et Haladar, 2015) , le pH avant la mise en culture (T) est moyennement basique avec une valeur de profondeur 0-20 :7,39 et 7,7 de profondeur 20-40 cm.

On observe sur la figure 08, une diminution des valeurs de pH de tous les traitements par rapport à T. La moyenne des valeurs de pH est proche de la neutralité avec des valeurs de 6.99 qui correspondent au sol traité par le (COM) et 7,17 qui correspondent au sols traité par (ENG) , et moyennement acide pour le sol non traité (TO) avec 7,2 et le sol traité par le compost (BIO) avec une valeur de 7.333.

V.2.2. Conductivité électrique :

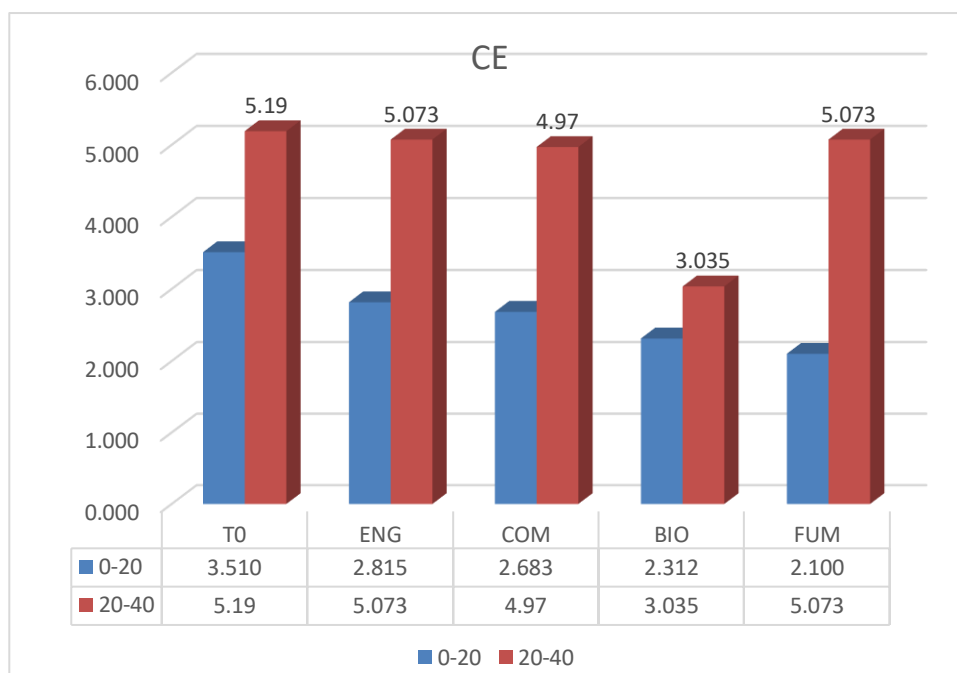


Figure12: Evaluation du CE des sol avant la mise en culture et après traitement.

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 sur la figure 09, une légère augmentation de la CE pour (T0) avec 3.5 (ds/m) par rapport aux autres traitements et le témoin T, une diminution des valeurs de conductivité électrique pour tous les traitements par rapport à T pour le T (ENG) avec 2,8 T (compost) avec 2,6 et T (Bio) avec 2,3 et T (FUM) avec 2,1.

Donc le fumier a diminué le CE du sol de 1,1 unité.

V.2.3.La capacité d'échange cationique :

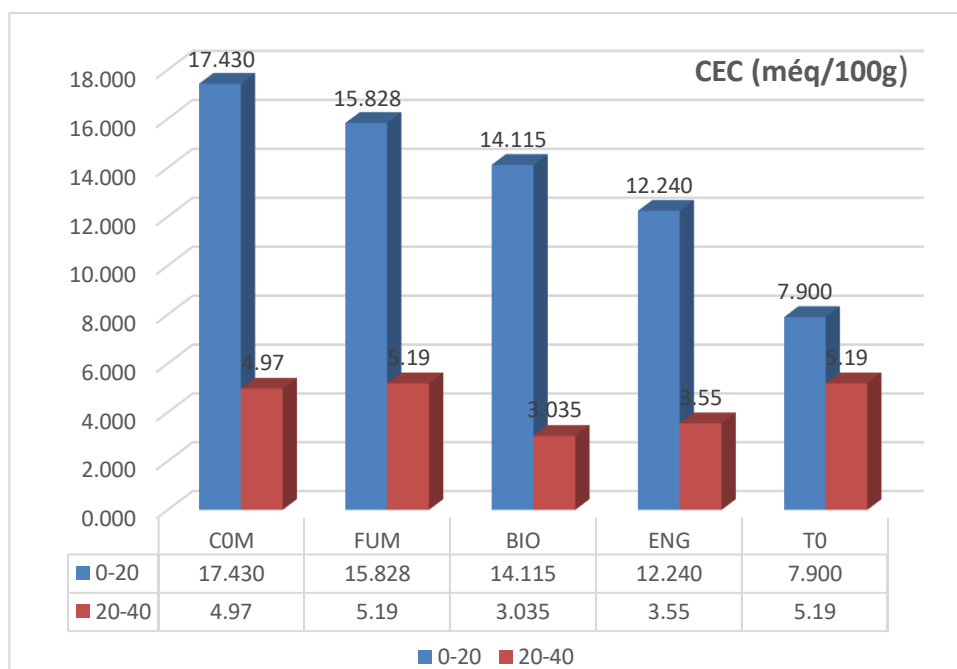


Figure 13: Evaluation du CEC des sol après les traitements

Selon la classification de la CEC, le sol avant la mise en culture (T) sa CEC est petite, avec une valeur 4.35 még/100g.

