

Nom du candidat : COLLIN

Prénoms : Aurélie

N° Candidat : A BCPST - 42281

Noms des auteurs en cas de travail commun

LOAËC Mélina – 26779

Dominante BIOLOGIE

Dominante GÉOLOGIE

MIXTE

BANQUE AGRO-VETO – Session 2025

T.I.P.E.

Maximum 8 pages (illustrations comprises), Times New Roman 12 ou Arial 10, interligne simple.

20 000 caractères maximum

IMPORTANT : n'inscrire sur cette couverture aucune référence à l'établissement scolaire

TITRE : Biochar et amélioration des sols tempérés

RÉSUMÉ (en six lignes) :

Le biochar permet d'améliorer la qualité des sols en rééquilibrant le pH d'un sol acide et en augmentant sa capacité de rétention d'eau. Nous cherchons donc à savoir si le biochar peut améliorer la qualité d'un sol en milieu tempéré. Notre démarche consiste à mesurer la croissance de gazon, de pois et d'orge dans un sol avec et sans biochar, en champs et en laboratoire ; ainsi que de mesurer le volume d'eau retenu dans un sol avec et sans biochar.

Nombre de caractères (espaces compris) : 14 253

Le document doit être constitué au format A4 avec en couverture cette présentation.

Le biochar est un amendement du sol issu de la pyrolyse de biomasse, principalement utilisé en agriculture tropicale. Il permet une **transformation** des sols pour améliorer leur qualité.[1] Un sol qui contient du biochar détient une grande capacité de rétention d'eau car le biochar peut retenir plusieurs fois son poids en eau. Il forme des microcavités permettant à l'eau et à l'air de s'infiltrer dans les sols argileux ce qui les rend plus perméables.[2] Le biochar, dont le pH en solution se trouve entre 7 et 10, permet une **conversion** d'un sol acide en un sol rééquilibré. Il améliore aussi le développement des microorganismes du sol et favorise les symbioses mycorhiziennes, ce qui permet d'améliorer le développement des plantes.[3]

Le biochar est intéressant pour l'environnement puisqu'il permet de séquestrer le carbone atmosphérique. Le carbone atmosphérique incorporé lors de la photosynthèse par la biomasse, est transformé en carbone organique stable durant la pyrolyse de cette biomasse.[4] Le biochar joue donc un rôle essentiel dans la **transition** entre le carbone atmosphérique et le carbone organique. Lorsque le biochar est incorporé dans les terres agricoles, il enrichit le sol et favorise ainsi la formation d'humus, une substance organique qui améliore la structure et la fertilité des sols et qui augmente leur capacité à retenir le CO₂. Ceci permet aux sols de mieux capter et stocker le carbone. Une fois incorporé dans le sol, le carbone peut rester durant des milliers d'années.[5] *Nous nous sommes demandées si le biochar pourrait être aussi exploité en milieu tempéré.*

Notre démarche consiste dans un premier temps à vérifier, sur un sol formé en milieu tempéré, l'impact du biochar sur la croissance des angiospermes. Pour cela, nous avons mené une étude en champs, ainsi qu'une étude en laboratoire. Dans un second temps, nous avons évalué l'effet du biochar sur la capacité de rétention d'eau de ce sol.

D) Impact du biochar sur la croissance des plantes en champ

A-Procédure

10 secteurs de 1 m² ont été délimités sur une parcelle en bordure d'un champ n'ayant aucune culture pendant l'expérience, selon le plan ci-dessous :

