

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des sciences

Département de sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Agronomique

Option : **Sciences Du Sol**



Thème :

Effet de l'apport du biochar sur les propriétés du sol et la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Présenté le :

- **Ahmed Seghir Abir**
- **Lecheheb Ouissem**
- **Lamri Marwa**
- **Bouhdiba Ibtissem**

Membre de Jury:

Mr Hafsi Zakaria	(MCB)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M^{me} Bounouara Zohra	(MCB)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M^{me} Larit Sabah	(MCA)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour faire ce travail.

Tous d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme LARIT SABAH, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercions les membres du jury qui ont accepté de juger ce modeste travail : Mme Ms HAFSI ZAKARIA comme président et Mme BOUNOUARA ZOHRRA comme examinatrice.

Sans oublier bien sur les ingénieurs des laboratoires du département d'Agronomie

Mes remerciements s'adressent également à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce travail.

Dédicaces

Au nom de Dieu, Très Miséricordieux, Très Miséricordieux

Miséricordieux tout d'abord, je voudrais remercier le Tout-Puissant de m'avoir donné le courage et la patience de

Pour arriver à cette étape afin de faire ce travail, je me consacre:

Dans mes yeux:

À ma chère maman: qui a enduré toutes les difficultés pour moi, de me voir aujourd'hui ici en ce lieu

À mon cher père: pour l'encourager et le soutenir, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le progrès de mes études

À mes chères sœurs Meryem Amani

À mes professeurs pour leurs efforts tout au long de la carrière académique

À qui il a été un compagnon et un encouragement à chaque étape, merci infiniment

Ouissem

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect, je dédie ce modeste travail et ma joie à:

Dieu d'abord et avant tout.

A moi-même, merci pour vos efforts, votre fatigue, votre endurance, votre vigilance et vos défis à toutes les difficultés, je vous souhaite toujours du succès et de l'excellence,

Que Dieu vous bénisse dans l'achèvement de votre chemin.

Ma famille ma première supportrice dans mes premiers pas: Mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, Maman .

Celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et M'encourager prince papa.

Grande belle sœurs Sihem et Selma qui n'ont pas cessée de me conseiller.

Mes chers frères mes supports après mon père Fouad, Amar et Ahcen.

Mes belles cousine et amies d'enfance les premières témoins de mes pannes, la main qui m'a soulevée au moment de ma chute, celles qui m'ont ennuyée au pire, je n'oublie pas l'éclat de tes yeux et ta joie quand je réussie Hanane, Wissem, Abir, Asma, Malak, Saussen, meryem, Selsabil, Nihed, Bouchra et Widad.

Sans oublier ceux qui ont participé avec moi à ce travail.

Et ce qui ont participé à ma réussite et a tous qui m'aiment

Maroua

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect, je dédie ce modest travail et ma joie à:

Dieu d'abord et avant tout.

A moi-même, merci pour vos efforts, votre fatigue, votre endurance, votre vigilance et vos défis à toutes les difficultés, je vous souhaite toujours du succès et de l'excellence,

Que Dieu vous bénisse dans l'achèvement de votre chemin.

Ma famille ma première supportrice dans mes premiers pas: Mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, Maman .

Celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et M'encourager prince papa .

Grande belle sœurs Chahinaz, marwa, ritadj et soumia. qui n'ont pas cessée de me conseiller.

Mes chers frères mes supports après mon père Mohamed et Bassem .

Mes belles cousines et amies d'enfance les premières témoins de mes pannes, la main qui m'a soulevée au moment de ma chute, celles qui m'ont ennuyée au pire, je n'oublie pas l'éclat de tes yeux et ta joie quand je réussie.

Sans oublier ceux qui ont participé avec moi à ce travail.

Et ce qui ont participé à ma réussite et a tous qui m'aiment

Abir

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect, je dédie ce modeste travail et ma joie à:

Dieu d'abord et avant tout.

A moi-même, merci pour vos efforts, votre fatigue, votre endurance, votre vigilance et vos défis à toutes les difficultés, je vous souhaite toujours du succès et de l'excellence,

Que Dieu vous bénisse dans l'achèvement de votre chemin.

Ma famille ma première supportrice dans mes premiers pas: Mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, Maman .

Celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et M'encourager prince papa .

Grande belle sœur Fatima n'ont pas cessée de me conseiller.

Mes chers frères mes supports après mon père kamal, Djamel, Nour eddine, Radwane, Zakaria et yacine.

Et à mon cher grand-père que dieu ait pitié de lui.

Mes belles cousine et amies d'enfance les premières témoins de mes pannes, la main qui m'a soulevée au moment de ma chute, celles qui m'ont ennuyée au pire, je n'oublie pas l'éclat de tes yeux et ta joie quand je réussie .

Sans oublier ceux qui ont participé avec moi à ce travail.

Et ce qui ont participé à ma réussite et a tous qui m'aiment

Ibtissem

RESUME EN FRANÇAIS

Résumé

L'étude a été menée au cours de l'année universitaire 2023 /2024, dont l'objectif est de voir l'effet à long terme de la dose de biochar activé par des engrais chimiques (NPK) et du compost sur les propriétés du sol et les caractéristiques physiologiques et morphologiques de la culture de blé dur (variété Vitron), dont différents traitement de sol ont été réalisés : T0 (Sol témoin), T1 (sol amendé en 1kg de biochar activé par l'engrais, T2 (sol amendé en 2kg de biochar activé par l'engrais, T3 (sol traité par 1kg de biochar activé par l'engrais et le compost) , T4 (sol amendé en engrais chimique seul) , T5 (sol amendé en compost seul). Différentes caractéristiques physiques et chimique du sol ont été réalisés à la fin de l'étude, et différentes caractéristiques morphologiques et physiologiques de blé ont été suivi à savoir la longueur de la tige, la surface de la Feuille , la hauteur de la plante, la longueur du cou, la teneur relative en eau et le rendement de la culture après récolte.

Les résultats de cette étude montrent généralement que l'apport de biochar activé par l'engrais minéral et du compost au sol a amélioré les propriétés du sol en multipliant le stock du sol en carbone (7,45 %), le biochar a fait neutraliser le pH (7) du sol et a fait augmenter les éléments minéraux, l'humidité relative au champ. L'étude des caractéristiques morphologiques et physiologiques de la culture de blé a montré qu'il y avait généralement une augmentation de la longueur de la plante, la surface foliaire, la longueur du col et la teneur relative en eau dans le sol traité en biochar activé en engrais et en compost (T3). Ce dernier traitement a enregistré le rendement le plus avec 45 Q/ha de blé. L'effet dose (2kg) de biochar vient en deuxième position (35,66 Q/ha). Cette étude a montré que l'engrais biochar combiné au compost et au engrais chimique a un effet efficace sur la croissance et le rendement blé dur.

Mots clés : Biochar, Compost, Engrais chimique, Blé dur (vitron), Caractéristiques physiologiques et morphologiques.

RESUME EN ENGLAIS

Abstract

The study was conducted during the academic year 2023/2024, whose objective is to see the long-term effect of the dose of biochar activated by chemical fertilizers (NPK) and compost on the soil properties and the physiological and morphological characteristics of the durum wheat crop (Vitron variety), of which different soil treatments were carried out: T0 (Control soil), T1 (soil amended with 1kg of biochar activated by fertilizer), T2 (soil amended with 2kg of biochar activated by fertilizer), T3 (soil treated with 1kg of biochar activated by fertilizer and compost), T4 (soil amended with chemical fertilizer alone), T5 (soil amended with compost alone). Different physical and chemical characteristics of the soil were realized at the end of the study, and different morphological and physiological characteristics of wheat were followed namely the length of the stem, the surface of the Leaf, the height of the plant, the length of the neck, the relative water content and the yield of the crop after harvest.

The results of this study generally show that the contribution of biochar activated by the mineral fertilizer and compost to the soil improved the properties of the soil by multiplying the soil's carbon stock (7.45%), biochar neutralized the pH (7) of the soil and increased the mineral elements, the relative humidity in the field. The study of the morphological and physiological characteristics of the wheat crop showed that there was generally an increase in the length of the plant, the leaf area, the length of the neck and the relative water content in the soil treated with biochar activated in fertilizer and compost (T3). This last treatment recorded the highest yield with 45 Q/ha of wheat. The dose effect (2kg) of biochar comes in second position (35.66 Q/ha). This study showed that biochar fertilizer combined with compost and chemical fertilizer has an effective effect on the growth and yield durum wheat.

Key words: biochar, compost , Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) , chemical fertilizer
Physiological and morphological character.

RESUME EN ARABE

المخلص

أجريت الدراسة خلال العام الدراسي 2024/2023 ، والتي تهدف إلى رؤية التأثير طويل المدى لجرعة الفحم الحيوي التي يتم تنشيطها بواسطة الأسمدة الكيماوية والسماد العضوي على خصائص التربة والخصائص الفسيولوجية والمورفولوجية لمحصول القمح القاسي (صنف فيترون) ، والتي تم إجراء معالجات مختلفة للتربة منها: تي0 (التربة الضابطة) ، تي1 (التربة المعدلة بـ 1 كجم من الفحم الحيوي المنشط بالأسمدة ، تي2 (التربة المعدلة بـ 2 كجم من الفحم الحيوي المنشط بالأسمدة ، تي3 (التربة المعالجة بـ 1 كجم من الفحم الحيوي المنشط بالأسمدة ، 4 (التربة المعدلة بالأسمدة الكيماوية وحدها) ، تي5 (التربة المعدلة بالسماد وحده). تم تحقيق خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة للتربة في نهاية الدراسة، وتم اتباع خصائص مورفولوجية وفسيولوجية مختلفة للقمح وهي طول الساق، و سطح الورقة، وارتفاع النبات، وطول العنق، والمحتوى المائي النسبي ومحصول المحصول بعد الحصاد

تظهر نتائج هذه الدراسة بشكل عام أن مساهمة الفحم الحيوي الذي يتم تنشيطه بواسطة الأسمدة المعدنية والسماد العضوي في التربة حسنت خصائص التربة عن طريق ضرب مخزون الكربون في التربة (7.45%)، قام الفحم الحيوي بتحديد الرقم الهيدروجيني (7) للتربة وزيادة العناصر المعدنية، الرطوبة النسبية في الحقل. أظهرت دراسة الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية لمحصول القمح أن هناك بشكل عام زيادة في طول النبات ومنطقة الورقة وطول العنق والمحتوى المائي النسبي في التربة المعالجة بالفحم الحيوي المنشط في الأسمدة والسماد (تي3). سجلت هذه المعالجة الأخيرة أعلى عائد مع 45 ف / هكتار من القمح. يأتي تأثير الجرعة (2 كجم) من الفحم الحيوي في المركز الثاني (35.66 س/هكتار). أظهرت هذه الدراسة أن سماد الفحم الحيوي مع السماد العضوي والأسمدة الكيماوية له تأثير فعال على نمو وإنتاج القمح القاسي.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، السماد، الأسمدة الكيماوية، القمح القاسي

الكلمات المفتاحية : الفحم الحيوي، السماد، الأسمدة الكيماوية، القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) ، الخصائص الفيزيولوجية والمورفولوجية .