On observe d’après la figure , une augmentation des valeurs de la CEC des sols non traités (TO) avec une valeur de la CEC de 7.372 (meq/100g), la CEC qui correspond au sol traité par (ENG) est de 12.408 (meq/100g , l’ augmentation de la CEC pour le sol traité par le (BIO) avec 14,3 et le (FUM) une valeur de 15,8 (meq/100g) et pour les traités par le (COM) la CEC est de 17,3 (meq/100g).

Donc le compost a augmenté le CEC du sol de 11,45

V.2.4.Le sodium :

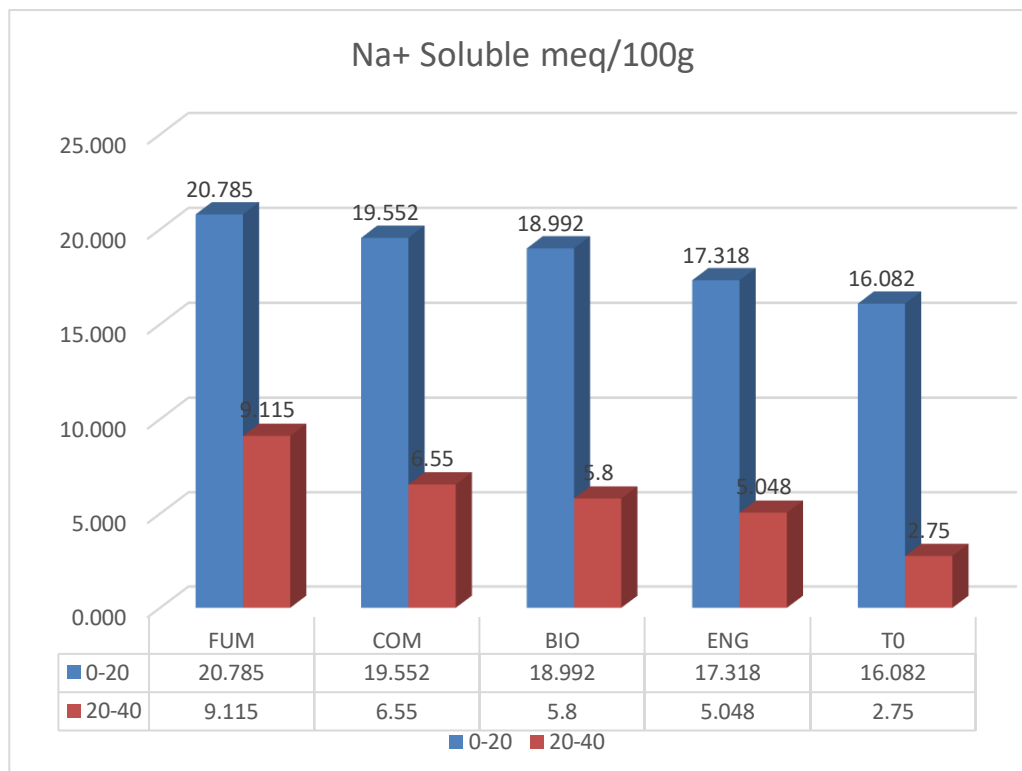


Figure 14: Evaluation de Na+ des sols après les traitements

On remarque que le sodium est à la valeur la plus élevée lorsque la sol est traitée au Fumier à un taux de 20 meq /100g, suivi de la sol traitée au compost et estimée à 19 meq /100g , tandis que T(Biochar) estimé 18 et T(ENG) avec 17 et était la valeur la plus bassedand T0

V.2.5.Matière organique :