Figure 1 - Schéma de l'organisation des parcelles extérieures

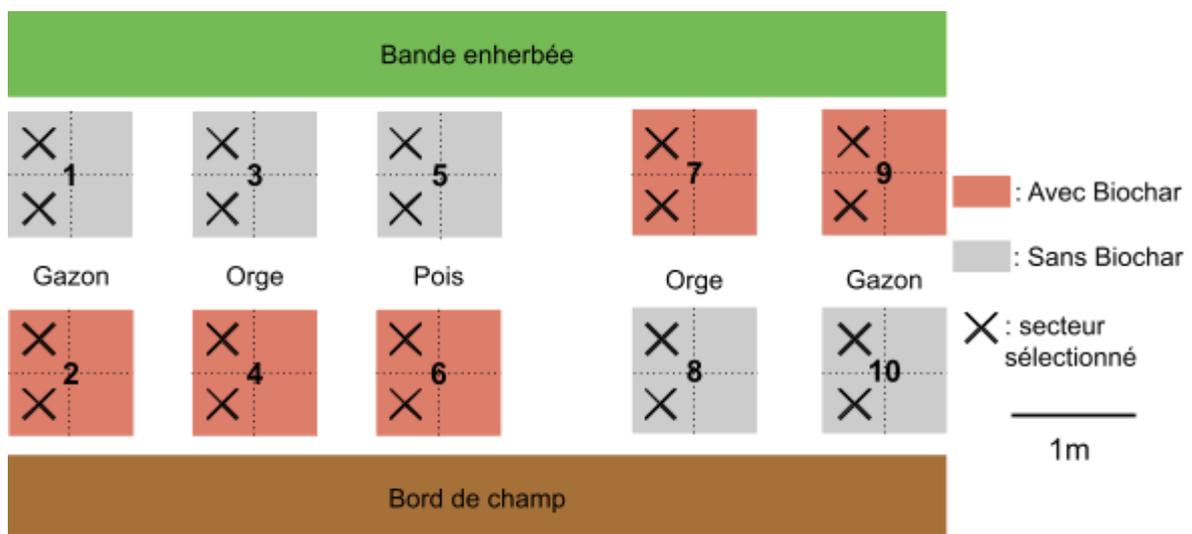


Figure 2 - Photographie des parcelles (01/03/2025)



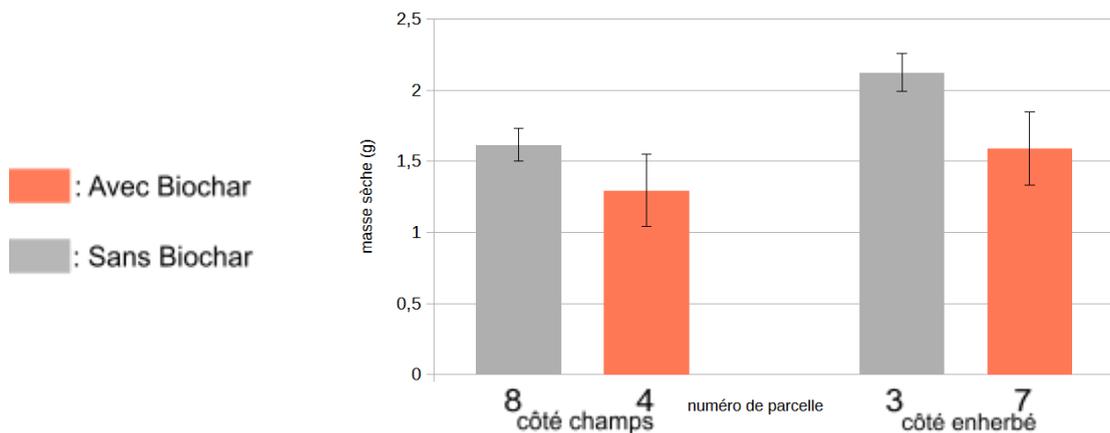
Compte tenu de l'espace disponible, nous avons pu doubler 2 cultures pour vérifier d'éventuels effets de la bordure du champ ou de la partie enherbée sur notre culture.

Après un désherbage de chaque parcelle, 250,0 +/- 0,9 g par m² de biochar ont été répandus sur les 5 secteurs, conformément aux instructions du fabricant, comme schématisé sur le plan ci-dessus. Puis, le gazon a été semé à 30,0 g +/- 0,3g par m², l'orge à 250 grains par m² et les pois de printemps à 90 grains par m². [9]

Au bout de 102 jours (durée maximale possible pendant le TIPE), les parcelles ont été divisées en 4 secteurs de même surface (figure 1). Les parties aériennes (figure 1) de 2 des 4 secteurs, sélectionnées au hasard, ont été séchées à l'étuve à 50°C pendant 2 jours puis pesées.