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification botanique du blé dur <i>Triticum durum</i> Desf	11
02	Protocole expérimental de notre étude	20
03	l'origine et caractéristique (Ait –kaki, 2008).	23
04	Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 01	26
05	Caractéristiques physiques et chimiques du sol des différents traitements	27

Liste des Figures

N°	Titre	Page
01	Histologie du grain de blé (Surget and Barron, 2005)	12
02	Le site expérimental, présentation des blocs de traitements (randomisation total) et la mise en place de la culture de blé	20
03	Détermination de la densité apparente par la méthode de cylindre	21
04	Photos de la variété de blé (VITRON)	23
05	Photo représentative du profil	25
06	Effet de biochar sur la teneur en eau des feuilles de blé	30
07	Effet de biochar sur le tallage	30
08	Effet de biochar sur la longueur de l'épi	31
09	Longueur de l'épi sans barbe	32
10	Effet de biochar Longueur de la plante	32
11	Effet de biochar sur le rendement en blé	33

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	01
Partie 01 : Revue bibliographique	03
Chapitre I : Généralités sur le biochar	03
1. Définition de biochar	03
2. Historique du biochar	03
3. Principaux avantages du biochar	04
4. Les caractéristiques de biochar	04
4.1. Les caractéristiques physiques	04
4.1.1 La structure de biochar	04
4.1.2 Surface spécifique	05
4.1.3 La porosité	05
4.1.4 La densité	05
4.2. Les caractéristique chimiques	06
4.2.1 Le PH	06
4.2.2 Conductivité électrique	06
4.2.3 Le CEC	06
5. Technique et méthode de production du biochar	07
5.1 Technique de production de biochar de très haute qualité développée paronatura (pro-Nature)	07
5.2 Méthode : Carbonisation par la Machine carbo char	08
Chapitre II : Généralités sur le blé dur	10

. Le blé dur	10
2. Historique	10
3. Classification botanique	10
4. Biologie et Cycle de développement du blé dur	11
4.1. Caractères morphologiques	11
4.1.1. Structure et composition du grain de blé	11
4.1.2. Les enveloppes et la couche à aleurone	12
4.1.3. L'albumen ou amande	13
4.2. L'appareil végétatif	13
4.2.1. L'appareil racinaire	13
4.2.2. L'appareil aérien	13
4.2.3. L'appareil reproducteur	14
4.3. Croissance et développement	14
4.3.1. Germination – levée	14
4.3.2. Tallage	15
4.3.3. Montaison – gonflement	15
4.3.4. Epiaison- floraison	15
4.3.5. Remplissage du grain	15
5. Exigences du blé	16
5.1. Les exigences édaphiques	16
5.2. Les exigences climatiques	16
Partie 2 : Etude expérimentale	19
Chapitre I : Matériel et méthode	19
. L'objectif de l'essai	19
2. Expérimentation sur terrain et caractéristique technique du champ expérimental	19
2.1. Préparation du site expérimental	19
2.2. Les amendements et engrais d'épandage	19

2.3. Les traitements et activation de biochar	20
2.4. Méthodes d'analyse du sols au laboratoire	21
3.1. Matériel végétal	23
3.2. Méthode de mesure des différentes caractéristiques de la culture	23
Chapitre II : Résultat et discussion	25
Effet de biochar sur les caractéristiques du sol	25
1.1. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil pédologique de la parcelle agricole du site expérimental (Sol témoin)	25
1.1.1 Description morphologique	25
1.1.2 Résultats analytiques du profil	26
1.1.3 Caractéristiques synthétiques et interprétation du profil pédologique	27
1.2. Effet du biochar sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol des différents traitements	27
2. Discussion	28
3. Effet du biochar sur caractéristiques morphologiques et la production du blé dur	30
3.1. Effet sur la teneur en eau dans les feuilles et le tallage	30
3.1. Effet sur la teneur en eau dans les feuilles	30
3.2. Effet sur le tallage	30
3.3. Effet sur la longueur de l'épi	31
3.4. Effet sur la longueur de l'épi sans barbe	32
3.5. Effet sur la longueur de la plante	32
3.6. Effet de biochar sur le rendement en blé dur	33
Conclusion	36
Références bibliographiques	



Introduction

Introduction

Avec l'augmentation de la demande alimentaire, la limitation des ressources en matière organique et l'effet négatif de l'agriculture intensive, à la fin du 20ème siècle, les experts agricoles cherchent des autres ressources des matières organiques plus résistantes. En regardant les expériences traditionnelles des agriculteurs de l'Amazonie, l'Amérique de Sud on a eu l'idée d'utiliser le charbon à des fins agricoles. Cette idée se pose en raison de la durabilité de la production végétale dans les sols noirs de l'Amazonie qui étaient alors réputés par leur richesse en "char". Ce matériel est maintenant connu par le nom "biochar" (**Stavi, *et al* . 2013**)

Le biochar est un nouveau terme qui a attiré de plus en plus l'attention de la communauté scientifique au cours des dernières décennies. IL s'agit d'un charbon végétal qui doit être produit à partir d'une certaine biomasse, dans des conditions de pyrolyse bien définies, et destiné à un usage agroécologique pour répondre aux besoins de l'agriculture (**Ferhat, 2018**).

Le biochar est un très fort adsorbant, il fixe l'eau et les éléments minéraux longtemps dans le sol, pour les maintenir à la disposition des cultures, il permet ainsi de réduire l'impact négatif de l'emploi abusif et inefficace des engrais, suite aux pertes par volatilisation, lessivage ou par rétrogradation dans certains cas ; il assure aussi des conditions propices à l'activité microbienne d'une manière générale. Pour aboutir enfin à une augmentation dans la fertilité du sol, son enrichissement en matière organique (MO), et l'amélioration de sa structure. Pour toutes ces qualités, le biochar est promu, dans le monde entier, comme étant une technologie innovante dans la gestion des sols et la séquestration agronomique du carbone. On espère que ses effets se traduiront à long terme par une production végétale potentielle et durable, grâce à son action protectrice sur la matière organique du sol, tout en réduisant les émissions de CO₂. De ce fait une question se pose est : comment utiliser le biochar en agriculture, et quel est le meilleur activateur dont on peut combiner au biochar pour améliorer les caractéristiques du sol et le rendement des cultures (**Ferhat, 2018**).

Les sols agricoles peuvent présenter des phénomènes de "stress des sols", ce qui entraîne une diminution du rendement. De tels phénomènes sont fréquents dans les cas de la culture du blé. De même, le biochar peut apporter une solution aux pénuries d'eau. La fréquence des sécheresses augmentant avec le changement climatique, le biochar pourrait faire partie de la solution.

Introduction

Les propriétés physiques et chimiques du sol sont les caractéristiques les plus importantes à prendre en compte avant d'utiliser le biochar. En conséquence, les sols denses, malsains et acides semblent souvent avoir une rétroaction positive. Ces types de sols devraient bénéficier de l'utilisation du biochar ou du biochar combiné avec des engrais, ou de compost, le biochar peut être combiné en fonction de la taille et de son impact sur la production de blé.

Le biochar peut affecter positivement la productivité des cultures de blé de plusieurs manières, à savoir l'améliorer la composition du sol, dont il contribue à améliorer la fertilité du sol et sa capacité à retenir l'eau et les nutriments essentiels nécessaires aux plants de blé. Il favorise la croissance des racines et augmente la capacité d'échange des racines, ce qui entraîne une meilleure absorption des nutriments du sol. Il améliore la santé des plantes, en agissant comme un stimulant de croissance, ce qui permet aux plants de blé de devenir plus sains et plus forts, augmentant leur résistance aux maladies et aux stress environnementaux. Comme il peut réduire les effets des toxines agricoles dans le sol, améliorant ainsi la santé des plantes. Grâce à tous ces avantages, l'utilisation du biochar peut augmenter la productivité des cultures de blé, tant en quantité qu'en qualité.

Dans l'objectif de suivre l'effet à long terme de biochar sur les propriétés du sol et la production végétale, notre étude envisage de poursuivre les travaux de Negrech Rabia (2023), qui porte sur l'effet de biochar activé par des engrais chimiques et du compost sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol et le rendement de la culture de blé

Les hypothèses proposées sont:

-Le Biochar améliore les propriétés du sol et le rendement de la culture de blé.

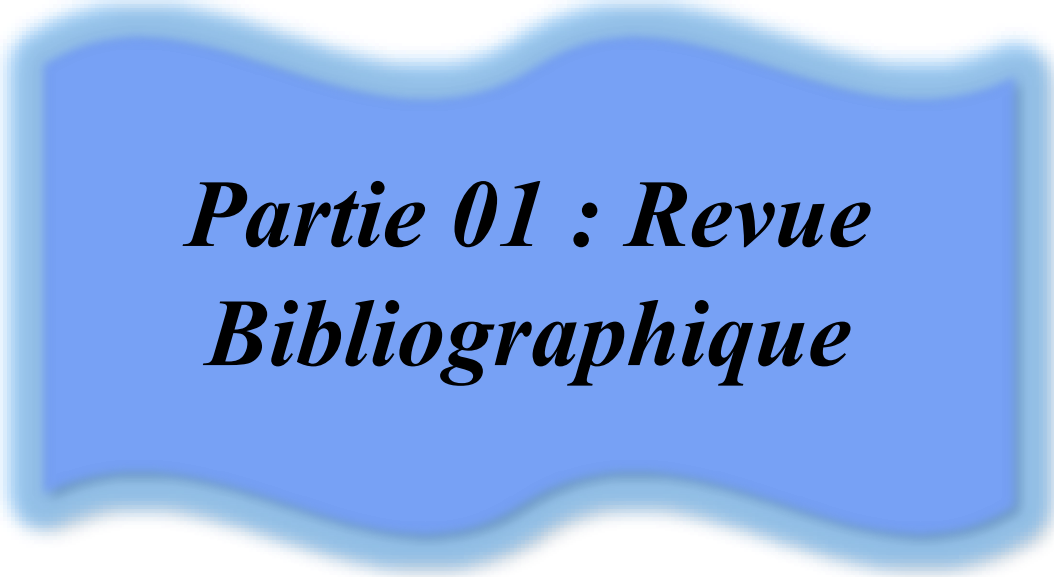
-Le sol amendé en double dose de biochar (2kg) activé par l'engrais chimique peut présenter un effet plus élevé sur le rendement de la culture de blé par rapport autres traitements.

Le document s'articulera sur les chapitres suivants:

Chapitre I: synthèse bibliographique

Chapitre II: matériel et méthodes

Chapitre III: Résultats et discussion



***Partie 01 : Revue
Bibliographique***

1. Définition de biochar

Le biochar est un matériau carboné produit par la pyrolyse de la biomasse, comme la sciure de bois ou les résidus agricoles, à des températures élevées en l'absence d'oxygène. Il est utilisé comme amendement du sol pour améliorer sa fertilité et sa rétention en eau, ainsi que pour séquestrer le carbone et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La définition donnée par Johannes Lehmann, est la suivante :

Produit carboné microporeux résultant de la thermo-dégradation de la biomasse (matières organiques) en l'absence d'oxygène (pyrolyse). Il est distingué du charbon de bois (obtenu par carbonisation) à usage énergétique par son orientation à être utilisé comme amendement du sol (Lehmann J. Cornell University. 2009).