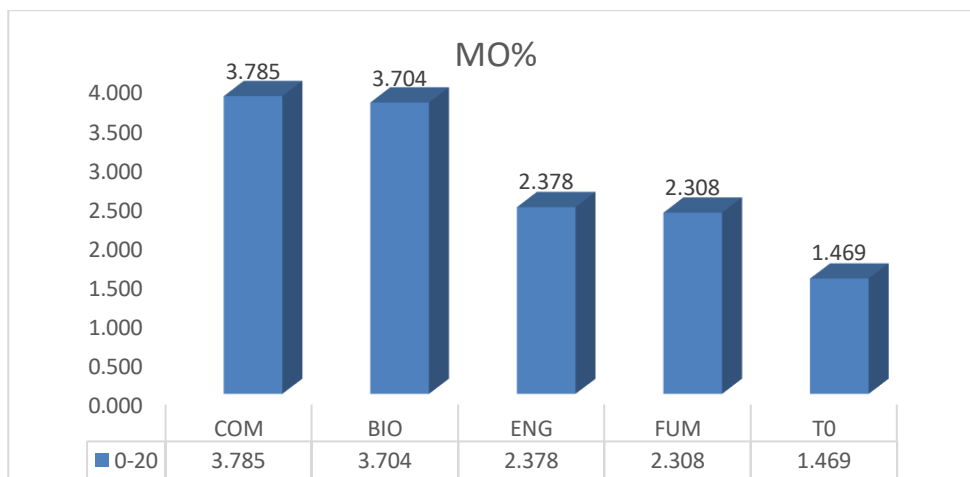


Figure 15: Evaluation de M.O% des sol après traitement.

D’après la classification faite par (I.T.A, 1977) , le sol de (T) est pauvre en matière organique avec un taux de 1.9 % .

On remarque d’après la figure , une augmentation remarquable pour tous les traitements respectivement sauf pour le sol traité par (T0) avec un taux du 1,4 % , après cela le sol T(FUM) avec 2,8 % et pour le sol traité par (ENG) avec 2,3 % et dans le sol traité par Biochar 3,7 %.

Le meilleur résultat est pour le sol traité par (COM) avec un taux 3,87 de MO.

V.2.6.Phosphore assimilable :

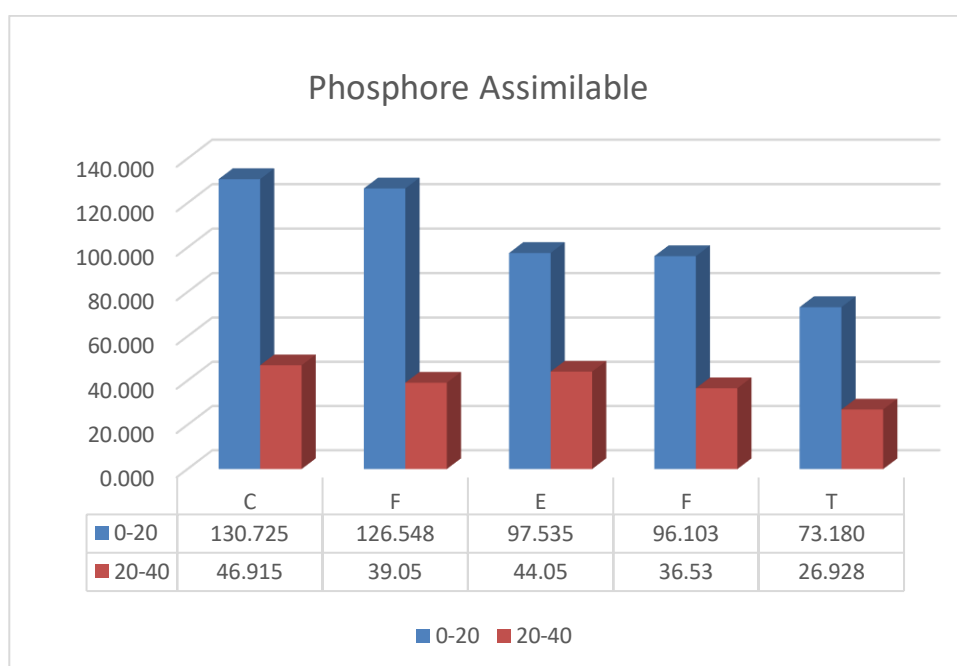


Figure 16 : Evaluation de Phosphore des sols après les traitements

On note que pour le phosphore, la valeur la plus élevée a été enregistrée dans le sol traité au compost, estimé à 130,5 ppm , suivi du sol traité au biochar avec 126 ppm puis du T(ENG) avec 97 ppm et le T(FUM) 96 ppm et le plus faible pourcentage de phosphore était à T0 estimée à 73 ppm.

V.3.étude statistique de l’influence des traitement sur les propriétés chimiques du sol :

V.3.1.Influence des traitements sur le pH du sol :

Les traitements ont conduit à une légère diminution des valeurs de pH du sol, qui était de 7,39 avant la mise en place de la culture d’orge.

néanmoins, l’observation du Tableau 09 , montre que la valeur de pH du compost est la plus faible 6,9, avec un écart de 0,4 unité par rapport au pH du sol avant la mise en place

de la culture (T), par contre, la diminution du pH du sol biochar et de 7,32 avec un écart de 0.07 unité par rapport au sol (T). tansdisque , la diminution de pH du sol (ENG) est de 7,17 avec un écart de 0.22 unité par rapport au sol (T).

cependant , la diminution de pH du sol (FUM) est de 7,2 avec un écart de 0.19 unité par rapport au (T).l'ordre de la diminution des valeurs de pH du sol est : (COM)< (ENG)<(T0) < (FUM)< (Biochar),la diminution de pH du sol est du surtout pour le compost par la production d'acides organiques lors de phénomène du humification, et l'activité de la rhizosphère de la culture de l'orge.