B-résultats et interprétations

Figure 3 - Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches de l'orge
Barre d'erreur: erreur standard de mesure

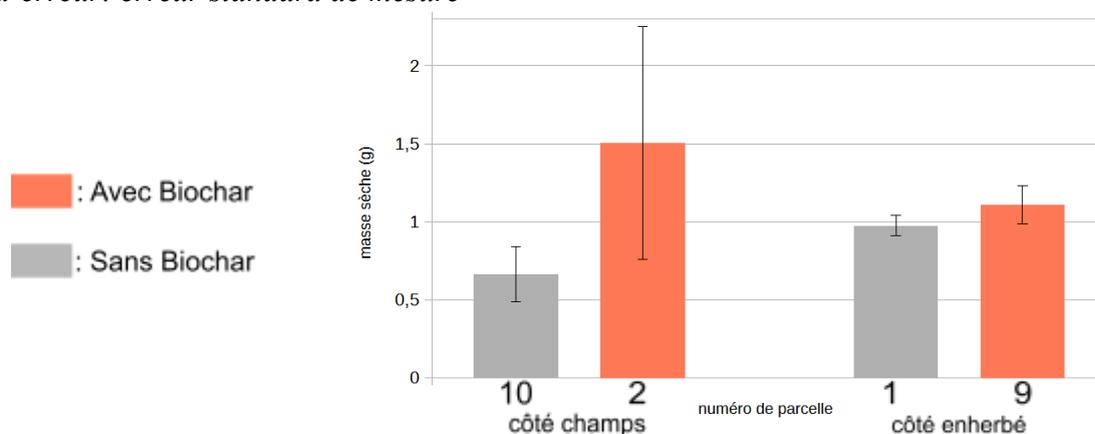


La masse sèche de l'orge est 20% plus importante dans le secteur du côté de la bande enherbée que du côté champ. Cette tendance est aussi observée pour le gazon. Du fait de cet effet de bord, nous préférons analyser séparément les mesures des 2 côtés de la parcelle.

La masse sèche d'orge mesurée sur les secteurs du côté de la bande enherbée est environ 25% plus faible en présence de biochar. Sur les secteurs côté champs, la différence

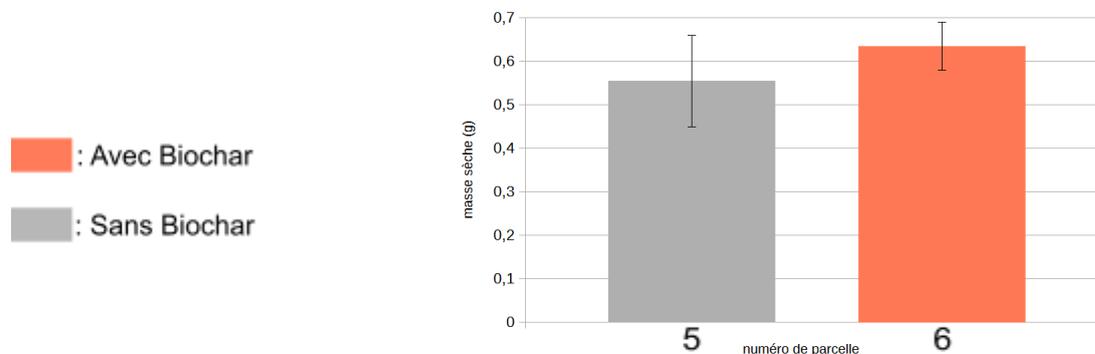
n'est pas significative mais une tendance similaire est envisageable, ce qui suggère que le biochar pourrait limiter la croissance de l'orge.

Figure 4 - Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches du gazon
Barre d'erreur: erreur standard de mesure



La masse sèche ne semble pas avoir de différence significative selon la présence ou non de biochar, donc il ne semble pas affecter la croissance du gazon. La variabilité des mesures sur les parcelles côté champ est cependant importante. Le semis a dû être plus hétérogène et dans ces conditions, nos données ne permettent pas d'exclure la possibilité d'un effet stimulant du biochar.

