

Intérêt de l'utilisation du biochar en agriculture

Cette note d'analyse vise à établir un état de l'art des connaissances relatives au biochar et à évaluer l'opportunité de son utilisation en agriculture, notamment dans le cadre de la production de bioéthanol à partir de betteraves à sucre.

Table des matières

1.	Résumé	- 2 -
2.	Qu'est-ce que le biochar ?	- 3 -
2.1.	Origine du biochar	- 3 -
2.2.	Matière première nécessaire à sa production.....	- 3 -
3.	Comment obtenir du biochar ?	- 5 -
3.1.	La pyrolyse.....	- 5 -
3.2.	La gazéification.....	- 5 -
4.	Caractéristiques et effets possibles du biochar.....	- 7 -
4.1.	Caractéristiques des biochars.....	- 7 -
4.2.	Effets possibles sur les sols	- 8 -
4.3.	Le biochar en élevage	- 11 -
4.4.	Le biochar en méthanisation	- 12 -
4.5.	Les autres usages du biochar.....	- 12 -
5.	Le marché du biochar	- 13 -
6.	Quelle quantité de biochar pour respecter la Directive RED II ?	- 14 -
7.	Quelle équation économique ?	- 15 -
8.	Conclusion.....	- 16 -

1. Résumé

L'utilisation de biochar en agriculture suscite un intérêt croissant. **Obtenu par pyrolyse ou pyro-gazéification de biomasse** ayant le plus souvent une teneur en matière sèche supérieure à 70% (bois, miscanthus, ...) afin d'éviter d'avoir à sécher la matière et pénaliser son bilan énergétique, le biochar présente des propriétés intéressantes pouvant influencer positivement les composantes du sol, aussi bien physiques que chimiques et biologiques. Sa capacité d'échange cationique lui confère par exemple une très bonne capacité de fixation des nutriments pouvant ainsi réduire les impacts du lessivage. Source de potassium et du phosphore, il fixe l'azote et son pH, généralement basique, lui permet d'augmenter le pH du sol.

L'engouement marqué pour le biochar réside toutefois essentiellement dans le rôle qu'il peut jouer dans la lutte contre le changement climatique avec sa **capacité à séquestrer le carbone** - ce dernier ayant préalablement été capté dans l'atmosphère par la biomasse - **de façon non réversible et stable** dans le temps sur plusieurs centaines d'années.

Dans cette perspective, l'acte délégué de la Directive RED II¹, prévoit des réductions d'émissions de GES pouvant aller jusqu'à 45g de CO₂/MJ de biocarburant grâce à l'utilisation de biochar comme amendement organique du sol.

Cette valeur apparaît comme élevée en comparaison des valeurs moyennes d'émissions de GES des biocombustibles : environ 35g de CO₂/MJ pour la production de bioéthanol de betterave, 26g de CO₂/MJ pour la production de biogaz à partir de pulpe de betterave considérée comme coproduit, 9g de CO₂/MJ pour la production de biogaz à partir de pulpe de betterave considérée comme résidu.

Les **propriétés** du biochar étant **fonction de la biomasse de départ et des procédés de transformation**, le contenu en carbone du biochar (en réalité des biochars) varie.

D'un point de vue plus économique, on recense actuellement assez peu de fournisseurs. Quant au prix il est très variable : d'environ 500 à plus de 1 000 €/ tonne. Dans ces conditions et hors avantages économiques qu'il confère, les cours actuels du carbone agricole sur le marché volontaire français - de l'ordre de 40 €/tCO₂eq - sont insuffisants pour couvrir le coût d'achat, d'acheminement et d'épandage aux champs du biochar.

Dans ces conditions, l'utilisation du biochar comme amendement agricole nécessite de rechercher des pistes permettant de minimiser son prix d'achat. En parallèle, il conviendrait de commencer à réaliser des essais sur betterave avec différents sols et différentes qualités de biochar pour évaluer les qualités de biochar les plus adaptées. Cela permettrait, en outre, de tester sa capacité de rétention d'eau (due à sa structure alvéolaire), notamment au regard des périodes de sécheresse à répétition qui impactent les rendements betteraviers.

¹ Règlement d'exécution (UE) 2022/996 du 14 juin 2022

2. Qu'est-ce que le biochar ?

2.1. Origine du biochar

L'origine du biochar remonte aux terres noires anthropiques, ou de Terra Preta Indio appelées ainsi par les populations indigènes qui habitaient la région amazonienne brésilienne.

Dans les sols infertiles de cette région se trouvent des parcelles délimitées de sol exceptionnellement fertile avec une activité microbologique extrêmement élevée.

Ces sols sombres (Figure 1) sont particulièrement riches en composés de carbone (C) et en minéraux. Ils contiennent environ trois fois plus de matière organique, d'azote (N), de phosphore (P) et de calcium (Ca) et 70 fois plus de carbone que le sol environnant². Ces sols ont été formés il y a plusieurs milliers d'années à partir de résidus de biomasse carbonisés, excréments, os et déchets organiques générés par les activités d'élevage semi-intensif³. Au fil du temps, ils ont évolué d'un sol extrêmement pauvre à un sol avec un énorme potentiel pour l'agriculture moderne en raison de leur stabilité élevée en carbone⁴.



Figure 1 : Contraste entre les sols d'Amazonie

2.2. Matière première nécessaire à sa production

Une grande variété de substrats potentiels (Figure 2) sont utilisables pour produire du biochar : résidus agricoles, résidus de l'industrie de transformation du bois, résidus verts urbains.