Modalité	Moyenne	Groupes	
B	7,328	A	
F	7,283	A	
T	7,218	A	
E	7,175	A	B
C	6,998		B

Tableau 05: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(PHdes sols 0-20)

Modalité	Moyenne	Groupes
T	7,225	A
E	7,223	A
B	7,220	A
F	7,135	A
C	7,078	A

Tableau 06: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(PHdes sols 20-40)

V.3.2.Influence des traitement sur le CE du sol :

Les traitement ont conduit à une deminiation des valeurs de CE du sol, qui était de 3.33 avant la mise en place de la culture d'orge.

L 'observation du Tableau 10 , montre que la valeur de CE du (T0) est la plus élevée 3,5 ds/m , avec un écart de 0,2 unité par rapport au CE du sol avant la mise en place de la culture (T), par contre, le dimination du CE du sol (ENG) 2,8 avec un écart de 0,53 unité par rapport au sol (T).

le diminiation de CE du sol (COM) est de 2,6 ds/m avec un écart de 0.73 unité par rapport au sol (T) ,et le diminiation de CE du sol (BIO) est de ds/m avec un écart de 1,03 unité par rapport au sol (T).et le diminiation de CE du sol (FUM) est de 2,1ds/m avec un écart de 1,23 unité par rapport au sol (T) .

l'ordre de la diminution des valeurs de CE du sol est (TO) >(ENG) >(COM) > (BIO) > (FUM) Cela est dû à la solubilisation des traitements.

Modalité	Moyenne	Groupes
T	3,510	A
E	2,815	A
C	2,683	A
B	2,313	A
F	2,100	A

Tableau 07 : Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CE ds/m des sols 0-20)

Modalité	Moyenne	Groupes
F	5,190	A
T	5,073	A
C	4,970	A
E	3,535	A
B	3,035	A

Tableau 08 : Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CE ds/m des sols 20-40)

V.3.3. Influence des traitements sur le MO% du sol :

Les traitements ont conduit à une augmentation des valeurs de MO % du sol, qui était de 1.9 avant la mise en place de la culture

l'observation du Tableau 10 montre que la valeur de MO% du (T0) est la plus faible 1.4% , avec un écart de 0,5 unité par rapport au MO% du sol avant la mise en place de la culture (T) et l'augmentation du MO% du sol (ENG) de 2,3 08 % avec un écart de 0,408 unité par rapport au sol (T). l'augmentation de sol (FUM) est de avec un écart de 0,4 unité par rapport au sol (T).

cependant , l'augmentation MO% du sol (BIO) est de 3.704 avec un écart de 1,804 unité par rapport au (T). l'augmentation MO% du sol (COM) est de 3.785 avec un écart de 1,885 unité par rapport au (T).

l'ordre de l'augmentation des valeurs de MO% du sol est: (COM) > (BIO) > (ENG) > (FUM) > (T0), est dû à la humification et minéralisation du carbone et des autres éléments issus de l'activité de la biomasse microbienne .

Modalité	Moyenne	Groupes		
C	3,785	A		
B	3,704	A		
E	2,378		B	
F	2,308		B	
T	1,469			C

Tableau09: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(MO% des sols 0-20)

V.3.4.Le sodium :

L'observation du Tableau 15 , montre que la valeur de Na⁺ (méq/100g) du (TO) est la plus faible 16 méq/100g , avec un écart de 9,05 unité par rapport au Na⁺(méq/100g) du sol avant la mise en place de la culture (T) 6,95 méq/100g et la augmentation de Na⁺ (méq/100g) du sol (ENG) de 17,3 avec un écart de 10,35 unité par rapport au sol (T) ,et la augmentation de Na⁺ (méq/100g) dans le sol (BIO)de 18,99 avec un écart de 12,04 unité par rapport au sol (T) .par contre l'augmentation de Na⁺ (méq/100g) du sol (COM) est de 19,9 méq/100g avec un écart de 12,95 unité par rapport au sol (T) et augmentation Na⁺(méq/100g) dans le sol (FUM) 20,7

Modalité	Moyenne	Groupes		
F	20,785	A		
C	19,553	A		
B	18,993	A	B	
E	17,318		B	C
T	16,083			C

Tableau10: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(Na des sols 0-20)

Modalité	Moyenne	Groupes		
F	9,115	A		
B	6,550	A	B	
C	5,860	A	B	C
E	5,048		B	C
T	2,758			C

Tableau 11: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(Na des sols 20-40)

V.3.5. Influence des traitement sur le CEC du sol :

L'observation du Tableau 13 montre que la valeur de CEC méq/100g du (TO) est la plus faible 7,9 (méq/100g) , avec un écart de 3,4 unité par rapport au CEC du sol avant la mise en place de la culture (T) 4,5 méq/100g , et la augmentation de CEC méq/100g du sol (ENG) de 12,2 méq//100g avec un écart de 7,7unité par rapport au sol (T). par contre , l'augmentation de CEC méq/100g du sol (BIO) est

de 14,1 avec un écart de 9,6 unité par rapport au sol (T).