Figure 5 - Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches des pois
Barre d'erreur: incertitude type



Nous ne pouvons pas mettre en évidence une différence de masses sèches chez le pois cultivé avec ou sans biochar, donc le biochar ne semble pas stimuler sa croissance.

En réitérant nos manipulations avec un nombre plus important de plantes, nous pourrions peut être observé une augmentation significative de la masse sèche du gazon ou du pois en présence biochar, et ainsi argumenter en faveur de l'utilisation du biochar en milieu tempéré.

L'hétérogénéité de nos mesures pourrait s'expliquer par des variables comme la présence de zones d'ombre sur les cultures, ainsi que la présence de lapins qui ont mangé certaines plantes cultivées. Ces facteurs ont pu avoir un impact sur la croissance des plantes et justifient une étude complémentaire en condition de laboratoire.

II) Impact du biochar sur la croissance de plantes en conditions de laboratoire

A-Procédure

Nous avons modélisé des cultures en climat tempéré en cultivant diverses angiospermes : une fabacée, le pois de printemps de variété *Kaplan* et deux poacées, l'orge d'hiver (un mélange de variété: *Carrousel*, *Arkta*, *KWS Joyau*) et du gazon universel *Beaux Jours*® (un mélange de *Fétuque élevée*, *Fétuque rouge traçante* et *Ray-grass anglais*) sur une terre prélevée dans une parcelle agricole du Loiret. Il s'agit d'un sol limono-argileux.[6]

Des bacs de 12,5 L (33cm de longueur/25 cm de largeur/16cm de hauteur, contenant 9 kg de terre), ont été ensemencés avec 8 germinations de pois ou 66 grains d'orge ou 3g de graines de gazon [7] puis disposés sous une lampe horticole avec une photopériode de 12h. (figure 6). Au début de notre culture, les bacs 1 et 4 sont éclairés de façon comparable (882,50 +/- 0,28 Lux) , de même pour les bacs 2 et 3 (1 220,00 +/- 0,28 Lux).

Figure 6 - Photo et schéma de l'organisation des plantations en laboratoire



900,0 +/- 1,2g de biochar de marque *ÉlémentTerre*® ont été ajoutés dans la moitié des bacs selon la figure 6, soit 10 % du volume total, conformément aux instructions du fabricant.

Les graines de pois ont été mises à germer dans un milieu sans biochar, puis les germinations ont été transférées dans les bacs de culture. Cela a permis d'optimiser la réussite de croissance des plants dans un temps limité. Les graines de gazon et d'orge ont été semées directement dans les bacs.

Après 54 jours (durée maximale possible pendant le TIPE), les bacs ont été divisés en 4 sous-parties pour les plants de gazon et d'orge, ce qui permet d'évaluer la variabilité au sein d'un bac. La partie aérienne de chaque sous-partie a été prélevée, séchée à l'étuve à 50°C pendant 2 jours puis pesée avec une balance de précision de 0,01g.

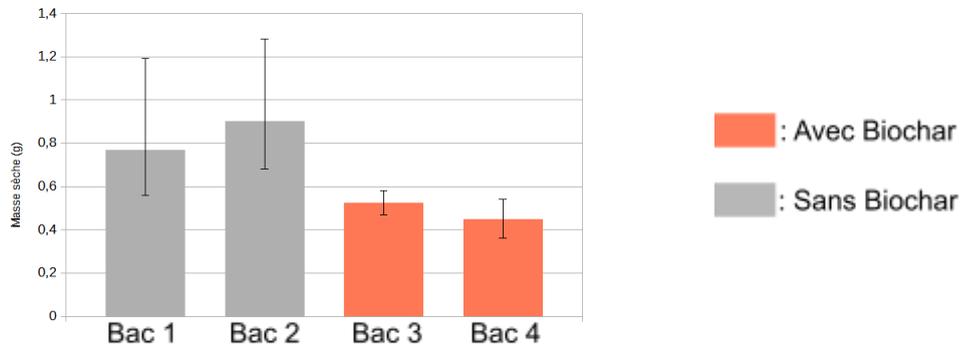
B-résultats et interprétations

Nous présentons les moyennes des 4 secteurs de chaque bac, l'incertitude type pour les 8 mesures des pois qui le permettent et l'erreur standard pour les autres car nous n'avons que 4 mesures.