En général, les équipements proposés nécessitent un taux de matière sèche en entrée de 70 % minimum pour éviter un séchage supplémentaire de la matière première qui réduirait mécaniquement la rentabilité du processus de production.

² Glaser 2007; Barrow 2012

³ Glaser 2007; Barrow 2012

⁴ Liang et al. 2008; Barrow 2012

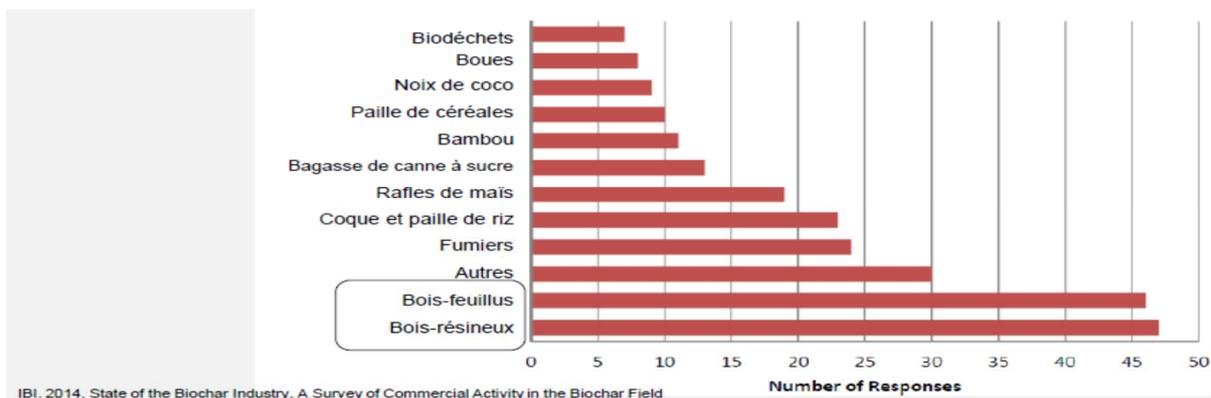
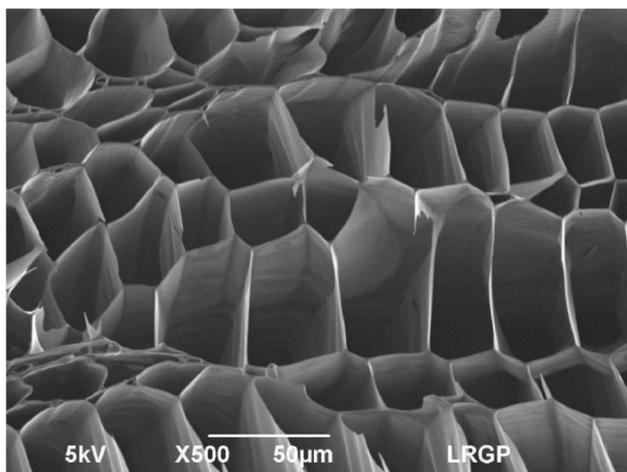
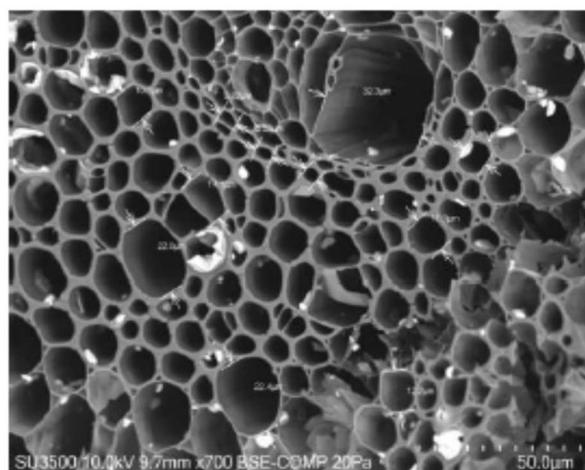


Figure 2 : matières premières utilisables pour la production de biochar

La Figure 3 qui suit représente la structure du biochar (vue au microscope électronique) pour différents matériaux sur laquelle on distingue très clairement son caractère poreux.



Bois de Douglas – Pyrolyse rapide à 1000°C



Miscanthus – 800°C

Figure 3 : Structure poreuse du biochar

3. Comment obtenir du biochar ?

Que ce soit par **pyrolyse** ou **gazéification** : la production de biochar nécessite de chauffer de la biomasse dans un environnement où l'oxygène est absent ou en très faible quantité afin que les substances générées sous l'effet de la hausse de température (substances gazeuses, liquides et solides) ne s'enflamment pas spontanément et puissent ainsi être valorisées ultérieurement.

3.1. La pyrolyse

La **pyrolyse** de la biomasse consiste à la chauffer à des températures généralement comprises entre **350 et 650 °C** en l'absence d'oxygène, (ou en présence d'une très faible quantité d'oxygène ou d'air, destinée à apporter, par combustion très partielle, l'énergie nécessaire au processus de pyrolyse).

Il en résulte la production d'un gaz combustible, d'un liquide (huile ou mélange d'hydrocarbures), et d'un sous-produit désigné « biochar » qui contient la fraction minérale de la biomasse, ainsi que le « carbone fixe » c'est-à-dire le carbone présent dans la biomasse qui ne s'est pas transformé en gaz ou liquide. La proportion entre gaz, liquide et solide dépend de nombreux paramètres tels que notamment la composition initiale de la biomasse, la température et la pression de transformation, le temps de séjour.