cependant , l'augmentation de CEC méq /100g du sol (FUM) est de 15,8 avec un écart de 11,3 unité par rapport au (T). et augmentation CEC dans le sol (COM) est 17,3

Modalité	Moyenne	Groupes	
C	17,430	A	
F	15,828	A	
B	14,115	A	
E	12,240	A	B
T	7,900		B

Tableau 12: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CECdes sols 0-20)

Modalité	Moyenne	Groupes		
C	1,725	A		
F	1,253	A	B	
B	0,868		B	C
T	0,700		B	C
E	0,443			C

Tableau 13: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(CECdes sols 20-40)

V.3.6. Influence des traitement sur le phosphore assimilable(ppm) du sol

l'observation du Tableau 18 montre que la valeur de Phosphore du (COM) est la plus augment 130 ppm , avec un écart de 57 unité par rapport au Phosphore du sol (T0), et la augmentation de Phosphore du sol (ENG) de 126 ppm avec un écart 53 de unité par rapport au sol (T). tansdisque ,la augmentation de phosphore du sol (BIO) est de 97 ppm avec un écart de 24 unité par rapport au sol (T).

cependant , la augmentation de Phosphore du sol (FUM) est de 96ppm avec un écart de 23 unité par rapport au (T0).l'ordre de augmentation des valeurs de la Phosphore du sol est : (COM) >(ENG)> (BIO) >(FUM)

Modalité	Moyenne	Groupes	
C	130,725	A	
B	126,548	A	
E	97,535	A	B
F	96,103	A	B
T	73,180		B

Tableau 14: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(P des sols 0-20)

Modalité	Moyenne	Groupes	
C	46,915	A	
F	44,050	A	
E	39,035	A	B
B	36,523	A	B
T	26,928		B

Tableau 15: Résultat du test de NEWMAN-KEULS(P 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 biochar et le compost ont diminué fortement la C.E du sol d'une part et ont augmenté la C.E.C et la matière organique pour les deux profondeurs.
- Le biochar et le compost ont un effet positif sur le sodium et le phosphore du sol pour les deux profondeurs.

Références bibliographiques

- Agegnehu, G., Nelson, P. N. & Bird, M. I. 2016. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research* 160: 1–13.
- Aller, D. M., Archontoulis, S. V., Zhang, W., Sawadgo, W., Laird, D. A. & Moore, K. 2018. Long term biochar effects on corn yield, soil quality and profitability in the US Midwest. *Field Crops Research* 277: 30–40.
- Bashir, S., Hussain, Q., Shaaban, M. & Hu, H. 2018. Efficiency and surface characterization of different plant derived biochar for cadmium (Cd) mobility, bioaccessibility and bioavailability to Chinese cabbage in highly contaminated soil. *Chemosphere* 211: 632–639.
B Chen, M. Yuan, L. Qian Enhanced bioremediation of PAH-contaminated soil by immobilized bacteria with plant residue and biochar as carriers , *J. Soils Sediments*, 12 (2012), pp. 1350-1359.
- EBC 2012. European Biochar Certificate – Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. Version 6.5E. European Biochar Foundation (EBC). Arbuz, Switzerland. Available from European-biochar.org/en/download. Retrieved 7.10.2018.
- Haider, G., Steffens, D., Moser, G., Müller, C. & Kammann, C. 2017. Biochar reduced nitrate leaching and improved soil moisture content without yield improvements in a four-year field study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 237: 80–94.
- I .Joško, P. Oleszczuk, J. Pranagal, J. Lehmann, B. Xing, G. Cornelissen ,Effect of biochar, activated carbon and multiwalled carbon nanotubes on phytotoxicity of sediment contaminated by inorganic and organic pollutants
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ITAB., 2001. *Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001*.p105-106.
- J.H. Kim, Y.S. Ok, G.-H. Choi, B.-J. Park Residual perfluoro chemicals in the biochar from sewage sludge , *Chemosphere.*, 134 (2015), pp. 435-437.
- K. Sun, M. Jin, M. Keiluweit, Z. Kleber, Z. Wang, B. Pan, B. Xing
Polar and aliphatic domains regulate sorption of phthalic acid esters (PAEs) to biochar
Bioresour. Technol., 118 (2012), pp. 120-127.
- L. Leng, H. Huang , An overview of the effect of pyrolysis process parameters on biochar stability
Bioresour. Technol., 270 (2018), pp. 627-
- Mehta, C.M., Palni, U., Franke-Whittle, I.H., Sharma, A.K., 2014. Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Manag.* 34 (3), 607e622.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012>.
- M. Wu, Q. Feng, X. Sun, H. Wang, G. Gielen, W. Wu
Rice (*Oryza sativa* L) plantation affects the stability of biochar in paddy soil, *Sci. Rep.*, 5 (2015), p. 10001,