Pour faire simple, on peut décrire le biochar comme un carbone solide, obtenu principalement par pyrolyse de matière organique, c'est-à-dire décomposition de résidus forestiers (ou de copeaux de scierie par exemple) par la chaleur en l'absence d'oxygène. C'est un produit artificiel d'origine végétale, qui prend la forme de fragments noirs de petite taille. Il est utilisé pour l'amendement de sols

2. Historique du biochar

«Terra preta», couvre une surface de plus de 50'000 ha. La datation par radiocarbone indique que ces sols ont été formés entre 7000 et 500 années. Et sont d'origine précolombienne (Glaser, 2007)

Les sols terra preta ont été redécouverts par le scientifique de sol Néerlandais, Wim Sombroek, en 1966.

Ces sols ont maintenu des quantités élevées de carbone organique plus de 70 fois la charge en nutriments des sols voisins, les sols noirs d'Amazonie ou Terra Preta sont les plus prisés des sols agricoles pour leur excellente fertilité, leur fort contenu en éléments nutritifs (C, N, P, K et Ca), leur bonne capacité d'échange cationique (CEC) et leur capacité à retenir et recycler les éléments nutritifs sur de longues périodes de culture. Ailleurs. Le sol amazonien est plutôt pauvre en carbone et en nutriments, et il ne peut être utilisé pour la production agricole, même plusieurs milliers d'années après leur abandon, Une Terra Preta d'un hectare de profondeur peut contenir 250 tonnes de carbone par rapport à 100 tonnes dans un sol non amélioré (Lima et al, 2002;Factura, 2010)

Les analyses des sols noirs ont révélé des concentrations élevées de charbon et de matières organiques, Tels que les restes végétaux et animaux.

La productivité de Terra preta est due À une bonne conservation des nutriments et à un pH neutre, dans les zones où les sols sont généralement acides.

L'équivalent actuel du charbon utilisé dans les sols noirs d'Amazonie est un biochar produit par le procédé de pyrolyse (Lehmann, 2007)

3. Principaux avantages du biochar

La pyrolyse de la biomasse en bio-charbon et en énergie crée quatre avantages principaux (Sadoun et Aouinet, 2018)

- Amélioration de la productivité du sol pour atteindre des rendements plus élevés
- Création des une bioénergie en substitution des énergies fossiles
- Séquestration de carbone dans le sol qui réduira le dioxyde de carbone atmosphérique

4. Les caractéristiques de biochar

4.1. Les caractéristiques physiques

La température est le facteur le plus important pour les changements physiques du biochar, suivi du taux de chauffage et de pressions (Lehmann et Joseph, 2009).

4.1.1. La structure de biochar

La structure de biochar est amorphe, contenant des structures cristallines locales de joints aromatiques composés (Graber et al, 2011).

Le squelette de carbone formé pendant la pyrolyse de matières organiques .la matière se traduit par une porosité élevée de biochar, en raison de sa structure semblable à une éponge (Kumari, 2015).

La distribution granulométrique du biochar dépend fortement de la matière première utilisée. Dans Les biochars généraux basés sur le bois sont plus grossiers et de structure du xylème, alors le biochar obtenu Des résidus de récolte plus fins et de structure récalcitrante.

La distribution granulométrique du biochar dépend fortement de la matière première utilisée. Dans Les biochars généraux basés sur le bois sont plus grossiers et de structure du xylème, alors le biochar obtenu Des résidus de récolte plus fins et de structure récalcitrante.

4.1.2 Surface spécifique

Le biochar présente une grande surface spécifique, selon le matériau de base et le traitement. Obtenu à partir de la pyrolyse, les surfaces atteignent $20 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ jusqu'à $3000 \text{ m}^2\text{g}$

La quantité d'eau adsorbée dépend directement de la surface, donc le biochar peut adsorber de grandes quantités d'eau. Le processus d'adsorption d'eau sur la surface du biochar est régi par les groupes fonctionnels (Antal et Grønli, 2003).

La masse volumique du biochar est très faible et ce dernier possède une structure poreuse principalement constituée de macro et micropores (Downie et al, 2009).

4.1.3 La porosité

Les vides sont formés en tant que pores présents sous forme de macro- ($> 50 \text{ }\mu\text{m}$), méso ($2\text{-}50\mu\text{m}$) et micropores ($<2 \text{ }\mu\text{m}$) comme on le voit sur la figure 5. Les ($<2 \times 10$ grandes proportions de micropores $3\mu\text{m}$ de diamètre) est responsable de la zone de surface croissante, ce qui permet de réduire la mobilité du sol l'eau

La structure microporeuse du biochar est avantageuse pour la rétention d'eau dans le sol La structure microporeuse fournit un habitat pour la prolifération des organismes bénéfiques du sol

4.1.4. La densité :

La densité apparente est liée directement à la porosité. En effet, plus il y a de vides dans un biochar, plus la densité apparente sera faible. Les relevés maximaux de densité réelle pour des biochars sont entre 2 et $2,1 \text{ g.cm}^{-3}$, la densité du graphite est de $2,25 \text{ g.cm}^{-3}$. La densité réelle augmenterait en fonction de la température de pyrolyse.

***La densité apparente**

Mais les valeurs moyennes de densité réelle se situeraient entre 1,5 et 1,7 g.cm⁻³. Les densités apparentes par contre sont en moyenne de 0,30 à 0,43 g.cm⁻³ (**Downie et al., 2009**). Ce qui signifie que le biochar est un matériau très poreux avec 79 à 85 % de porosité.

4.2. Les caractéristiques chimiques

4.2.1 Le PH

Le pH du biochar est généralement alcalin (pH > 7) (**Lehmann et Joseph, 2009**)

Il existe une faible variabilité pour le pH entre les biochars, avec des valeurs typiques supérieures à 7

Le pH du biochar dépend du type de matière première. Par exemple le pH pour le biochar de paille provenant de différentes matières premières, En vertu de la comptabilité du maïs, de l'arachide, du canola et du soja pour pH 9.4, 8,6, 6.5 et 7.7 Respectivement, sous la même température de pyrolyse (300 ° C).

Ont conclu qu'Un pH plus élevé avec des températures de pyrolyse plus élevées pourrait se produire en raison de l'accumulation d'oxydes Des métaux alcalins. Le pH élevé du biochar aura une capacité de calage, lorsqu'il sera incorporé dans Le sol (**Chintala et al., 2014**).

4.2.2 .Conductivité électrique

Le pH et la CE sont plus élevés dans les biochars produits à haute température (700 ° C) Par rapport aux biochars produits à basse température (550 ° C).

4.2.3 La CEC

La grande surface du biochar augmentera la capacité d'échange d'ions et la sorption des nutriments (Lehmann et Joseph, 2009).

La CEC des biochars est dépendante à la fois de précurseur et de la taille de ces derniers. Les auteurs donnent des valeurs comprises entre 29,2 et 51,1 cmole.kg⁻¹ (mesures faibles à l'acétate d'ammonium). Les valeurs de CEC tendent à diminuer en fonction des températures de pyrolyse (Song et Guo, 2012). Ces valeurs de CEC sont variables de par le matériau d'origine et de la méthode de mesure utilisée.

5. Technique et méthode de production du Biochar :

La production du bio-charbon est connue depuis longtemps. Actuellement, dans le cadre de la protection de l'environnement et la valorisation des déchets, elle est très encouragée dans le but de diminuer les déchets, réduire l'utilisation des engrais chimiques et la création des petites entreprises par les jeunes pour le développement économique.

Comme exemples de techniques utilisées dans des entreprises semi industriel nous mettons en évidence deux méthodes qui vont nous permettre de penser à l'installation d'une petite entreprise de fabrication des produits biochar.

5.1 Technique de production de bio-char de très haute qualité développée par ProNatura(Pro-Nature).

La technologie de la carbonisation en continu développée par Pro-Natura consiste à récupérer des résidus agricoles inutilisés ou d'autres types de biomasse renouvelable non valorisable d'une autre façon, pour les carboniser par pyrolyse.

Le bois peut également être carbonisé sous toutes ses formes, y compris la sciure avec un rendement environ 3 fois supérieur aux procédés de carbonisation classiques pour fabriquer le bio-char.

Cette technologie innovante est basée sur l'utilisation d'une cornue chauffée à 550°C au travers de laquelle s'écoule la biomasse en l'absence d'oxygène.

Des machines de nouvelle génération, appelée Carbo-Char, produisent du bio-char de très haute qualité de manière écologique. Le processus a les caractéristiques suivantes :

- Le fonctionnement est continu, 7 jours sur 7, 24 heures sur 24 ;
- Après allumage, l'unité est chauffée en brûlant les gaz émis pendant la carbonisation ;

- Toutes sortes de biomasses peuvent être utilisées. Au besoin, un séchoir et un broyeur ; peuvent être rajoutés afin de préparer la biomasse pour la pyrolyse
- La température et le temps de séjour de la biomasse dans la machine sont réglables pour produire le bio-char optimisé en fonction de chaque type de résidus.

Ce processus est donc pratiquement autonome en termes d'énergie et son rendement (poids de charbon vert produit par rapport au poids de la biomasse à 15% d'humidité) atteint 30% à 45% suivant le type de biomasse. En plus des avantages du procédé de carbonisation en cornue, le coût de fonctionnement du réacteur est réduit par la production en continu. Ce procédé permet aussi d'obtenir un rendement énergétique optimum, en ce qui concerne la carbonisation en cornue, grâce à l'excellente maîtrise de la combustion des gaz de pyrolyse assurant l'autonomie de fonctionnement du réacteur.

Il existe trois modèles de CarboChar avec des productions journalières s'étageant entre 1 et 5 tonnes et avec des rendements d'environ 40 %.

- CarboChar-1 produit une tonne de bio-char par jour et une machine transportable car il pèse seulement une tonne

5.2 Méthode : Carbonisation par la Machine Carbo Char-1

Le bio-charbon est obtenu en soumettant de la biomasse à un procédé de décomposition thermique, la pyrolyse. Une très grande variété de types de biomasse peut être utilisée pour produire du bio-charbon, incluant les résidus forestiers, agricoles, horticoles et de jardinage, les fumiers, et certains résidus industriels de biomasse. La pyrolyse consiste à chauffer la biomasse dans un environnement qui exclut totalement ou partiellement l'oxygène. Le manque d'oxygène prévient la combustion complète du matériel (Major, 2011).

La pyrolyse qui produit le biochar utilise une biomasse riche en cellulose comme matière première telle des copeaux de bois, des résidus de maïs, de riz et des résidus de l'agriculture ou de la foresterie. 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).

L'industrie de la pyrolyse et de la production de biochar connaît un certain essor depuis une dizaine d'années, au Québec (Sébastien, 2017).

1. Le blé dur

Le blé dur appartient au genre *Triticum* et à l'espèce *durum* (Desfontaines). Il fait donc partie du groupe des espèces tétraploïdes. C'est une céréale cultivée dans de très nombreux pays surtout sous le climat méditerranéen comme l'Afrique du Nord et les grandes plaines des États-Unis. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (**Feillet,2000**).

2. Historique

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981).