La **pyrolyse « flash »** consiste à chauffer rapidement la biomasse à des températures de l'ordre de 500 à 650 °C. Elle permet de maximiser la production de gaz, et minimiser la production de Biochar. Ce gaz est ensuite refroidi afin que les chaînes carbonées les plus longues ($4 < N < 30$) soient condensées en une huile, les chaînes les plus courtes ($1 < N < 3$) restent à l'état gazeux.

Inversement, une **pyrolyse lente** à température plus basse (entre 350 et 400 °C) favorisera la production de Biochar.

NB : le terme de « thermolyse » est aussi utilisé. Il désigne une pyrolyse où la chaleur nécessaire aux réactions est apportée par une source extérieure au produit à pyrolyser.

3.2. La gazéification

La **gazéification** (ou pyro-gazéification) de la biomasse consiste à la chauffer à des températures comprises généralement entre **900 et 1 200 °C** en présence d'une faible quantité d'oxygène (qui peut être apportée par l'air, de l'air enrichi en dioxygène, du dioxygène pur, du gaz carbonique ou de la vapeur d'eau). La biomasse est convertie en grande partie en un gaz que l'on appelle gaz de synthèse (également désigné « syngas » ou « syngaz »). La fraction solide résiduelle est constituée de la fraction minérale de la biomasse et d'une faible quantité de carbone fixe non converti : le biochar.

Quand la réaction de gazéification est réalisée à pression atmosphérique, le gaz de synthèse est en général constitué principalement de [CO] et [H₂] et quelques pourcents de [CH₄]. Selon les procédés, il contient également une proportion plus ou moins importante de dioxyde de carbone et d'azote.

Il contient également une faible quantité de chaînes hydrocarbonées longues appelées goudrons, dont il est nécessaire de débarrasser le gaz pour certaines applications telles que l'utilisation en moteurs à gaz ou la conversion chimique du « syngaz » en méthane ou mélange d'hydrocarbure.

Par purification de ce gaz de synthèse il est également possible de produire de l'hydrogène vert.

Les différents procédés de transformation de la biomasse et les proportions relatives de gaz, liquide et biochar obtenues pour chacun de ces procédés est illustrée sur la Figure 4.

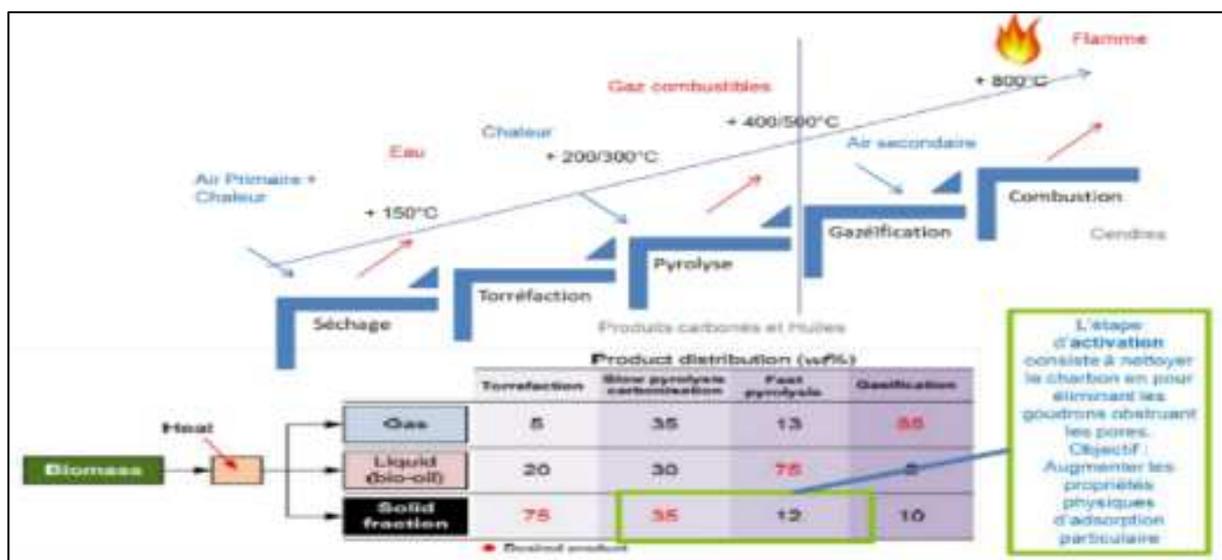


Figure 4 : Procédés de transformation de la biomasse et proportions de gaz, liquide et biochar obtenues (Source : Université de Gent, Reinhart Van Poucke).

Différents équipementiers comme PYREG en Allemagne ou HAFFNER en France proposent des matériels de pyrolyse ou de pyro-gazéification de la biomasse (Figure 5).



Sources : <https://pyreg.com/going-circular/biochar/biochar-un-co-produit-dhynoca/>

<https://www.haffner-energy.com/2021/05/28/le->

Figure 5 : fournisseurs d'équipements de production de biochar

Le cout d'une unité PYREG est d'environ 1 M€ pour le modèle PX500 (500 kW de puissance combustible soit environ 4 t /j de bois à 65% de MS, ou 3 t/j de miscanthus à 85% de MS) ou de 2,1 M€ pour le modèle PX1500 (1500 kW de puissance combustible soit environ 12 t /j de bois à 65% de MS, ou 9 t/j de miscanthus à 85% de MS).