- N. Ameloot, E.R. Graber, F.G.A. Verheijen, S. De Neve , Interactions between biochar stability and soil organisms: review and research needs . *Eur. J. Soil Sci.*, 64 (2013), pp. 379-390
- Nelissen, V., Ruyschaert, G., Mank'Abusi, D., D'Hose, T., De Beuf, K., Al-Barri, B., Cornelis, W. & Boeckx, P. 2015. Impact of a woody biochar on properties of a sandy loam soil and spring barley during a two-year field experiment. *European Journal of Agronomy* 62: 65–78
- O.R. Harvey, L. Kuo, A.R. Zimmerman, P. Louchouart, J.E. Amonette, B.E. Herbert An index-based approach to assessing recalcitrance and soil carbon sequestration potential of engineered black carbons (biochar) , *Environ. Sci. Technol.*, 46 (2012), pp. 1415-1421
- O'Toole, A., Moni, C., Weldon, S., Schols, A., Carnol, M., Bosman, B. & Rasse, D. P. 2018. Miscanthus biochar had limited effects on soil physical properties, microbial biomass, and grain yield in a four-year field experiment in Norway. *Agriculture* 8: 171.
- P. Devi, A.K. Saroha . Effect of pyrolysis temperature on polycyclic aromatic hydrocarbons toxicity and sorption behaviour of biochar prepared by pyrolysis of paper mill effluent treatment plant sludge , *Bioresour. Technol.*, 192 (2015), pp. 312-
- Pepe, O., Ventrino, V., Blaiotta, G., 2013. Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N-2)- fixing bacteria application. *Waste Manag.* 33 (7), 1616e1625. [https://doi.org/ 10.1016/j.wasman.2013.03.025](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.03.025)
- Pietronave, S., Fracchia, L., Rinaldi, M., Martinotti, M.G., 2004. Influence of biotic and abiotic factors on human pathogens in a finished compost. *Water Res.* 38 (8), 1963e1970. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.01.027>.
- P. Oleszczuk, I. Joško, H. Kuśmierz Biochar properties regarding to contaminants content and ecotoxicological assessment, *J. Hazard. Mater.*, 260 (2013), pp. 375-382
- Ponce, G. R., Mason, S. C., Salas, M. L., Sabata, R. J. & Herce, A. 1993. Environment, seed rate, and N rate influence on yield of winter barley. *Fertilizer research* 34: 59–65
- R. Ma, C. Levard, J.D. Judy, J.M. Unrine, M. Durenkamp, B. Martin, B. Jefferson, G.V. Lowry Fate of zinc oxide and silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant and in processed biosolids, *Environ. Sci. Technol.*, 48 (2014), pp. 104-
- R.S. Quilliam, H.C. Glanville, S.C. Wade, D.L. Jones Life in the 'charosphere'—does biochar in agricultural soil provide a significant habitat for microorganisms? , *Soil Biol. Biochem.*, 65 (2013), pp. 287-293
- K. Sun, M. Jin, M. Keiluweit, Z. Kleber, Z. Wang, B. Pan, B. Xing Polar and aliphatic domains regulate sorption of phthalic acid esters (PAEs) to biochar, *Bioresour. Technol.*, 118 (2012), pp. 120-127

- S. Bruun, S. Clauson-Kaas, L. Bobul'ská, I.K. Thomsen
Carbon dioxide emissions from biochar in soil: role of clay, microorganisms and carbonates, *Eur. J. Soil Sci.*, 65 (2013), pp. 52-59
- Slafer, G. A. 2002. *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Food Products Press 2002,105: 47–82.
- Solaiman, Z. M., Blackwell, P., Abbott, L. K. & Storer, P. 2010. Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonisation, growth and nutrition of wheat. *Soil Research* 48: 546–554.
- Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E. & Bol, R. 2010. *Advances in Agronomy*. Chapter 2 – A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil. *Advances in Agronomy*
- S. Sohi, S.C. Wade, J. Kern
Consistency of biochar properties over time and production scales: a characterisation of standard materials , *J. Analytic. Appl. Pyrolysis.*, 132 (2017), pp. 200-210
- S. Saxena, S. Maity, B. Sarkar . Carbon nanoparticles in biochar boost wheat (*Triticum aestivum*) plant growth , *RSC Adv.*, 4 (2014), p. 39948
<https://doi.org/10.1039/C4RA06535B>
- Tammeorg, P., Parviainen, T., Nuutinen, V., Simojoki, A., Vaara, E. & Helenius, J. 2014c. Effects of biochar on earthworms in arable soil: avoidance test and field trial in boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191: 150–157.
- Tammeorg, P., Simojoki, A., Mäkelä, P., Stoddard, F. L., Alakukku, L. & Helenius, J. 2014b. Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 191: 108–116
- T.J. Purakayastha, K.C. Das, J. Gaskin, K. Harris, J.L. Smith, S. Kumari
Effect of pyrolysis temperatures on stability and priming effects of C3 and C4 biochar applied to two different soils , *Soil Tillage Res.*, 155 (2016), pp. 107-115
- X.P. Gai, H.Y. Wang, J. Liu, L.M. Zhai, S. Liu, T.Z. Ren, H.B. Liu , Effects of feedstock and pyrolysis temperature on biochar adsorption of ammonium and nitrate . *PLoS One*, 9 (12) (2014), Article e113888
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113888>
- Xu, Y., Seshadri, B., Sarkar, B., Wang, H., Rumpel, C. Sparks, D. Farrell, M., Hall, T., Yang, X. & Bolan, N. 2017. Biochar modulates heavy metal toxicity and improves microbial carbon use efficiency in soil. *Science of the Total Environment* 15: 148–159
- X.P. Gai, H.Y. Wang, J. Liu, L.M. Zhai, S. Liu, T.Z. Ren, H.B. Liu , Effects of feedstock and pyrolysis temperature on biochar adsorption of ammonium and nitrate
PLoS One, 9 (12) (2014)