Figure 7 - Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches des pois, de l'orge et du gazon

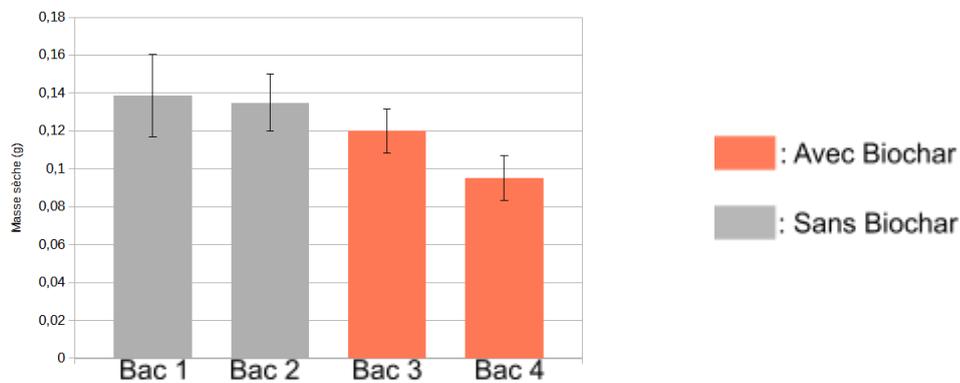
a- Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches de l'orge

Barre d'erreur: erreur standard de mesure



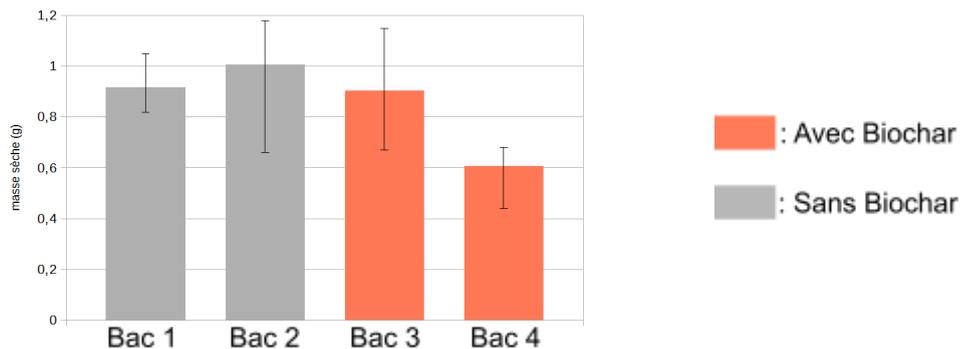
b- Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches des pois

Barre d'erreur: incertitude type de la moyenne des 8 mesures



c- Impact du biochar sur la moyenne des masses sèches du gazon

Barre d'erreur: erreur standard de mesure



La masse sèche est en moyenne 20 à 30% plus faible dans les bacs avec biochar. Cette différence est significative dans tous les bacs 1 et 4, les moins éclairés, ainsi que les bacs 2 et 3 de l'orge (figure 7-a). Cependant cette différence n'est pas significative dans les bacs 2 et 3 des pois et du gazon (figure 7-b et 7-c), les plus éclairés. Ce résultat suggère que le biochar a un effet négatif sur les cultures. Le biochar pourrait être toxique pour les plantes à la dose utilisée.

Pour nos trois cultures, l'effet du biochar dépend de l'éclairage des bacs. Cette observation nous a conduit à vérifier l'éclairage des bacs et nous avons constaté qu'un éclairage parasite du côté du bac 1 avait été ajouté par un autre groupe après le début de notre culture et devait maintenant être pris en compte.

La luminosité atteint désormais 1 415,00+/-0,28 Lux à la surface des bacs 1 et 622,00+/-0,28 Lux à la surface des bacs 4. Nous pouvons donc supposer que la variation de luminosité explique les variations de croissances mesurées. Notre expérience ne permet donc pas de conclure sur l'effet du biochar. Nous devons la reproduire en éliminant la pollution lumineuse de l'expérience voisine.