Estimation du volume de bois nécessaire pour produire 1 tonne de biochar

Sur la base des données fournies dans la Figure 4, en pyrolyse lente, 35% de la matière de départ se retrouve sous forme de biochar et 10% en gazéification, In fine et pour produire 1 tonne de biochar, environ 3,8 tonnes de bois à 75% de matière sèche seront nécessaires en pyrolyse lente, et environ 13,3 tonnes de bois à 75% de matière sèche en gazéification

4. Caractéristiques et effets possibles du biochar

4.1. Caractéristiques des biochars

Au cours des trois dernières décennies, les scientifiques se sont intéressés aux sols amazoniens en raison du degré élevé de stabilité du carbone, mais aussi en raison de l'effet positif sur la santé des sols et par conséquent sur la productivité des cultures.

Cependant, les méthodes actuelles de production de biochar, y compris les conditions de pyrolyse et le type de matière première utilisée, génèrent, non pas « un » mais « des » biochars avec des propriétés très différentes et, par conséquent, des effets variables sur les sols et les cultures.

Par conséquent, il est essentiel de normaliser la caractérisation des biochars pour mieux comprendre leurs propriétés physico-chimiques en fonction de la matière première utilisée pour leur production et en fonction des paramètres de pyrolyse choisis.

Les principales propriétés physicochimiques à prendre en compte lors de l'utilisation du biochar comme amendement de sol tempéré sont sa porosité, sa surface spécifique, sa capacité de rétention d'eau, son pH, sa conductivité électrique (CE), sa capacité d'échange cationique (CEC) ainsi que le type et la concentration en composés minéraux (et éventuellement en composés toxiques)⁵.

Normes de qualité des biochars

Afin de limiter les risques des utilisations du biochar au meilleur des connaissances scientifiques actuelles, et pour aider les utilisateurs et les producteurs de biochar à prévenir ou au moins à réduire tout danger pour la santé et l'environnement lors de la production et de l'utilisation du biochar, un Certificat Européen du Biochar (EBC)⁶ a été développé.

Grâce aux recherches et aux essais sur le terrain, la compréhension des processus biologiques et physico-chimiques impliqués dans la production et l'utilisation du biochar a fait des progrès. Une augmentation significative de l'utilisation agricole du biochar a déjà été enregistrée depuis 2015. Depuis 2020, une nouvelle accélération de l'utilisation agricole et industrielle du biochar est attendue. Les applications agricoles sont principalement : le conditionnement de sols, les additifs de compostage, les supports pour engrais, le traitement de fumier et de litière d'étable, les additifs d'ensilage, les additifs de méthanisation, les additifs alimentaires.

⁵ Kloss et al. 2014; Haider et al. 2017; Brassard et al. 2019 Oelbermann et al. 2020

⁶ <https://www.european-biochar.org/en/ct/1>

Il y a également, en dehors du traitement de l'eau et des utilisations pharmaceutiques pratiquées depuis des années, des applications industrielles envisagées pour les industries de la construction, des plastiques, du papier et du textile.

L'utilisation du certificat EBC a pour objectif de garantir une production (matières premières permises, contenu en carbone, rapport H/C, rapport O/C, pH, métaux lourds, PAH : polycyclic aromatic hydrocarbons), une transformation (Efficacité énergétique notamment) et une vente (calcul du potentiel de séquestration du carbone) durables de biochar.

EBC a défini différentes classes de certificats : EBC-Agro, EBC-AgroOrganic, EBC-Feed, EBC-ConsumerMaterials, EBC-Urban, EBC-Sink.

Actuellement, le certificat EBC est une norme volontaire de l'industrie en Europe. En Suisse, cependant, il est obligatoire pour tout le biochar vendu à des fins agricoles. Plusieurs autres pays ont aligné leurs réglementations relatives au biochar avec l'EBC.

4.2. Effets possibles sur les sols

Atténuation du changement climatique

Le biochar a été reconnu pour la première fois en 2009 pour son potentiel en tant qu'outil de lutte contre le changement climatique. Sa structure poreuse et sa surface interne élevée lui confèrent la capacité d'absorber des composés organiques solubles, des gaz, certains composés inorganiques et différents polluants grâce à la diversité des groupements fonctionnels à sa surface⁷.

Le biochar a également été évalué pour l'élimination des métaux lourds dans les eaux contaminées telles que le plomb (Pb), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le cadmium (Cd)⁸)

Le type de biomasse et la température du procédé sont très influents sur la capacité d'absorption du biochar, par exemple, les matériaux produits à des températures élevées donnent des matériaux avec une plus grande surface spécifique, une teneur en carbone et une microporosité plus élevées, ce qui conduit à une efficacité accrue dans l'élimination de composés tels que le trichloroéthylène (TCE), le benzène (C₆H₆) et le nitrobenzène (C₆H₅NO₂).⁹

Les changements induits par le biochar dans la composition ou l'activité de la communauté microbienne affectent non seulement les cycles des nutriments et la croissance des plantes, mais également le cycle de la matière organique du sol¹⁰.

Diminution des émissions de N₂O et de méthane ?

Alors que les recherches effectuées en conditions contrôlées ont montré que le biochar pouvait affecter les émissions de N₂O du sol¹¹, les résultats aux champs ne montrent en général pas toujours de différence statistiquement significative.

⁷ Mendes et al., 2018

⁸ Shim et al., 2015; Wang et al., 2019; Zhao et al., 2019.

⁹ Zhou et al., 2010; Ahmad et al... 2012.