- Y.F. Yin, X.H. He, R. Gao, H.L. Ma, Y.S. Yang . Effects of rice straw and its biochar addition on soil labile carbon and soil organic carbon . *J. Integr. Agric.*, 13 (2014), pp. 491-498
- Y. Zhou, X. Liu, Y. Xiang, P. Wang, J. Zhang, F. Zhang, J. Wei, L. Luo, M. Lei, L. Tang
Modification of biochar derived from sawdust and its application in removal of tetracycline and copper from aqueous solution: adsorption mechanism and modelling . *Bioresour. Technol.*, 245 (2017), pp. 266-273
- Y. Kuzyakov, I. Bogomolova, B. Glaser , Biochar stability in soil: decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific ¹⁴C analysis . *Soil Biol. Biochem.*, 70 (2014), pp. 229-236
- Y. Zhang, J. Zhang, D. Su . 5-Hydroxymethylfurfural: A key intermediate for efficient biomass conversion , *J. Energy Chem.*, 24 (2015), pp. 548-551
- ZNAÏDI I., 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 dégrée méditerranéen organique agriculture, C.I.H.E.A.M Méditerranéen Agronomique Institute of BARI, 85p
- ZEGELS A., 2012. Composter les déchet organique , Guide des bonnes pratiques pour la transformation des déchets de cuisine et de jardin , Claude DELBEUCK, D'GARNE 15 , Avenue Prince de Liège-5100jambes , SPW , ISBN9778-2-8056-0109-5

Annexes

Les stades du développement végétatives du l'orge



Photo :les parcelles



photo : stade 3 feuilles



photo : stade tallage



Photo : stade floraions



photo : stade maturité

	PH		CE		CEC		K échangeable		Na soluble		P assimilable		MO %
	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
T	7,15	7,42	3,92	5,15	6,66	1,93	0,171	0,02	13,47	2,73	68,76	35,81	1,96
T	7,4	7,16	3,4	5,55	9,14	0,16	0,153	0,01	15,65	3,82	72,58	27,22	1,1696
T	7,14	7,13	3,6	5,18	7,49	0,33	0,13	0,03	16,95	2,4	79,27	11,99	1,345
T	7,18	7,19	3,12	4,41	8,31	0,38	0,138	0,02	18,26	2,08	72,11	32,69	1,403
B	7,35	7,4	1,59	1,54	15,77	0,83	0,265	0,04	20,73	7,13	83,57	32,95	3,5
B	7,61	7,27	1,52	1,65	14,94	1,1	0,181	0,05	18,08	4,56	139,44	40,14	3,8
B	7,2	7,08	2,33	4,95	16,63	0,6	0,185	0,04	19,82	7,69	125,11	45,36	3,216
B	7,15	7,13	3,81	4	14,12	0,94	0,177	0,002	17,34	6,82	158,07	27,64	4,3
C	7,09	7,1	3,29	4,36	24,06	1,88	0,2	0,2	19,13	6,3	91,21	40,11	4,5
C	6,91	6,93	2,3	4,7	9,14	1,49	0,2	0,03	18,7	3,9	188,15	48,23	2,924
C	7,09	7,17	2,8	6	19,92	1,6	0,18	0,06	19,6	7,21	145,65	48,23	3,216
C	6,9	7,11	2,34	4,82	16,6	1,93	0,176	0,04	20,78	6,03	97,89	51,09	4,5
F	7,22	7,33	1,12	5,24	13,26	2,15	0,135	0,04	18,43	16,56	82,13	65,42	2,16
F	7,15	6,94	1,39	5,51	10,8	1,54	0,153	0,06	21,3	6,66	81,66	22,44	2,514
F	7,48	7,24	3,5	4,01	16,75	0,72	0,177	0,02	21,73	5,46	120,34	36,77	2,339
F	7,28	7,03	2,39	6	13,5	0,6	0,12	0,04	21,68	7,78	100,28	51,57	2,22
E	7,16	7,23	3,9	4,69	9,97	0,33	0,22	0,03	16,8	5,64	76,4	42,97	2,39
E	7,2	7,26	1,36	1,65	12,46	0,1	0,2	0,05	17,39	4,87	100,28	49,66	2,22
E	7,29	7,3	2,7	3,02	11,63	0,6	0,2	0,06	16,91	3,78	112,22	36,29	2,9
E	7,05	7,1	3,3	4,78	14,9	0,74	0,17	0,02	18,17	5,9	101,24	27,22	2