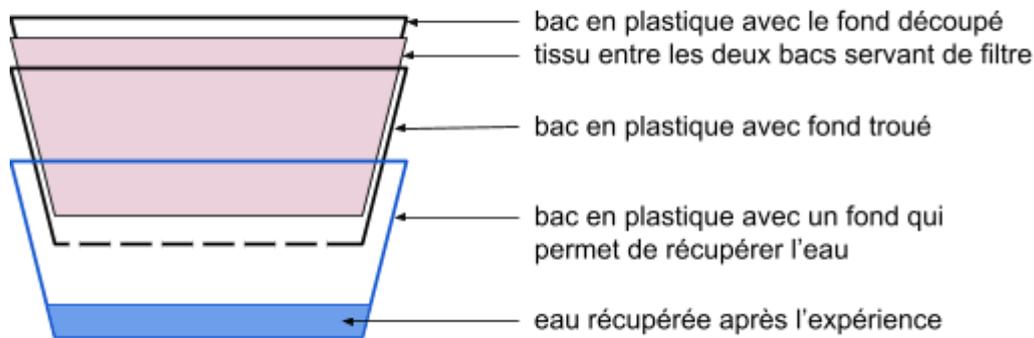
Nous ne pouvons pas conclure qu'il existe un effet général du biochar sur la croissance des plantes sur notre courte période de culture, mais un effet pourrait être envisagé à plus long terme. La capacité du biochar à retenir l'eau pourrait jouer un rôle plus significatif. C'est pourquoi nous avons comparé la capacité de rétention d'eau du sol avec et sans biochar.

III) La capacité de rétention d'eau du sol grâce au biochar

A-Procédure

Six bacs de 6,5 L sont utilisés pour cette expérience. Deux bacs dont le fond a été remplacé par du tissu, permettant de laisser passer l'eau sans la terre. Deux autres bacs ont été perforés au fond pour permettre l'écoulement de l'eau tout en soutenant le tissu. Ces bacs sont empilés pour éviter l'échappement du sol tout en permettant le passage de l'eau.(figure 8)

Figure 8 - Schéma des bacs expérimentaux



Les bacs sont préparés en ajoutant 1 820,0 +/- 0,3g de terre prélevée dans un sol agricole argilo-limoneux. Puis nous avons ajouté dans l'un des deux bacs, un volume de biochar correspondant à 10% du volume de terre soit 182,20 +/- 0,03g.

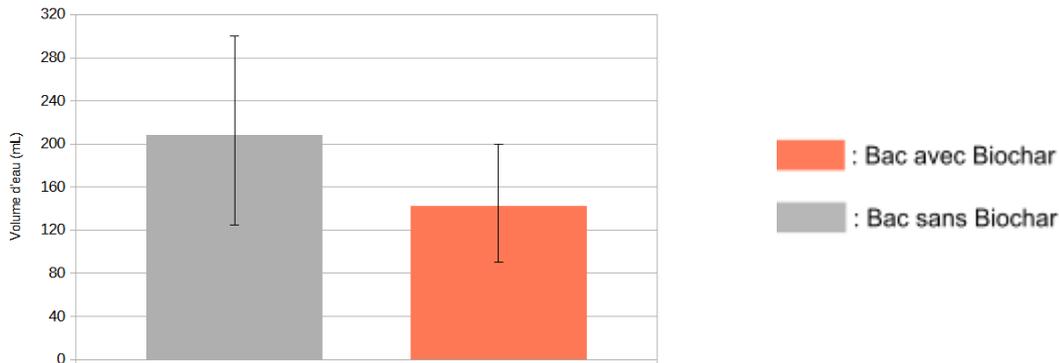
Un dernier bac est placé sous chaque lot pour récupérer l'eau qui s'écoule. Les deux bacs seront simultanément remplis de 1 000,0 +/- 2,3 mL d'eau. Au moment de l'ajout d'eau, un chronomètre est démarré. La masse d'eau récupérée dans chaque bac est mesurée au bout de 5 min.[8]

B-résultats et interprétations

Nous présentons les moyennes de 4 mesures et l'erreur standard de mesure.