¹⁰ Ouyang et al., 2014; Hardy et al, 2019. Gorovtsov et al., 2020

¹¹ Taghizadeh-Toosi et al., 2011; Schimmelpennig et al., 2014; Kamman et al., 2017

Les facteurs influents tels que la quantité de biochar appliquée, les caractéristiques du biochar, le type de sol, les conditions environnementales, la distribution plus ou moins homogène des particules et une plus ou moins grande hétérogénéité du sol (et des plantes) dans les champs entraînent une forte variabilité des flux de N₂O¹². Par conséquent, la plupart des efforts de recherche sont désormais orientés vers l'obtention de plus grandes réductions des émissions de N₂O en sélectionnant les biochars les plus efficaces et en analysant les mécanismes impliqués.

Stockage non réversible de carbone dans le sol

L'application de biochar sur les sols a été proposée comme stratégie pour réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, car il est un puits de carbone à long terme. Son caractère récalcitrant, c'est-à-dire sa résistance à la dégradation due au carbone présent dans sa structure, lui confère la capacité de rester dans les sols pendant des centaines ou des milliers d'années¹³ et de réduire la vitesse à laquelle le carbone fixé par la photosynthèse retourne dans l'atmosphère.

Parmi les stratégies possibles pour séquestrer le CO₂ de l'atmosphère, le biochar se démarque par le fait qu'il utilise des processus naturels et représente actuellement une des alternatives les plus prometteuse.

Aide au développement de la microflore des sols et accroissement de leur activité biologique

Le biochar peut influencer sur l'activité microbienne du sol en raison de changements dans le carbone labile et des propriétés du sol. L'activité des microbes du sol peut affecter de manière significative la décomposition de la matière organique du sol et le cycle des nutriments¹⁴. La biomasse microbienne du sol et les activités enzymatiques ont des impacts majeurs sur l'état des éléments nutritifs du sol et la productivité des cultures.

De plus la structure poreuse du biochar peut constituer un refuge pour la biomasse microbienne.

Stimulation de la croissance

Des augmentations du développement racinaire ont pu être constatées en présence de biochar¹⁵.

Diminution du lessivage des nutriments

Un autre avantage de l'application de biochar sur les sols est la réduction du lessivage des nutriments¹⁶. Une propriété physicochimique associée à cette réduction est la capacité d'échange cationique (CEC), qui correspond à sa capacité à retenir les cations par adsorption. La CEC du biochar est principalement la conséquence des conditions de température auxquelles il est produit¹⁷.

Une fois le biochar ajoute au sol les charges de ses groupes fonctionnels sont généralement positives mais avec le temps les groupes fonctionnels à la surface s'oxydent

¹² Hüppi et al., 2015

¹³ Woolf et al., 2010

¹⁴ Yu et al., 2019

¹⁵ Abiven & al. 2015).

¹⁶ Zhao et al., 2019; Karimi et al., 2020

¹⁷ Tan et al., 2017; Leng & Huang, 2018

(exposition à l'oxygène et à l'eau) et génèrent plus de charges négatives par rapport aux charges positives, augmentant la CEC.

Ainsi, on peut observer une amélioration de la fertilité et de la stabilité des sols cultivés.

Cependant, la CEC du biochar est très variable en fonction de la chimie de surface et a tendance à changer une fois qu'elle est incorporée au sol en raison des interactions avec l'environnement¹⁸.

Amélioration de la rétention d'eau des sols et de leur structure

La capacité de rétention d'eau est une caractéristique du biochar qui prend toute son importance avec les effets du changement climatique en France. Cette capacité est principalement due à deux facteurs : la grande surface interne, et le nombre élevé de pores résiduels dans le biochar où l'eau est retenue par capillarité. La quantité d'eau retenue est variable selon les caractéristiques du biochar, on l'estime à environ 3 fois le poids de biochar.

L'augmentation de la teneur en eau et la diminution de sa mobilité a pour effet une réduction du stress hydrique des plantes¹⁹, ce qui doit influencer les rendements des productions agricoles.

Le biochar, en formant des micro-agrégats, va également améliorer la structure du sol.

Augmentation du pH du sol

Le pH est un des paramètres importants du sol en raison de sa grande influence sur les processus biologiques, chimiques, physiques et géologiques, et parce qu'il est lié à la fertilité du sol²⁰.

Les changements de pH déclenchent une série de modifications de l'environnement du sol, affectant la disponibilité des nutriments pour la croissance des plantes et l'activité microbienne, ou accélérant les processus biochimiques dans la rhizosphère²¹.

Certaines propriétés du biochar, telles que la densité de charge de surface élevée, la grande surface, la porosité interne et la présence de sites de surface polaires et non polaires jouent un rôle important dans l'effet de chaulage²².

L'effet du pH sur les sols acides est probablement dû à leur alcalinité et à leur capacité tampon élevée²³. Les cations basiques : K, Ca, Mg, Si, présents sous forme de carbonates ou d'oxydes (en quantité plus ou moins importante en fonction de la matière première utilisée pour sa production) peuvent réduire l'acidité en augmentant la réaction des cations basiques échangeables.

¹⁸ Hailegnaw et al. 2019

¹⁹ Batista et al., 2016

²⁰ Neina, 2019

²¹ Ducey et al., 2015

²² Shetty & Prakash, 2020

²³ Juriga & Šimanský, 2019

Résumé des effets du biochar sur différents paramètres agronomiques

La Figure 6 ci-dessous reprend sous forme de tableau les principaux effets agronomiques résultants de différentes études concernant l'utilisation du biochar dans les sols.²⁴ Mis à part certains effets bien marqués, comme les teneurs en P, K et C, les résultats ne sont pas toujours significatifs en toutes circonstances.