Historiquement le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, qui appartient au genre *Triticum*, de la famille des graminées ou « poaceae » (**Feillet, 2000**). Le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions à climat de types méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte), le sud de l'Europe, et le Moyen Orient (Hannachi et al., 2013).

3. Classification botanique

Selon (**Feillet,2000**) ; le blé dur est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces dont la classification botanique est la suivante :

Tableau N°1 : Classification botanique du blé dur *Triticum durum* Desf. (Feillet,2000)

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

4. Biologie et Cycle de développement du blé dur

4.1.Caractères morphologiques

4.1.1. Structure et composition du grain de blé

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes. Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche d'aleurone (Pomeranz, 1988). Les pentosanes (polysaccharides non amylacés) représentent quant à eux entre 2 et 3% de la matière sèche et sont les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%). (Surget and Barron, 2005)

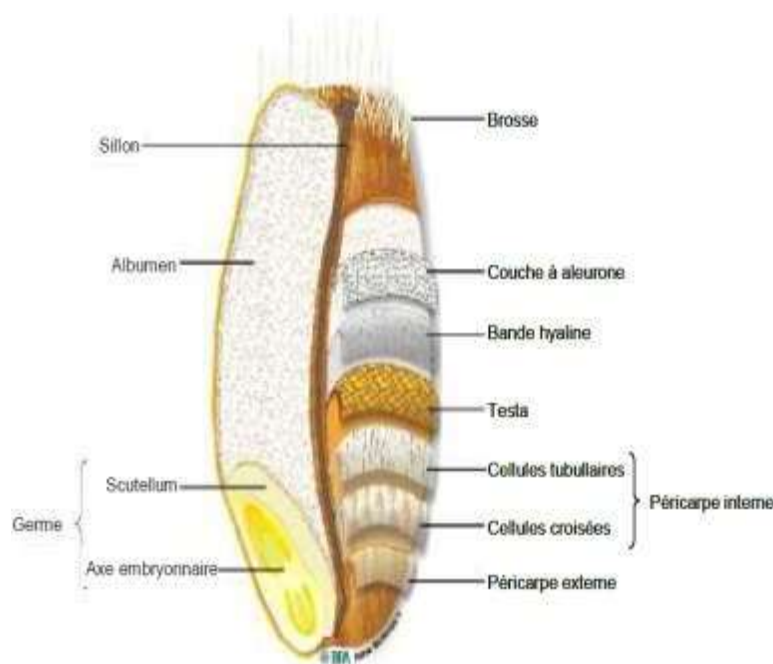


Figure 01 : Histologie du grain de blé (Surget and Barron, 2005)

4.1.2. Les enveloppes et la couche à aleurone

Les enveloppes protègent la graine du blé de l'extérieur vers l'intérieur, et ont une épaisseur différente et représentent 13 à 16% de la masse totale du grain, elles sont riches en minéraux, elles constituent surtout de cellulose et d'oligoéléments.

Les enveloppes sont constituées de quatre tissus : le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la couche nucellaire ou bande hyaline (qui correspond à l'épiderme du nucelle). Ces enveloppes et la couche à aleurone sont composées principalement de polysaccharides (arabinoxylanes, xyloglucanes et cellulose) mais aussi d'acides phénoliques, lignine et de protéines (principalement albumines globulines localisées dans la couche à aleurone). (Soltner, 1987)

Le germe

Il représente 2,5 à 3 % du grain et comprend :

- Le cotylédon ou scutellum, séparé de l'amande par une assise diastatique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.
- La plantule, avec sa gemmule recouverte d'un étui, le coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize.

Le germe est très riche en matières grasses, matières azotées et vitamines A, E et B (Soltner, 1987)

4.1.3. L'albumen ou amande :

Le grain de blé est composé majoritairement d'albumen, 80-85 % d'albumen amylicé et couche à aleurone (Carole and al., 2002), et composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. Chez le blé dur l'albumen est corné et vitreux, un peu comme celui du riz. L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence ; il sert de réserve et ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination (Guergah et al., 1997).

4.2. L'appareil végétatif

L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire

4.2.1. L'appareil racinaire

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives (latérales) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988).

4.2.2. L'appareil aérien

L'appareil aérien est formé d'un certain nombre d'unités correspondantes aux talles, partant d'une zone à la base de la plante appelée plateau de tallage, chaque talle, après développement complet de la plante est formée de tige et de feuilles. Le chaume du blé est une tige cylindrique, formée d'entre nœuds séparés par des nœuds plus ou moins saillants. Chaque

nœud est le point d'attache d'une feuille. La feuille du blé est simple, allongée, alternée et a des nervures parallèles ; elle se compose de deux parties :

- la partie inférieure entourant la jeune pousse qui est la gaine ;
- la partie supérieure en forme de lame qui est le limbe.

4.2.3. L'appareil reproducteur

L'inflorescence du blé est un épi. Ce dernier est constitué d'unités de base appelées épillets. L'épillet est une petite grappe de un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure). La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes, les fleurs sont attachées sur le rachis. Chaque fleur comporte en général 3 étamines et un ovaire. Les fleurs sont hermaphrodites, le blé est une plante autogame: le pollen d'une fleur pollinise l'ovaire de la même fleur (**Soltner, 1998**).

4.3. Croissance et développement

Le cycle évolutif du blé se fait en trois grandes périodes: la période végétative, la période reproductrice et la période de maturation. Ces phases sont marquées par plusieurs stades repères dont l'identification se fait essentiellement par repérage sur le maître brin (**Jonard, 1952; Feekes, 1954; Baggiolini, 1954 et Zadocks, 1974**) in (**Hazmoune, 2006**)

4.3.1. Germination – levée

La germination se caractérise par l'imbibition de la semence. La réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales, puis la mise en place du nombre de plants par mètre carré. Le sol est alors percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. La levée est notée quand 50% de plantules sont sorties de sol. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution de nombre (**Karou et al., 1998**).

4.3.2. Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle de la 2ème et la 3ème feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986; Gate, 1995). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

4.3.2. Montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. À ce stade, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant ce stade de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Mazouz, 2006). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine

4.3.3. Epiaison- floraison

Durant l'épiaison, les épis apparaissent à l'extérieur des tiges. Ce stade est terminé lorsque l'épi du maître brin est complètement sorti hors de la gaine, suivie d'une floraison qui peut durer de trois à six jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute habituellement juste au-dessus du centre de l'épi, puis se poursuit en s'étendant vers l'apex et la base de l'épi (Rorat, 2006).

4.3.4. Remplissage du grain

Après la fécondation, l'évolution du poids du grain se fait en trois étapes. La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée. Suit la phase de remplissage actif du grain avec les assimilés provenant de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux

stockés dans le col de l'épi. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser : c'est le pallier hydrique.

Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain : c'est l'échaudage du grain. Puis suit la phase de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final (**Wardlaw, 2002**).

5. Exigences du blé

Pour l'obtention d'une bonne production et par conséquent un rendement élevé, il faut la réunion de certains facteurs de natures édaphiques et climatiques.

5.1. Les exigences édaphiques

Le sol est facteur déterminant de la réussite d'une culture, il intervient par sa composition minérale et matière organique sur la nutrition, ainsi que par sa structure et profondeur du lit de semence. En général, toutes les terres conviennent aux céréales à condition qu'elles soient bien préparées. Cependant, le blé est assez exigeant en type du sol. Il préfère les terres franches, lourdes, saines, profondes et neutres à faiblement alcalines (**Baldy, 1973**).

Trois caractéristiques font une bonne "terre à blé":

1. Une texture fine, limono argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact donc une bonne nutrition;
2. Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps;
3. Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes argile et humus, capables d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements (**Soltner, 2005**).

5.2. Les exigences climatiques

Le cycle de développement du blé est étroitement lié aux conditions climatiques: température, humidité et lumière.

❖ La température:

Elle conditionne à tout moment la physiologie du blé. Dès l'apparition de la coléoptile du sol, la température de la plante peut être influencée par celle de l'air ambiant. La lumière et la température dans certaines limites favorisent la rhizogénèse. Une température supérieure à 0° (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination des céréales. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites "d'hiver". Un abaissement brutal de la température, associé à un dessèchement intense en surface, provoque les dégâts. Par la suite, la température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison. Enfin, l'intensité de l'évapotranspiration peut amener l'échaudage (**Maire, 1975 in Hazmoune, 1994 ; Soltner, 2005**).

❖ L'humidité

Le blé a besoin d'eau pour sa croissance et son développement, un déficit hydrique durant le cycle de développement se traduirait par une réduction du rendement. Les besoins en eau du blé sont de l'ordre de 480 à 750 mm/an, bien répartis à travers le cycle de développement du blé (Blanchard, 1985) in (**Benayache, 1997**).

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la montaison. Quand à l'intensité lumineuse et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois résistance des tiges à la verse et le rendement (**Soltner, 2005**).

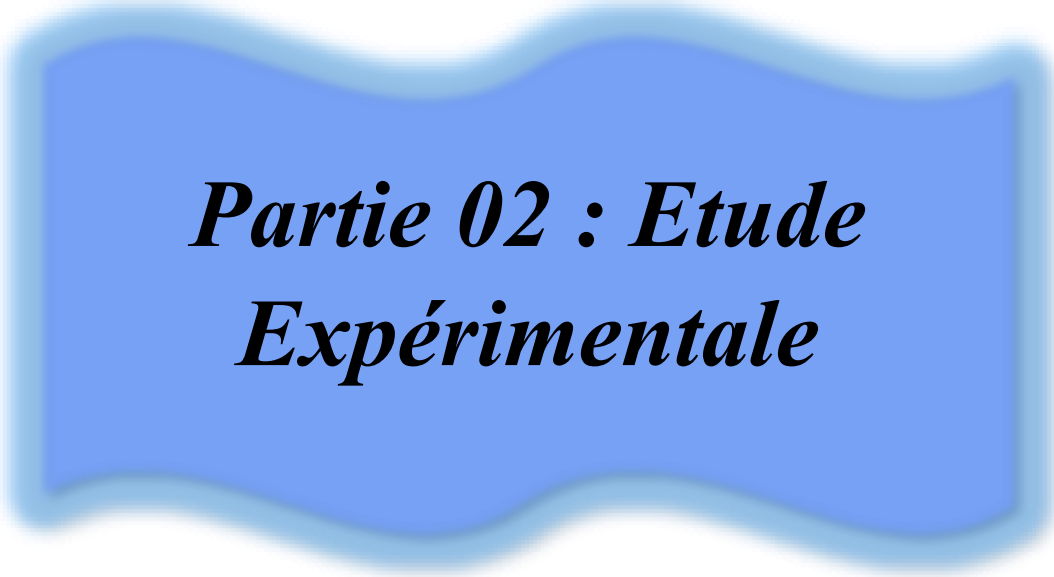
❖ La lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**Soltner, 1990**).


Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

❖ La fertilisation

Les cultures annuelles telles que les blés craignent en phosphore(P) et en potassium (K) quand elles jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au près des jeunes racines.