Figure 9 - Effet du biochar sur la capacité de rétention d'eau du sol

Barre d'erreur: erreur standard de mesure



Nos mesures ne permettent pas d'établir une différence significative entre les volumes d'eau écoulés à travers un sol sans ou avec biochar, mais suggèrent une tendance : en augmentant le nombre de manipulations, nous pourrions peut être mettre en évidence une diminution du volume écoulé en présence de biochar, ce qui permettrait de conclure que le biochar augmente la rétention en eau de ce sol argilo-limoneux formé en milieu tempéré.

Conclusion et perspectives

Pour conclure, nos expériences ne nous permettent pas de vérifier si le biochar peut stimuler la croissance de plantes et pourrait être utilisé en milieu tempéré, cependant nos résultats suggèrent qu'un léger effet positif est possible et pourrait être mis en évidence en reproduisant nos expériences et en augmentant le nombre de mesures. Toutefois, si nous pouvons répéter nos résultats en augmentant le nombre de mesure, il serait peut être possible de prouver que le biochar pourrait participer à retenir l'eau dans le sol, ce qui est un enjeu principal en agriculture dans de nombreux pays au climat tempéré comme la France qui est confrontée à des épisodes de sécheresse accentués par le réchauffement climatique.[9]

Les conditions de pyrolyse et les biomasses utilisées produisent des biochars de qualité très variable, qui peuvent affecter différemment la productivité du sol et les rendements de la plante.[1] Nous suggérons de réitérer les manipulations avec un biochar d'une autre marque.

Nous nous sommes intéressées à la culture d'orge, de gazon et de pois, cependant il serait aussi intéressant d'étudier d'autres plantes utilisées en grandes cultures agricoles.

Le pH est un paramètre du sol important pour les cultures. En particulier l'acidité ralentit l'activité microbienne.[10] Nous pouvons tester l'effet du biochar sur des sols acides et vérifier s'il suffit à neutraliser cette acidité et à augmenter sa fertilité.

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]: Lehmann J, Campos CV, Macedo JLV, German L (2004). Sequential fractionation and sources of P in Amazonian Dark Earths. In: Glaser B, Woods WI (eds). Amazonian Dark Earths: exploration in time and space. Springer Verlag, Berlin, 230 pages: p. 113–123.
- [2]: Le Guyader E (2024). Influence des amendements organiques issus de résidus de palmier dattier sur les propriétés et la fertilité de sols de régions arides et semi-arides. Reims, 246 pages : p.178-179
- [3]: Lévesque V., Selmi H. et Antoun H., (2016). Développement d'un biochar favorable à l'établissement d'une microflore bénéfique chez la tomate et le poivron cultivés en serres. Québec, 208 pages: p.3
- [4]: Naisse C (2014). Potentiel de séquestration de carbone des biochars et hydrochars, et impact après plusieurs siècles sur le fonctionnement du sol. Paris, 123 pages : p.14
- [5]: What is carbon sequestration ? (27/03/2024). Nationalgrid. Consulté le 15 mars 2025. <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-carbon-sequestration>
- [6]: Carte des sols de Montargis, Feuille 2419 (1992), INRA, Chambre d'agriculture du Loiret.
- [8]: Cornet A., (1971). Méthode de détermination de la capacité de rétention en eau du sol, mémoire DEA: Biologie végétal, 36 pages: p.4-7
- [9]: S.Vieillard, J.Peress, M.Fouillet, S.Grivel, (2020). Natural water retention measures NWRM - Measures offering multiple benefits to meet water-related challenges. Meetings, tome 72.
- [10]: François Rineau et Jean Garbaye, (2009). Does forest liming impact the enzymatic profiles of ectomycorrhizal communities through specialized fungal symbionts ?, Mycorrhiza, volume 19, n°7, p. 493-500. [doi:10.1007/s00572-009-0249-y]

CONTACT

[7] M.Collin, agriculteur céréalière

Remerciements

Nous remercions chaleureusement Jean-Pierre Foulon, chimiste organicien, Auriane Eisenberg, cheffe d'exploitation, Cécile et Guy Collin, agriculteurs et nos enseignants pour les informations transmises, les conseils prodigués et le matériel fourni.