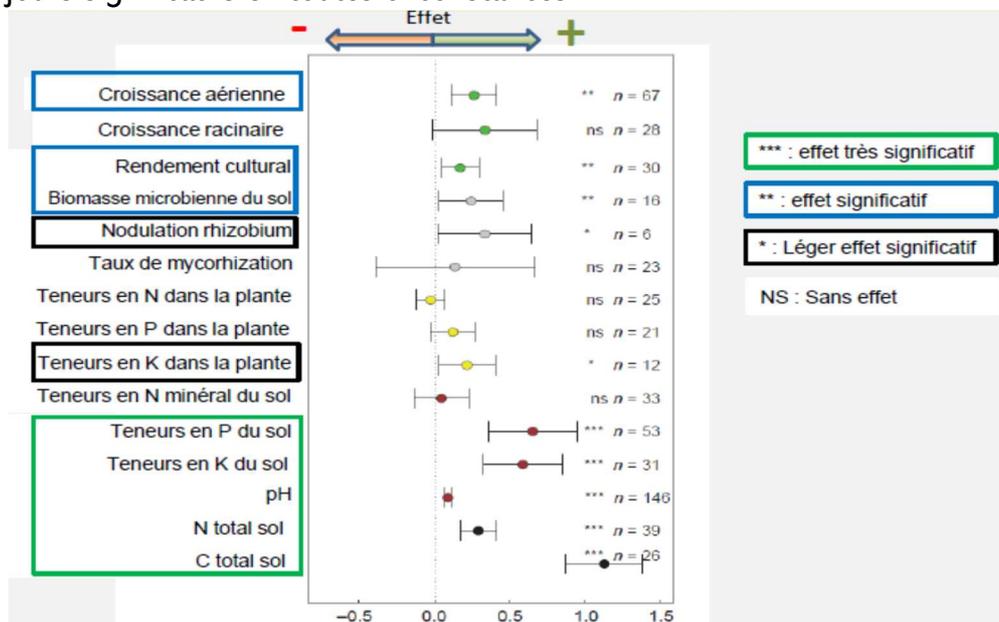


Figure 6 : Effets relatifs du biochar sur différents paramètres agronomiques

4.3. Le biochar en élevage

L'utilisation des biochars comme compléments alimentaires pour les animaux d'élevage est autorisée sous certaines conditions. Ils auraient un effet positif sur la digestibilité, le gain de masse et l'apport en nutriments^{25,26}

Les biochars permettraient également de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (de l'ordre de 10% pour un apport de 1% dans les rations) issues des ruminants en favorisant la croissance de microorganismes permettant la dégradation du méthane dans la panse.

Le biochar peut être ajouté à l'ensilage, aux litières, aux lisiers et fumiers pour réduire les odeurs produites par les matières en décomposition. Il absorbe également les nutriments contenus dans les déchets par échange d'ions et adsorption. Globalement, il permet de réduire les émissions de N₂O, CH₄ et NH₃ des litières, lisiers et fumiers.

En pisciculture, comme dans d'autres utilisations de traitement de l'eau, le biochar placé dans l'eau dans une membrane perméable, absorbe l'excès d'ions ammonium (NH₄⁺) excrétés par les poissons via leurs branchies et aussi formé à partir d'aliments pour poissons en décomposition et d'autres matières organiques.

²⁴ méta-analyse de Biederman et Harpole (2013).

²⁵ Man, K., Chow, K., Man, Y., Mo, W. and Wong, M., 2020

²⁶ Use of biochar as feed supplements for animal farming. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 51(2), pp.187-217

4.4. Le biochar en méthanisation

L'intégration de biochar en méthanisation permettrait d'augmenter la production de méthane de 5 à 20 % et les émissions NOX seraient également fortement réduites. La Figure 7 ci-dessous résume les différents usages recensés en agriculture.

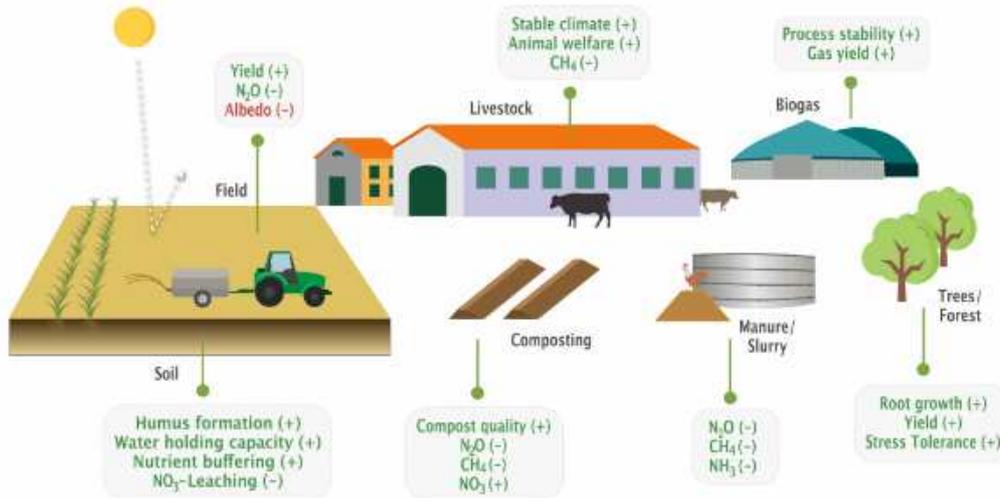


Figure 7 : Les usages du biochar en agriculture

4.5. Les autres usages du biochar

Environ 55 à 60 utilisations possibles du biochar ont été identifiées²⁷, La Figure 8 suivante de l'institut Ithaka en illustre un certain nombre, en précisant le besoin quantitatif, la valeur de marché, et le degré de maturité du débouché.