***Partie 02 : Etude
Expérimentale***



***Chapitre I : Matériel et
Méthode***

1. L'objectif de l'essai :

L'étude est une suite aux travaux de Negrech Rabia (2023), qui porte sur l'effet de biochar activé par des engrais chimiques et du compost sur les caractéristiques et le rendement de blé dur. Notre expérience vient pour confirmer l'effet de biochar après un an de son épandage, en utilisant les mêmes doses et les mêmes parcelles

2. Expérimentation sur terrain et caractéristique technique du champ expérimental

2.1. Préparation du site expérimental

Le site expérimental (parcelle agricole) est situé à l'université 20 Aout 1955 Skikda, c'est ex champs d'arboriculture, Abattu et délaissai pendant plus de 10 ans. Sur le plan géomorphologique, le profil apparait dans les sols situés sur des terrasses alluviales de pente très faible, à quelques mètres d'oued Zeramna. Un profil pédologique a été effectué pour caractériser le sol. Les caractéristiques morphologique analytiques de sol sont indiqués dans le chapitre résultats et discussion (Chapitre III).

2.2. Les amendements et engrais d'épandage

- **Le biochar**

Le biochar fabriqué avec des résidus de bois comme des branches et des écorces de chêne vert (*Quercus ilex*), est finement broyé et tamisé ($\leq 2\text{mm}$).

- **Le compost**

Le compost composite issu d'un mélange de 5 différents composts, fabriqués à Skikda, broyé et tamisé à 2mm pour avoir un mélange homogène.

- **L'engrais**

Les engrais utilisés dans cette expérimentation sont :

Le MAP

L'urée

K₂SO₄

Les doses d'engrais apportés sont calculées à base des besoins nutritionnels de la culture de blé en **NPK**.

2.3. Les traitements et activation de biochar

Les traitements sont basés sur la dose de biochar apportée et le type d'activation de biochar (engrais chimiques ou compost). L'activation de biochar est réalisée au laboratoire pendant deux semaines, qui représente les traitements appliqués sur les parcelles expérimentales (Tableau et figure). Les traitements ont été réalisés sur des parcelles de 1m^2 , en raison de trois répétitions pour chaque.



Figure 02 : Le site expérimental, présentation des blocs de traitements (randomisation total) et la mise en place de la culture de blé

Tableau N°02 : Protocole expérimental de notre étude

T5 R1	T3 R2	T5 R3
T1 R1	T4 R2	T0 R3
T2 R1	T5 R2	T3 R3
T3 R1	T0 R2	T2 R3
T4 R1	T1 R2	T1 R3
T0 R1	T2 R2	T4 R3

T0 : Témoin sol sans apport

T1 : Traitement 1 (1kg de biochar + engrais)

T2 : Traitement 2 (2kg de biochar + engrais)

T3 : Traitement 4 (1kg de biochar + engrais + compost)

T4 : Traitement 3 (1,5 kg Compost seul)

2.4. Méthodes d'analyse du sols au laboratoire

Des analyses de sol en laboratoire ont été effectuées au niveau de département d'Agronomie de l'université 20 Août 1955. Ces analyses ont porté sur le pH et la matière organique et la conductivité, le carbone organique, la densité apparente et la capacité de rétention en eau

- **La densité apparente du sol**

La densité apparente du sol est la mesure de terrain de la masse du sol par rapport à son volume apparent. Elle a été calculée pour les échantillons de sol non perturbés prélevés à l'aide d'un cylindre métallique de 116.86 cm³ (h = 5.3 cm, d = 5.3), à bord tranchant. Le sol a été prélevé et séché à l'étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant utilisé pour déterminer la masse sèche du volume de sol du cylindre complet. Les éléments grossiers sont récupérés et pesés. La densité apparente est exprimée en g/cm³. Les éléments grossiers sont exprimés en %.



Figure 03 : Détermination de la densité apparente par la méthode de cylindre

- **L'humidité relative au champs**

L'humidité au champ permet la détermination de la quantité d'eau existante dans le sol naturel (échantillon). $W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$ (%) Ms Mw: Masse de l'eau dans le sol (échantillon)
Ms: Masse des particules solides du sol (échantillon)

- **La capacité de rétention en eau du sol**

Les échantillons à étudier. Préalablement saturés d'eau, sont soumis à une pression naturelle et ressuyage naturel. L'eau en excès est donc éliminée jusqu'à la réalisation d'un équilibre entre la force appliquée et la force de rétention de l'eau par le sol. On détermine alors la teneur en eau de l'échantillon par différence de poids humide et poids sec à 105°C.

- **Le pH eau**

Le pH est mesuré avec un pH mètre, il est déterminé après l'équilibre des sols avec l'eau distillée en utilisant le rapport sol/eau 1/2,5

- **La conductivité électrique CE**

La détermination se fait à l'aide de conductimètre après l'équilibre du sol avec l'eau, en utilisant le rapport sol/eau 1/5

- **La matière organique**

La teneur en MO peut s'obtenir par la méthode de la perte au feu. Cette méthode est déconseillée pour les échantillons possédants beaucoup de calcaire. Le domaine d'étalonnage de cette méthode varie de 1 à 50% de MO (Fournier, 2012). L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2 mm pour cette méthode :

- Prendre le poids du creuset vide « Mo » ajouter 10 g de sol séché. Noter le poids final - Sécher l'échantillon de sol pendant une 24 h a l' étuve à 105 °c . Puis laisses refroidis au dessiccateur pendant du 10 minutes et noter le poids final (M1)

- Calciner le sol au four à moufle a 250 °C pendant 4h.

- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant le sol calciné (M2).

- Calciner une autre fois le sol au four à moufle à 450 °c pendant 4h.

- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant le sol calciné (M3)

La matière organique se calcul comme suit :

$$MO\% = \frac{M2-M3}{M1-M0} * 100$$

3.1. Matériel végétal :

L'expérience a été menée sur une variété précoce de blé standard VITRON (Voir Photo). L'origine, le type variétal et les caractéristiques de la variété étudiée sont regroupés dans le

tableau 01. Semences utilisées pour évaluer l'effet de divers traitements au Biochar sur les paramètres de germination et de croissance sur la qualité du blé testé Par Constantine caroube



Figure 04 : Photos de la variété de blé (VITRON)

Tableau 0 3 : l'origine et caractéristique (Ait –kaki, 2008).

variété	Origine	Caractéristique
Virton	Espagne	Paille haute à moyenne cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides, sensible aux maladies, bonne productivité

3.2. Méthode de mesure des différentes caractéristiques de la culture

- **La surface foliaire (SF) :**

La surface foliaire est estimée par la méthode de Paul *et al.* (1979), qui consiste à :

- Placer les feuilles sur du papier calque.
- Découper les contours de la feuille.

- Peser le papier du calque représentant la feuille (PF) à l'aide d'une balance de précision.
- Déterminer par pesée le poids (PQ) correspondant à une surface SQ connue d'un carré de 1 cm de côté du même papier calque.
- Déduire la surface de la feuille SF par la formule suivante :

$$SF = (PF - SQ) / PQ$$

- **Teneur relative en eau TRE (%) :**

La teneur en eau relative (TRE) est calculée selon l'étude de Baoji *et al.* (2001) par Bars (1968). L'avant-dernière feuille de chaque plantule est retirée et placée dans du papier d'aluminium pour réduire la perte d'eau transpiration. Les échantillons de feuilles sont pesés directement pour déterminer le poids frais (PF). Ils sont ensuite placés dans des tubes à essai remplis à moitié d'eau distillée et conservés dans un endroit frais et sombre. Le poids turgide (PT) est déterminé 24 heures plus tard. Le poids sec (PS) est déterminé après avoir placé les échantillons de feuilles dans une étuve ventilée dont la température a été portée à 90°C, pendant 48 heures.

La TRE est déduit par la formule suivante : $TRE (\%) = 100 [(PF - PS) / (PT - PS)]$

- **Longueur de la plante :**

Elle est mesurée du ras du sol jusqu'au sommet de la plante à l'aide d'un ruban mètre.

- **Longueur de l'épi avec barbe**

Elle est mesurée à partir de la base de l'épi (1ier article du rachis) jusqu'à l'extrémité supérieur des barbes

- **Longueur de l'épi sans barbe :**

Elle est mesurée sur des épis avec des barbes coupées à partir de la base de l'épi jusqu'au Sommet de l'épillet terminal.



***Chapitre II : Résultats
et Discussion***

1. Effet de biochar sur les caractéristiques du sol

1.1. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil pédologique de la parcelle agricole du site expérimental (Sol témoin)

1.1.1. Description morphologique

Nom du profil : Université 1

Numéro du profil : P1

Date de description : Avril 2023

Localisation : 36°50'55.25"N, 6°53'45.68"E

Physiographie : Terrasse alluviale

Topographie : Pente à 2%

Matériau parental : Dépôt alluvionnaire sous Micaschiste

Occupation des sols : Champs expérimental, l'année de description (Sol délaissé pendant plus de 10 ans, ex champ d'arboriculture)

Drainage : Mauvais

Classification USDA 2022 : CumulicHaploxeroll

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'apport a

Horizon Ap (0 – 25cm) : Horizon labouré, frais, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 3/3) à l'état sec, Dark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Limoneux argileux, structure polyédrique fine, friable, collant, enracinement moyennement dense, végétation herbacée, très peu d'éléments grossiers (1%), pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.

Horizon AC (25 – 40 cm) : Frais, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 3/5) à l'état sec, Dark Brown (7,5YR 3/5) à l'état humide. Limoneux argileux, structure polyédrique moyenne, compact, collant, faible enracinement, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.

Horizon IIC1 (40 - 60cm) : Frais, brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sec, VeryDark Brown (7,5YR 2,5/1) à l'état humide. Argileux limoneux, structure polyédrique moyenne, très compact, collant, très peu de racine, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.



Figure05 : Photo représentative du profil

Horizon IIC2 (60-80 cm) : Frais, brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sec, VeryDark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Argileux limoneux, structure polyédrique moyenne, compact, collant, très peu de racine, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl.