Tableau des résultats les paramètres chimique du sol

Traitment	Dr (g/cm)	Da (g/cm)	P%	HCC% 20	HPF%20	RU (mm)	RFU(mm)	HCC% 40	HPF%40	RU(mm)40	RFU(mm)40
t	2,15	1,46	32,32	22,17	14,36	220,16	146,77	17,85	13,79	237,104	158,06
t	2,17	1,38	36,69	20,89	16,79	113,16	75,44	16	15,57	19,87	13,248
t	1,82	1,28	30,01	32,31	22,41	253,44	168,96	18,85	11,2	296,82	179,88
t	2,04	1,47	28,22	25,15	23,19	68,2	45,47	23,82	19,15	413,95	275,96
B	2,24	1,26	43,96	23,67	16,95	169,34	112,89	25,7	20,65	21,67	14,44
B	2,11	1,22	42,33	24,95	19,83	124,92	83,28	17,14	16,78	252,29	168,19
B	1,97	1,44	27,05	32,2	20,94	324,28	216,19	17,2	12,03	118,65	79,104
B	2,01	1,41	30,03	22,39	16,54	164,97	109,98	16,79	11,51	304,56	203,04
F	2,25	1,34	40,64	24,85	16,69	218,68	145,79	17,49	10,17	250,31	166,87
F	2,47	1,32	46,69	23,26	19,38	102,43	68,28	22,92	14,33	386,49	257,66
F	2,13	1,25	41,31	37,62	21,79	395,75	263,83	21,73	16,46	124,5	83
F	1,61	1,06	34,46	24,35	21,46	61,26	40,84	11,68	9,62	95,82	63,88
C	2,16	1,11	48,72	23,14	16,08	156,73	104,48	24,78	22,37	339,66	226,44
C	2,19	1,4	36,18	26,5	22,65	107,8	71,86	18,31	15,82	295,68	197,12
C	2,1	1,49	29,09	35,77	20,33	460,11	306,74	11,2	8,56	143,63	95,757
C	1,86	1,39	25,61	24,15	22,76	38,64	25,76	20,19	13,15	701,67	467,78
E	2,14	1,5	30,22	21,96	13,95	240,3	160,2	22,86	17,46	303	202
E	1,88	1,43	24,26	21,92	21,66	7,43	4,95	26,58	13,96	491,34	327,56
E	1,81	1,45	14,76	33,3	19,27	434,93	289,95	16,46	14,2	153,12	102,03
E	1,85	1,55	21,86	25,66	21,51	120,35	80,23	18,57	16,6	122,14	81,42

Tableau des résultats les paramètres physique du sol

Résumé

la présente étude est une contribution à l'étude de l'effet de d'un biochar et compost a base de palmier dattier sur les propriétés chimiques du sol et son impact sur la culture de orge dur dans la région Biskra, cette étude a été réalisée au niveau du département agronomie a université Biskra

Dans notre étude, nous avons fait cinq traitements et un témoin T0 Control ; T1 (Biochar) ; T2 (Compost) ; T3 (fumier) ; T4 (engrais) avec quatre répétitions . Des analyses physiques, chimiques et biologiques du sol et mesure de la biométrie des plantes de orge.

Les résultats obtenus de cette étude montrent qu'il y a des effets positifs du biochar et compost sur les propriétés chimique et physique et du sol et la croissance des plantes et leur rendement. Les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau du T1 (Biochar) et T2 (compost).

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 de orge

Abstract

the present study is a contribution to the study of the effect of a biochar and compost based on date palm on the chemical properties of the soil and its impact on the cultivation of hard barley in the Biskra region, this study was carried out at the level of the agronomy department at Biskra University

In our study, we did five treatments and a control T0 Control; T1 (Biochar); T2 (Compost); T3 (manure); T4 (fertilizer) with four repetitions. Physical, chemical and biological analyzes of the soil and measurement of the biometrics of barley plants.

The results obtained from this study show that there are positive effects of biochar and compost on the chemical and physical properties of the soil and the growth of plants and their yield. The best results were recorded at the level of T1 (Biochar) and T2 (compost).

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

ملخص

الدراسة الحالية مساهمة في دراسة تأثير الفحم الحيوي والسماذ المعتمد على نخيل التمر على الخواص الكيميائية للتربة وتأثيرها على زراعة الشعير الصلب في منطقة بسكرة ، وقد أجريت هذه الدراسة على المستوى قسم الهندسة الزراعية بجامعة بسكرة

في دراستنا ، أجرينا خمسة علاجات مع تحكم علاج اول يتمثل في تحكم علاج ثاني اضفنا بيوشار علاج ثالث اضفنا كميوست علاج الرابع سماذ اصطناعي علاج خامس سماذ طبيعي بأربع تكرارات. التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة وقياس القياسات الحيوية للشعير

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة أن هناك تأثيرات إيجابية للفحم الحيوي والسماذ العضوي على الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة ونمو النباتات ومحصولها.

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