Figure 8 : Les principaux usages du biochar

²⁷ Source <https://biochar.co.uk/55-uses-of-biochar/> ainsi que le site d'origine <https://www.biochar-journal.org/en> Schmidt HP, Wilson K : Les 55 utilisations du biochar, le Biochar Journal 2014, Arbuz, Suisse, ISSN 2297-1114.

5. Le marché du biochar

Les informations suivantes proviennent de l'EBI (consortium européen de l'industrie du biochar)²⁸ et concernent le Biochar certifié EBC uniquement.

Le nombre de sites de production de biochar installés en Europe est en augmentation constante. Pour l'année 2022 les projections sont d'environ 44 sites (Figure 9).

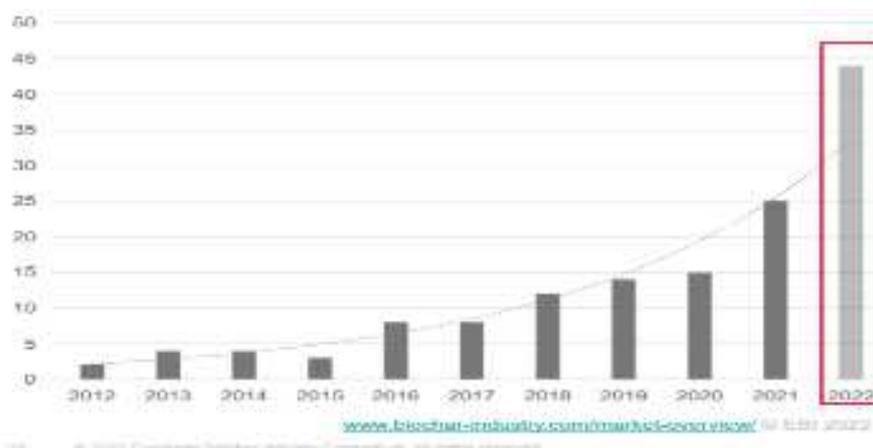


Figure 9 : Nombre de sites de production de biochar en Europe

La capacité de production de biochar est également en forte augmentation : augmentation par rapport à l'année précédente de 71 % en 2021, et plus de 85% d'augmentation estimée pour 2022. La capacité de production devrait atteindre environ 65 000 tonnes au total en 2022 (Figure 10).

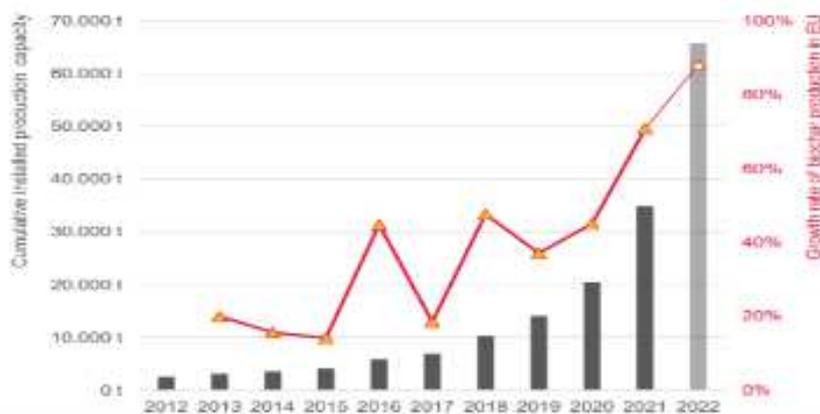


Figure 10 : Capacité de production de biochar en Europe

La production réelle de biochar est estimée quant à elle à environ à 40 000 tonnes pour 2022.

²⁸ https://www.biochar-industry.com/wp-content/uploads/2022/03/EU-Biochar-Market-Report_2022-03-09.pdf

La Figure 11 suivante représente la capacité de production par pays en Europe. L'Allemagne arrive en tête avec 35%, suivie par la Scandinavie (principalement la Suède) avec 23%, l'Autriche et la Suisse (18%).