1.1.2 Résultats analytiques du profil

Tableau 04: Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 01

Horizon	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)	0-25	25-40	40-60	60-80
Argile %	32,0	37,2	44,0	46,5
Limon %	47,8	52,2	47,0	40,8
Sable %	21,0	10,6	9,0	12,8
Texture	Limoneux - argileuse	Limoneux -argileuse	Argilo- limoneuse	Argilo- limoneuse
Elément grossiers %	1	0	0	0
Da	1,30	1,32	1,42	1,42
Dr	2,18	2,08	2,21	1,85
Porosité %	40,37	36,55	35,99	23,31
Humidité à pF 3 %	24,23	23,84	31,13	19,80
Humidité à pF 4,2 %	13,94	13,90	21,85	11,51
RU (mm)	33,44	19,69	26,35	23,56
MO %	1,52	2,96	2,22	1,49
Carbone %	0,88	1,72	1,29	0,86
Azote %	0,1	0,108	0,0821	0,069
C/N	8,8	15,92	15,71	12,46
pH eau	6,6	6,2	5,85	6,02
pH KCl	5,82	5,41	5,19	5,81
Calcaire total %	0	0	0	0
CEC (cmol /kg)	12,8	14,9	16,5	17,5
Ca ⁺⁺ (cmol /kg)	6,6	6,7	7,5	7,1
Mg ⁺⁺ (cmol /kg)	4,1	4,5	4,7	5,4
Na ⁺ (cmol /kg)	0,5	0,4	0,5	0,5
K ⁺ (cmol /kg)	0,7	1,3	1,5	1,5
V %	95	86,57	86,06	82,85

1.1.3 Caractéristiques synthétiques et interprétation du profil pédologique

Le Profil est localisé dans un champ expérimental (parcelle agricole) à l'université 20 Aout 1955 Skikda, c'est ex champs d'arboriculture, Abattu et délaissai pendant plus de 10 ans. Sur le plan géomorphologique, le profil apparait dans les sols situés sur des terrasses alluviales de pente très faible, à quelques mètres d'oued Zeramna. Selon la classification USDA, il appartient à l'ordre des Mollisols – CumulicHaploxeroll (Ap/C/IIC1/IIC2), sol peu évolué d'apport alluvial noirci-humifère, selon la classification française CPCS. C'est un sol profond, brun foncé, compact, moyennement poreux, caractérisé par une structure polyédrique fine à moyenne, de texture limono-argileuse en surface à argilo- limoneuse en profondeur, avec un taux d'argile qui varie de 32 % en surface à plus de 37 % en profondeur, contribuant à une bonne réserve et rétention en eau, cependant le drainage interne très mauvais favorise la stagnation d'eau en surface et le problème d'asphyxie. Le sol est marqué par un taux d'azote faible et un taux de carbone organique faible à moyen, qui varie de 0,88 % à 0,72 %, ce dernier présente des fluctuations en profondeur traduisant le caractère alluvial de ces sols. La CEC du sol est faible en surface à moyenne en profondeur, variant de 12 à 17 cmol/kg, avec un complexe adsorbant riche en calcium. En effet le sol est non salé, non calcaire à pH légèrement acide

1.1. Effet du biochar sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol des différents traitements

Tableau 05 : Caractéristiques physiques et chimiques du sol des différents traitements

(T0 : Sol témoin, T1 : Sol traité en 1kg biochar + engrais minéral, T2 : Sol traité en 2kg biochar + engrais minéral, Sol traité en 1 kg biochar + 1 kg compost + engrais minéral, T4 : Sol traité en engrais minéral seul, T5 : Sol traité en compost seul)

Caractéristiques du sol	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Matière organique (%)	1,52	5,47	9,25	7,45	1,50	3,53
Carbone (%)	0,88	3,18	5,38	4,33	0,87	2,05
pH	6,7	7,3	7,5	7	6,8	6,5
Conductivité électrique (μ S/cm)	0,7	0,6	1,2	1,3	1,2	0,8
Capacité de rétention en eau (%)	55	60	59	60	58	61
Densité apparente	1,24	1,53	1,45	1,15	1,19	1,23
Humidité au champ (%)	2,12	2,35	2,45	2,40	2,11	2,27

Les résultats des analyses du sol dans les différents traitements représentés dans le tableau ci dessus montrent que :

Le taux de carbone a été multiplié dans les parcelles traitées en biochar et en compost. En effet le T2 (sol traité en 2kg de biochar + engrais minéral) enregistre le taux le plus élevé, notant 5,38 % de carbone (C), suivi par le T3 (sol traité en 1kg de biochar + compost + engrais minéral) avec 4,33 % de C et le T1 (sol traité en 1kg de biochar + engrais minéral) avec 3,18 % de C. Vient ensuite le T5 (sol traité en compost seul). Les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans le sol épandé en engrais minéral seul et le sol témoin sans aucun apport (0,88 %).

Le pH du sol témoin (6,7) tant vers la neutralité dans les parcelles traitées en biochar, il est devenu neutre dans le traitement T3, et légèrement alcalin dans le T1 et T2 (7,3 à 7,5). Cependant il est légèrement acide dans le sol amendé en compost seul (6,5).

La CE (conductivité électrique) est généralement très faible dans tous les traitements indiquant que le sol est non salé. Cependant il a été remarqué une petite augmentation de la CE dans les parcelles traitées en biochar et en engrais minéral.

La capacité de rétention en eau est importante dans les parcelles traitées en biochar et compost T1, T2, T3 et T5 avec des taux qui dépassent 60 %. Cependant le sol témoin enregistre la plus faible rétention en eau (55 %). De même, l'humidité relative au champ est importante dans le T2, sol amendé en 2kg de biochar (2,45 %), suivi successivement par T3, T1 et T5. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans le sol témoin et le sol traité en engrais minéral.

2. Discussion

L'apport de biochar activé par l'engrais minéral et du compost au sol ont multiplié le taux de carbone, cela a fait neutraliser le pH du sol et a fait augmenter les éléments minéraux, la capacité de rétention en eau et l'humidité relative au champ.

Le biochar est une forme de carbone stable qui peut persister dans le sol pendant des centaines à des milliers d'années, contribuant ainsi au stockage à long terme du carbone dans le sol (Lehmann et Joseph, 2015). C'est un matériau poreux à haute teneur en carbone, produit par la pyrolyse de la biomasse. Son incorporation dans le sol peut améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol. Des études ont montré que le biochar peut augmenter la

capacité de rétention d'eau du sol, améliorer la structure du sol, et augmenter la disponibilité des nutriments (Lehmann et Joseph, 2015).

L'activation du biochar par les engrais minéraux implique le traitement du biochar avec des solutions d'engrais minéraux pour augmenter sa teneur en nutriments. Cette activation inclut la disponibilité immédiate des nutriments, dont les engrais minéraux peuvent précharger le

biochar avec des nutriments immédiatement disponibles, améliorant ainsi la nutrition des plantes dès le début de la croissance (Agegnehu et al., 2016).

L'activation du biochar par le compost implique le mélange du biochar avec du compost mature, ce qui peut précharger le biochar avec des nutriments et des microorganismes bénéfiques. Cela peut avoir plusieurs effets positifs sur la fertilité du sol à savoir **l'amélioration de la capacité de rétention des nutriments**, dont le compost enrichit le biochar en éléments nutritifs, augmentant ainsi la disponibilité des nutriments pour les plantes (Steiner et al., 2007). Les microorganismes présents dans le compost peuvent coloniser le biochar, améliorant la décomposition de la matière organique et la libération des nutriments (Lehmann et Joseph, 2015).

L'ajout de biochar activé par le compost peut améliorer la structure du sol en augmentant sa porosité et sa capacité de rétention d'eau, ce qui favorise une meilleure infiltration et stockage de l'eau (Sohi et al., 2010 ; Lehmann et Joseph, 2015). Par conséquent, Une meilleure structure du sol peut favoriser l'infiltration de l'eau et réduire l'érosion, comme elle aussi permet un développement racinaire plus profond et plus efficace, ce qui est essentiel pour l'absorption des nutriments et l'accès à l'eau en période de sécheresse (Jeffery et al., 2011).

Le compost, riche en matière organique, augmente le stock de carbone organique du sol. Lorsqu'il est combiné avec le biochar, il peut créer une matrice de sol plus stable et plus riche en carbone (Agegnehu et al., 2017).

Cette combinaison améliore non seulement la séquestration du carbone, mais aussi la fertilité du sol en fournissant une source continue de matière organique et de nutriments

2. Effet du biochar sur caractéristiques morphologiques et la production du blé dur

2.1. Effet sur la teneur en eau dans les feuilles et le tallage



Figure 06 : Effet de biochar sur la teneur en eau des feuilles de blé

Les mesures de la teneur en eau dans les feuilles selon les différents traitements montrent que le T1 (Sol traité par 1kg de biochar + engrais minéral seul) a enregistré les teneurs les plus élevés en eau avec 93 %, suivi immédiatement par le T3 (Sol traité par 1kg de biochar + engrais minéral + compost), notant ainsi 86 %. Viennent ensuite les traitements T0 et T4 (Sol témoin et sol traité en engrais minéral seul) qui ont enregistré 65 % d'eau. Les teneurs les plus faibles sont signalés dans les traitements T2 et T5 (Sol traité par 2 kg de biochar + engrais minéral et sol traité en compost), notant successivement 55 et 42 %.

2.2. Effet sur le tallage

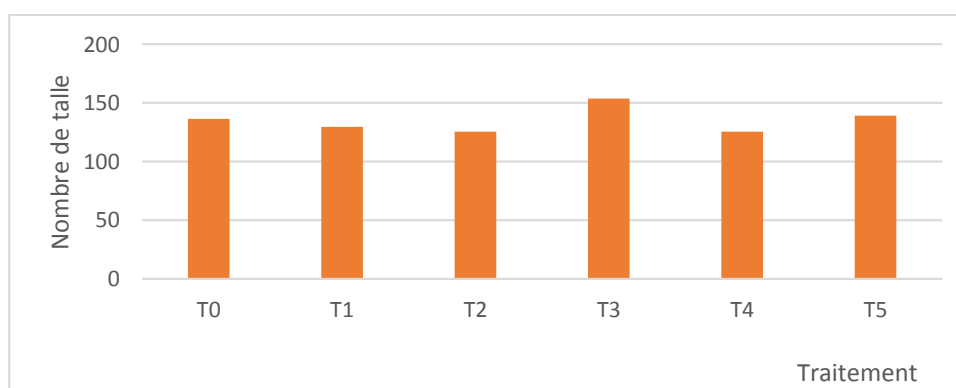


Figure07 : Effet de biochar sur le tallage

Les mesures de nombre de talle par parcelle selon les différents traitements montrent que le T3 (Sol traité par 1kg de biochar + compost engrais minéral seul) a enregistré le nombre

le plus élevé de talle (153), suivi successivement par le T5, T0, T1 et T2. Le nombre de talle le faible est enregistré dans la parcelle traitée en engrais seul T4

2.2. Effet sur la longueur de l'épi

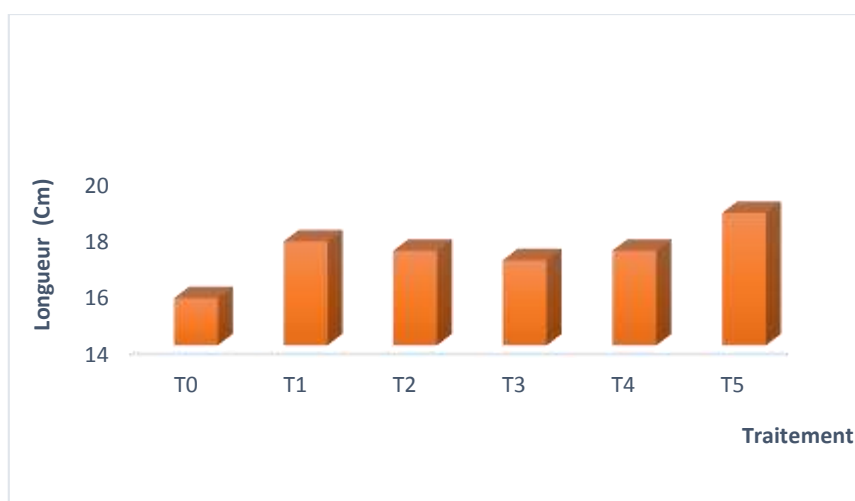


Figure 08 : Effet de biochar sur la longueur de l'épi

Les mesures de la longueur d'épi montrent que le sol traité par du compost seul et le sol traité avec 1 kg de Biochar + Engrais minéral enregistrent les longueurs de la pointe les plus élevées de 18,66 cm et 17,66 cm, immédiatement suivies par les sols traités avec 2 kg de biochar + Engrais et les pièces traitées avec engrais où il a atteint 17,33 cm immédiatement après le sol traité avec 1 kg de biochar + Engrais où il a atteint 17cm et le sol exposé sans traitement il a atteint 15,66 cm.

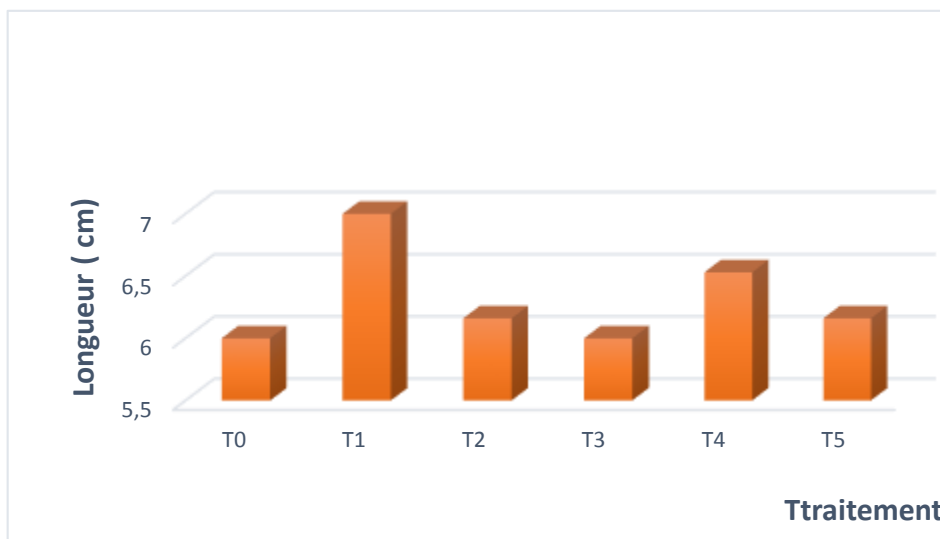


Figure 09 : Longueur de l'épi sans barbe

3.4 Effet sur la longueur de l'épi sans barbe

Les mesure de la longueur de l'épi sans barbe montrent que la parcelle T1 traitée avec 1kg Biochar +Engrais a enregistré le pic le plus long de 7 cm, suivi immédiatement par la parcelle T4 traitée par l'engrais minéral seul, avec une longueur de 6,63 cm. Suivi par les parcelles T5 et T2 et notant successivement 6,16 et 6 cm. Les longueurs les plus faibles sont enregistrés dans les parcelles T0 et T3.

3.5 Effet sur la longueur de la plante

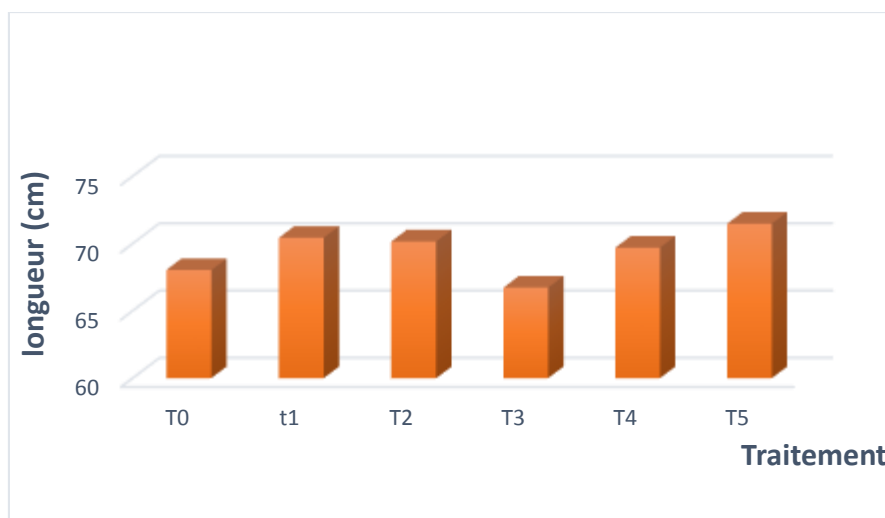


Figure 10 : Effet de biochar Longueur de la plante

Les mesures de la longueur de l'épi montrent que les parcelles T5, T1 et T2 traitées successivement en compost seul, en 1 kg de biochar + Engrais minéral et en 2 kg de biochar + engrais minéral montrent que la longueur de la pointe est plus élevée, enregistrant successivement 71,47 cm et 70,43 cm et 70,15 cm. Suivi par les parcelles les parcelles traitées avec l'engrais minéral seul où la longueur de pointe atteint 69,69 cm. Les longueurs les plus faibles sont enregistrées dans les parcelles T3 (sol traité avec 1 kg de biochar + Engrais minéral) et T0 (Sol témoin) avec 68,03 et 66,73 cm

3.6 Effet de biochar sur le rendement en blé dur

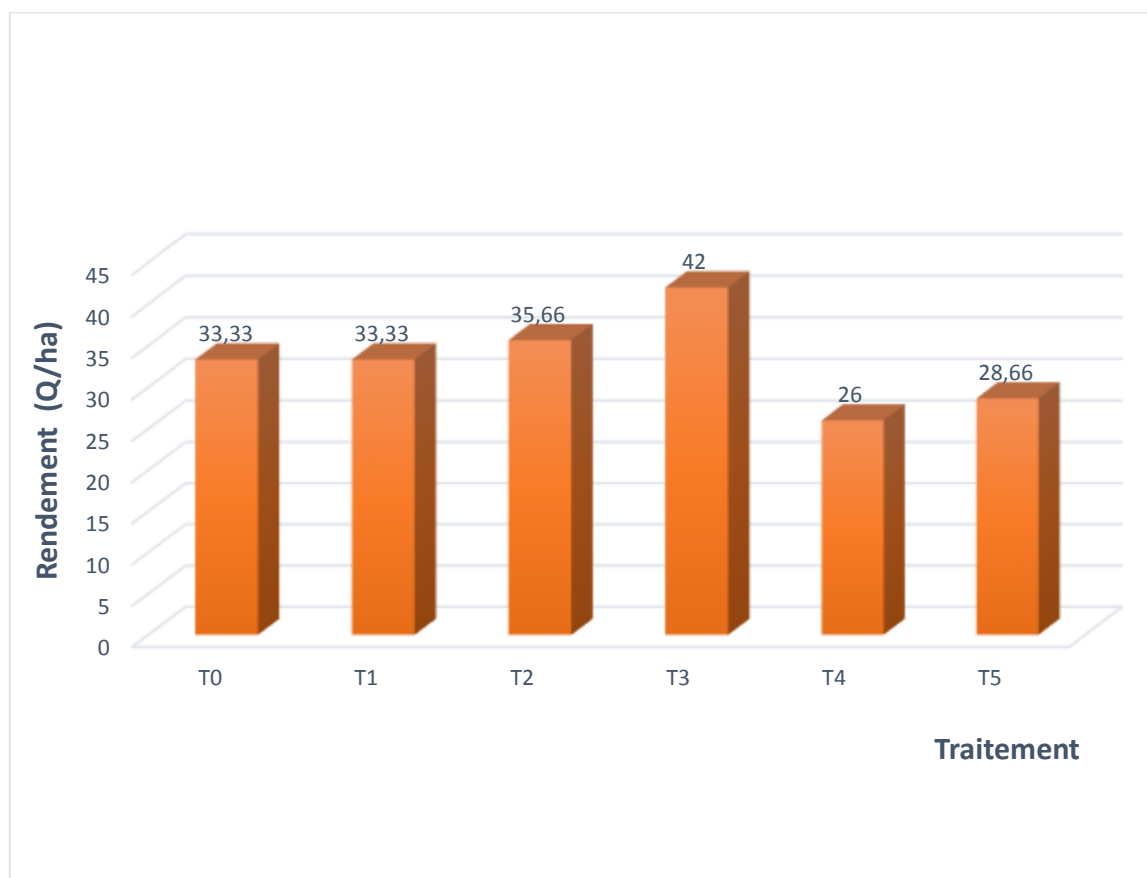


Figure 11 : Effet de biochar sur le rendement en blé

Les calculs des rendements en blé selon les différents traitements montrent que les parcelles T3 (traitées par 1kg de biochar + compost + engrais minéral) et T2 (traitées en 2kg de biochar + engrais minéral) ont donné les rendements les plus élevés par rapport aux autres traitements, enregistrant successivement 42 et 35,66 Q/ ha, suivi par les parcelles T1 et T0 (33,33 Q/ ha).

Les rendements les plus faibles sont enregistrés dans les parcelles T5 et T4 (traitées en compost seul et en engrais seul) donnant successivement 28,66 et 26 Q/ ha

4. Discussion

L'application simultanée de biochar, de compost et d'engrais peut améliorer les rendements de blé en fournissant une source équilibrée de nutriments, en augmentant la rétention d'eau et en améliorant la structure du sol (**Lehmann et Joseph, 2015**).

Le biochar améliore la rétention des nutriments et la disponibilité de l'eau, tandis que le compost enrichit le sol en matière organique et en microorganismes bénéfiques. Les engrais apportent des nutriments immédiatement disponibles, ce qui est crucial pour les premières phases de croissance des plantes (**Agegnehu et al., 2017**).

Des études similaires ont montré que la combinaison de biochar, compost, et engrais peut améliorer significativement la croissance des plantes et les rendements de blé en comparaison avec l'utilisation individuelle de chaque amendement. C'est ainsi que l'étude de **Zhang et al. (2012)** a montré que l'application combinée de biochar, compost, et engrais sur des cultures de blé a augmenté les rendements de 15% par rapport à l'utilisation exclusive d'engrais. Le biochar a contribué à une meilleure rétention des nutriments et à une amélioration de la structure du sol, tandis que le compost a enrichi le sol en matière organique et stimulé l'activité biologique.

La combinaison de ces amendements peut améliorer la croissance des racines et augmenter l'efficacité d'utilisation des nutriments, ce qui conduit à une meilleure performance globale des cultures de blé (**Zhang et al., 2012**).

De même **Agegnehu et al. (2017)** ont constaté que la combinaison de biochar et de compost pouvait remplacer jusqu'à 50% des besoins en engrais chimiques, sans compromettre les rendements de blé. Cette synergie a également conduit à une meilleure résilience des cultures face aux conditions de stress hydrique.

Le biochar peut réduire la lixiviation des nutriments, par une meilleure rétention d'éléments minéraux, ce qui améliore l'efficacité des engrais appliqués (**Major et al., 2010**).

L'intégration de biochar et de compost peut améliorer la structure et la capacité de rétention d'eau du sol, ce qui peut réduire les besoins en irrigation et améliorer la disponibilité des nutriments.