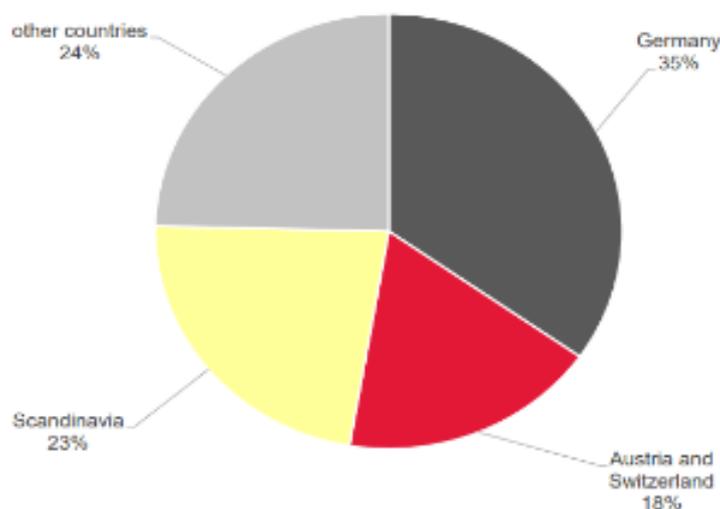


Figure 11 : Capacité de production de biochar en Europe par pays

6. Quelle quantité de biochar pour respecter la Directive RED II ?

L'acte délégué de la Directive RED II, (règlement d'exécution (UE) 2022/996 du 14 juin 2022) prévoit à l'annexe V²⁹ des réductions d'émissions de GES importantes de 45g de CO₂/MJ et par an grâce à l'utilisation de biochar comme amendement organique du sol³⁰. Cette valeur apparaît intéressante en comparaison des valeurs moyennes d'émissions de GES des biocarburants : environ 35g de CO₂/MJ pour la production de bioéthanol de betterave, 26g de CO₂/MJ pour la production de biogaz à partir de pulpe de betterave considérée comme coproduit, 9g de CO₂/MJ pour la production de biogaz à partir de pulpe de betterave considérée comme résidu. Elle permettrait d'obtenir globalement un facteur d'émission négatif sur ces produits.

Une estimation effectuée pour le bioéthanol produit à partir de betterave à sucre montre que pour atteindre ce plafond de 45g de CO₂/MJ par an, il conviendrait sur la base d'une production moyenne de 85 t de betteraves à 16°S par hectare, d'épandre environ 2,66 tonnes par hectare et par an de biochar à 85% de carbone.

²⁹ Méthode de calcul des réductions dues à l'accumulation du carbone dans les sols grâce à une meilleure gestion agricole

³⁰ « La valeur totale maximale possible de la déclaration annuelle des réductions des émissions dues à l'accumulation de carbone dans les sols grâce à une meilleure gestion agricole (esca) est plafonnée à 45 g éq. CO₂/MJ de biocarburant ou bioliquide pour l'entièreté de la période d'application des pratiques esca, si du biochar est utilisé comme seul amendement organique ou en combinaison avec d'autres pratiques esca autorisées. »

Contenu énergétique de la betterave

contenu énergétique éthanol/ t de betteraves à 16°	2117	MJ/ t beth à 16°	
rendement moyen 5 ans	87	t beth à 16°/ ha	source: CGB
contenu énergétique éthanol /ha	184 196	MJ/ ha	
Contenu CO2 d'1 t de Biochar			
contenu carbone du biochar	0,85	t de C / t de biochar	source: La Carbonerie
équivalence C -> CO2	3,664	t CO2/ t de C	
Contenu CO2 d'1 t de Biochar	3,114	t CO2/ t biochar	
RED II acte délégué : limite esca			
Plafond annuel esca	45	g CO2 eq/ MJ biofuel	
soit pour l'éthanol	8,289	t CO2 eq/ ha	
Qté maximun de biochar/ ha pour l'éthanol	2,66	t biochar/ ha	

Ces 2,66 tonnes par hectare et par an de biochar à 85% de carbone représentent 8,3 tonnes d'équivalent CO2 qui vont être séquestrés.

7. Quelle équation économique ?

L'équation économique de l'utilisation du biochar comprend d'une part les charges liées à sa mise en œuvre dans les parcelles agricoles, et d'autre part les produits.

En première approche tous les postes n'ont pas été évalués.

Les charges sont constituées des postes suivants :

- Cout d'achat du biochar (exemple fournisseur « La Cabonerie » : 850 €/t*2.66)
2 262 €/ha
- Cout de transport jusqu'à la parcelle /
- Cout d'application du biochar /
- Mesure du carbone du sol (garantie de son application)
/

Les produits sont constitués des postes suivants :

- Réduction d'intrants N, P, K, et d'Amendements basiques /
- Réduction du risque sécheresse /
- Vente de crédits carbone : 8,3 tCO2/ha* 40 €/t (EUA oct 2022) 332 €/ha

Les cours du crédit carbone sur le marché volontaire agricoles sont actuellement de l'ordre de 40 €/t de CO2 équivalent.

En première approche, et en ne retenant que le prix d'achat du biochar et les crédits carbones, il ne semble pas possible d'équilibrer l'équation économique, sauf à ce que les coûts d'achat du Biochar baissent (mais il y aura toujours une limite compte tenu de son utilisation possible en tant que combustible) et/ou que le cours des crédits carbone (EUA) dépassent environ 300 €/t CO2 eq.

A noter également que sur le marché règlementé du CO2, les cours de l'EUA n'atteignent pas ces niveaux, ils ont atteint un maximum proche des 100€/t en aout 2022.

8. Conclusion

Au travers de sa capacité de séquestration du carbone de façon non réversible et stable mais également des impacts agronomiques très positifs qu'il peut avoir sur le sol, le biochar constitue un sujet d'étude intéressant.

L'existence de différents biochars suggère toutefois qu'il serait utile de mener des études complémentaires pour déterminer les qualités d'intrants et conditions de pyrolyse ou pyro-gazéification les plus adaptées pour optimiser l'ensemble des potentialités du biochar.

Outre les apports en phosphore, potassium et carbone, un point qui semble très important dans les circonstances actuelles de sécheresses à répétition concerne la capacité de rétention d'eau importante du biochar, qu'il conviendrait également de tester.

Même si l'équation économique demande à être complétée, le principal frein actuel à son utilisation en grandes cultures reste son prix, notamment au regard du niveau actuel des prix du crédit carbone sur le marché volontaire.