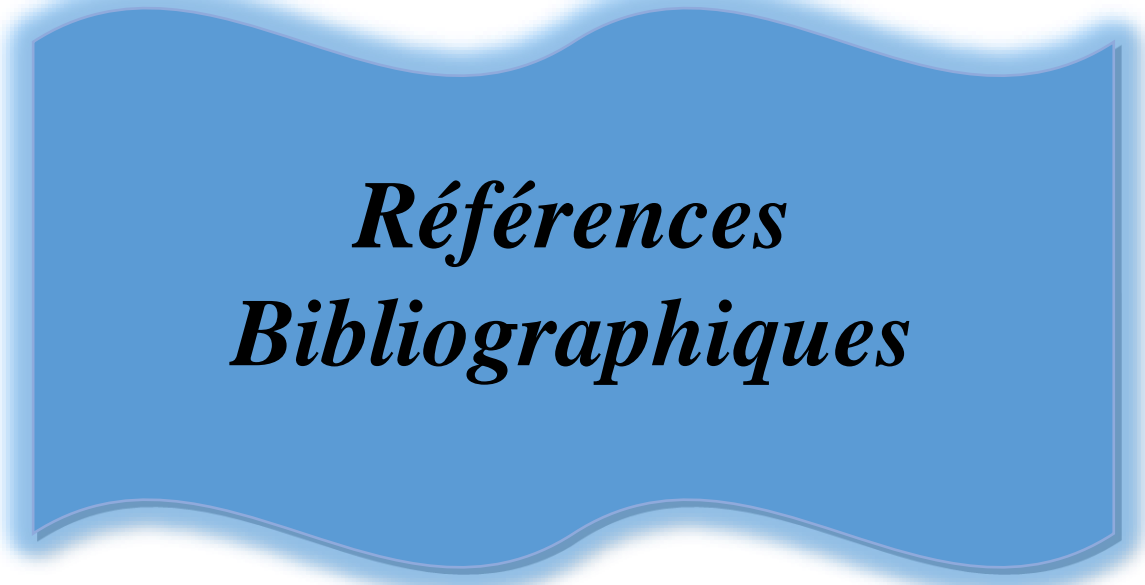
Les engrais apportent des nutriments immédiatement disponibles, tandis que le compost et le biochar contribuent à une libération plus lente et prolongée des nutriments, assurant une nutrition continue des plantes (Agegnehu et al., 2017).

L'utilisation de compost et de biochar peut réduire la dépendance aux engrais chimiques, limitant ainsi les impacts environnementaux négatifs (Jeffery et al., 2011)



Conclusion

A la fin de cette étude qui porte sur l'effet à long terme de la dose de biochar activé par des engrais chimiques et du compost sur les propriétés du sol et les caractéristiques physiologiques et morphologiques de la culture de blé dur (variété Vitron), en réalisant différents traitements de sol, les résultats montrent que l'utilisation combinée de biochar, de compost et d'engrais présente des avantages significatifs pour la production de blé, la fertilité du sol et le stockage de carbone, cependant l'augmentation de la dose n'a pas un grand effet, dont elle vient en deuxième position. Cette approche intégrée améliore les rendements des cultures en fournissant une source équilibrée et durable de nutriments, en augmentant la rétention d'eau et en améliorant la structure du sol. De plus, elle contribue à la séquestration du carbone, ce qui a des implications positives pour la lutte contre le changement climatique. La recherche continue dans ce domaine est essentielle pour optimiser ces pratiques et maximiser leurs bénéfices environnementaux et agronomiques.



***Références
Bibliographiques***

Références bibliographiques

- **Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2017).** Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. **Science of The Total Environment**, 543, 295-306. and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) under rainfed conditions.
- **Antal, M. J. & Grønli, M. 2003.** The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42, 1619-1640.
- **Baldy C. (1992).** Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en Méditerranée occidentale. Dans : Tolérance à la Sécheresse des Céréales en Zone Méditerranéenne. Diversité Génétique et Amélioration Variétale, Montpellier 1992. Les Colloques de l'INRA, 64, pp : 83-100.
- **Belaid D., (1986).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. OPU, Alger, 207p.
- **Bozzini, A. (1988).** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACCC (Minnesota). Etats-Unis: 1-16 p.
- **Carole A · Valérie L · Joël A · X. (2002).** Intérêt nutritionnel de la couche à aleurone du grain
- **Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T. E., Malo, D. D. & Julson, J. L. 2014.** Effect of biochar on chemical properties of acidic soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, 393- 404
comportement d'un génotype de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en pot et en plein champs dans la région d'El-Kharroub. Mémoire. ING. Univ. Batna : 69
de blé pp.545-556 du Vol.22 n°5,2002
- **Downie, A., Crosky, A., and Munrore, P., 2009:** Physical Properties of Biochar. In Lehmann, J., DUTHIL J., 1973. *Elément d'écologie et d'agronomie*. Tome 2. Ed. Bailliére. 392p.
during reproductive stage. *Aust.J.Agric.Res.* 46 : 15 - 24.
- **durum Desf.)** exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse doctorat, université Badji Mokhtar Annaba, p 10-12.
- -Factura, H.; Bettendorf, T.; Buzie, C.; Pieplow, H.; Reckin, J.; Otterpohl, R. Terra Preta sanitation: Re-discovered from an ancient Amazonian civilization—Integrating sanitation, bio-waste management and agriculture. *Water Sci. Technol.* 2010, 61, 2673–2679.

Références bibliographiques

- **Feillet, 2000.** Etude de paramètres morphologiques, physiologiques due aux stress salin chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sur deux types du sol.03p
- **GATE P.H., (1995).** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.
- -Glaser, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. Biol. Sci.* 2007, 362, 187–196
- **Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002).** Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. **Biology and Fertility of Soils**, 35(4), 219-230.
- **Guergah N. (1997).** Contribution à l'étude de l'effet de la profondeur de semis sur le
- **Hannachi A., Z. Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt., (2013).** Correlation, Path Analysis
- **Hazmoune T., 2006.** Le semis profond comme palliatif à la sécheresse : Rôle du coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse de Doctorat d'Etat Univ. Mentouri Constantine. 179p.
INTERNATIONNALE SUR LE BIOCHAR : MISSION ITALIE, « BIOCHAR : PRODUCTION, CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS », Biopterre, 5p
- **Jeffery, S., Verheijen, F. G., Van Der Velde, M., & Bastos, A. C. (2011).** A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 144(1), 175-187.
Journal of Agriculture and Sustainability, 3 (2):122-131.
- Laurin-Lanctôt S. (2015). Effet de l'amendement en biochar des sols biologiques pour une culture de tomates sous serre : Rétention en nutriments, activité biologique et régie de fertilisation. Maîtrise en sols et environnement Maîtrisées sciences (M.Sc.) Université LAVAL,
- **Lehmann J** and Joseph S, eds, *Biochar for environmental management*, Earthscan publishing, London, 2009.
- **Lehmann, J., & Joseph, S. (2015).** *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. **Routledge**.
- Major J. (2011). Le biochar : outil pour la gestion des résidus de biomasse et la fertilité des sols. *Bio Tendances*. 2p

Références bibliographiques

- **Major, J.**, Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. **Plant and Soil**, 333(1-2), 117-128.
- Pro-Natura International, (2010). Québec, Canada, Lutter contre les changements climatiques et augmenter la productivité agricole avec le charbon vert, 4p.
- SADOUN S. et AOUNET M.A. (2018). Contribution à l'étude de l'effet de l'incorporation d'un bio-charbon sur les propriétés agroécologique d'un sol sableux et son impact sur la culture de blé dur dans la région d'El-Oued. Mémoire de master. Filière : Sciences biologiques. Spécialité : La Biodiversité et environnement. Université d'El-Oued, Algérie, 18-19-20-21-22
- Sébastien L. (2017).BIOCHAR, LA RÉALITÉ QUÉBÉCOISE. CONFÉRENCE
- **Soltner D., (1987)**. Les grandes productions végétales « Céréales-plante sarclées prairies».15ème Ed. Collectons sciences et techniques agricoles. 461p.
- **Soltner D., 2005** - Les grandes productions végétales. « Céréales, - Plantes sarclées – Prairies »1ère partie 14ème. Ed. Sci .et Tec. agric. Angers France: 461p.
- **Soltner, 1990**. Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur Triticum
- Song, W., & Guo, M., 2012: Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 94, 138145.
- **Steiner, C.**, Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., De Macêdo, J. L. V., Blum, W. E. H., & Zech, W. (2007). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. **Plant and Soil**, 291(1-2), 275-290.
- **Surget, A., Barron, C. (2005)**. Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales*, 145 : 4-7.
- **Wardlaw I.F., I.A. Dawson, P.M. Munibi (1989)**. Tolerance of wheat to high temperature
- **Zhang, A.**, Bian, R., Pan, G., Cui, L., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., & Zhang, X. (2012). Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: A field study of 2 consecutive rice growing cycles. **Field Crops Research**, 127, 153-160.

Ahmed Seghir

Lecheheb

Lamri

Bouhdiba

Abir

Ouissem

Marwa

Ibtissem

**Titre : Effet de l'apport du biochar sur les propriétés du sol et la production du blé dur
(*Triticum durum* Desf.)**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences du sol

Résumé :

L'étude a été menée au cours de l'année universitaire 2023 /2024, dont l'objectif est de voir l'effet à long terme de la dose de biochar activé par des engrais chimiques (NPK) et du compost sur les propriétés du sol et les caractéristiques physiologiques et morphologiques de la culture de blé dur (variété Vitron), dont différents traitement de sol ont été réalisés : T0 (Sol témoin), T1 (sol amendé en 1kg de biochar activé par l'engrais), T2 (sol amendé en 2kg de biochar activé par l'engrais), T3 (sol traité par 1kg de biochar activé par l'engrais et le compost), T4 (sol amendé en engrais chimique seul), T5 (sol amendé en compost seul). Différentes caractéristiques physiques et chimiques du sol ont été réalisées à la fin de l'étude, et différentes caractéristiques morphologiques et physiologiques de blé ont été suivies à savoir la longueur de la tige, la surface de la feuille, la hauteur de la plante, la longueur du cou, la teneur relative en eau et le rendement de la culture après récolte.

Les résultats de cette étude montrent généralement que l'apport de biochar activé par l'engrais minéral et du compost au sol a amélioré les propriétés du sol en multipliant le stock du sol en carbone (7,45 %), le biochar a fait neutraliser le pH (7) du sol et a fait augmenter les éléments minéraux, l'humidité relative au champ. L'étude des caractéristiques morphologiques et physiologiques de la culture de blé a montré qu'il y avait généralement une augmentation de la longueur de la plante, la surface foliaire, la longueur du col et la teneur relative en eau dans le sol traité en biochar activé en engrais et en compost (T3). Ce dernier traitement a enregistré le rendement le plus avec 45 Q/ha de blé. L'effet dose (2kg) de biochar vient en deuxième position (35,66 Q/ha). Cette étude a montré que l'engrais biochar combiné au compost et au engrais chimique a un effet efficace sur la croissance et le rendement blé dur.

Mots clés : Biochar, Compost, Engrais chimique, Blé dur (vitron), Caractéristiques physiologiques et morphologiques.

Jury d'évaluation :

Président : Mr Hafsi Zakaria

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Examinatrice : M^{me} Bounouara Zohra

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Promotrice : M^{me} LARIT Sabah

Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année Universitaire : 2023/2024

