agridea

Applications et possibilités



Avec le soutien financier de la Fondation Leopold Bachmann

inkoh Biochar and beyond

Table des matières

1 Applications du charbon végétal 2
2 Agriculture 4
2.1 Élevage (bovins, porcs, poulets) 4
2.1.1 Charbon végétal dans l'alimentation animale 4
2.1.2 Additif dans l'ensilage 6
2.1.3 Charbon végétal dans le lisier 6
2.1.4 Ammoniac et charbon végétal 6
2.1.5 Traitement du lisier 6
2.1.6 Dispositions légales relatives aux engrais 7
2.1.7 Résumé : Elevage 8
2.2 Plantes 8
2.2.1 Compost 8
2.2.2 Amendement racinaire 9
2.2.3 Substrat horticole 9
3 Autres applications 11
4 Bibliographie 12

1 Applications du charbon végétal

Le charbon végétal (CV) peut être utilisé dans divers domaines : agriculture, jardinage, terrains de golf, bâtiment, cosmétiques, peintures, traitement des eaux usées, etc. Les exigences en matière de qualité du CV varient selon l'application. Toute personne utilisant du CV doit connaître son origine, son prix, sa qualité et son efficacité (Figure 1).

En agriculture, le charbon végétal est utilisé de multiples façons. Il est ajouté au compost, utilisé dans les jardins et incorporé par les éleveurs dans l'alimentation animale et la litière, ainsi que dans le traitement du lisier. Des produits à base de charbon végétal, tels que des substrats pour la plantation d'arbres et de la terre noire, sont commercialisés.

Le charbon végétal est parfois utilisé pour remédier à des problèmes. Il doit toutefois être employé de manière ciblée, lorsque la cause du problème est connue. Idéalement, le charbon végétal ne devrait pas être vendu sans un accompagnement adapté. Les agriculteurs souhaitent obtenir un effet à long terme grâce au charbon végétal.

Les principaux arguments en faveur de l'utilisation du charbon végétal sont la séquestration du CO_2, la réduction des émissions, la santé animale et la rétention d'eau dans le sol. En tant que puits de carbone, le charbon végétal ne fait aucun doute, mais ses autres effets sont moins évidents. Malgré des études menées à l'échelle mondiale, il reste nécessaire d'étudier plus en détail, dans la pratique locale, comment et en quelles quantités le charbon végétal doit être utilisé, ainsi que les effets escomptés. En effet, il manque encore des données claires à ce sujet.

Le tableau 1 présente une sélection d'applications possibles du charbon végétal (H.P. Schmidt et al., 2021).

Selon l'application, différentes propriétés du charbon végétal sont pertinentes et doivent être analysées et surveillées en conséquence.



Figure 1: charbon végétal fraîchement produit (photo: D. Albiker, Agridea)

Tableau 1 : applications possibles du charbon végétal

Domaine d'application	Application	Fonction
Sol	Support pour engrais	Libération des nutriments en fonction des besoins, prévention du lessivage
	Additif dans le compost et le lisier	Réduction des pertes de nutriments et des émissions de GES, amélioration de la rétention d'eau et de l'activité biologique
	Composant des substrats destinés aux arbres urbains*	Réservoir d'eau et de nutriments dans un système bien drainé permettant un écoulement rapide des eaux de pluie, filtre des eaux de ruissellement routier
Élevage	Additif dans l'ensilage	Stabilisation de la fermentation des aliments pour animaux, fixation des produits phytosanitaires et de certaines mycotoxines
	Complément alimentaire	Amélioration du bien-être animal, notamment chez les vaches laitières ; de nombreux témoignages pratiques font état d'une meilleure qualité du lait (nombre de cellules plus faible dans le lait) et d'une réduction des frais vétérinaires
	Litière	Amélioration du climat dans l'étable, prévention des inflammations au niveau des sabots ou des griffes
Technologies environnementales	Traitement des eaux usées	Amélioration de la déshydratation des boues d'épuration Sous forme de charbon végétal activé en remplacement du charbon actif classique dans le traitement avancé des eaux usées pour l'élimination des micropolluants («4e étape de la station d'épuration»)
	Sols contaminés	Fixation des polluants organiques
Technologies énergétiques	Installations de biogaz	Augmentation du rendement spécifique en gaz (plus de gaz pour un apport identique) et stabilisation des processus de production de biogaz
	Électrodes	Matière première pour la fabrication d'électrodes destinées à diverses applications
Matériaux	Éléments préfabriqués en béton, pavés en béton	Additif destiné à améliorer les propriétés mécaniques, notamment en cas d'utilisation de sables de qualité médiocre Substitut de sable
	Enduit pour murs intérieurs	Isolation, amélioration du climat intérieur grâce à la régulation de l'humidité
	Emballages pour fruits	Sorption de l'éthylène pour éviter ou retarder la surmaturation
	Plastiques conducteurs	Amélioration de la conductivité dans diverses applications, remplacement du noir de carbone
	Matériaux composites	Augmentation de la résistance à la traction et de la capacité thermique, protection contre les rayonnements

***Arbres urbains**

Selon Schmidt et al (2021, p.11), les débouchés actuels pour le charbon végétal restent principalement axés sur l'agriculture : le CV sert notamment à améliorer la qualité des composts, à traiter le lisier, à formuler des engrais et, en élevage, à compléter l'alimentation animale ou à enrichir la litière. En Suisse, c'est toutefois dans les substrats de plantation pour arbres urbains que la demande semble progresser le plus vite. Les arbres jouent un rôle clé dans l'adaptation des villes au changement climatique pour lutter contre les ilôts de chaleur, capter une partie des poussières et faciliter l'infiltration des eaux lors de fortes pluies. Or, la multiplication des étés chauds et secs les met à rude épreuve, et des substrats racinaires contenant du charbon végétal permettent d'en limiter sensiblement les effets. Stockholm a déjà utilisé des mélanges à base de matériaux de carrière triés, de compost et de charbon végétal qui, bien mis en œuvre, assurent la survie des arbres jusque dans des conditions extrêmes. Sur ce modèle, plusieurs aménagements arborés ont déjà été réalisés avec succès en Suisse à l'aide de charbon végétal co-composté, notamment sur la place du Sechseläuten à Zurich, à la Plaine de Plainpalais à Genève et à Bâle [*traduit de l'allemand*]

2 Agriculture

2.1 Élevage (bovins, porcs, poulets)

2.1.1 Charbon végétal dans l'alimentation animale

- Utilisation en cascade
- Aucune recommandation scientifique concernant les quantités n'est disponible
- Effets positifs sur la santé animale ainsi que sur les émissions et les odeurs
- Exigences légales conformément à l'OAA et à l'OCAA
- Lacunes dans la recherche

Utilisation

L'utilisation du charbon végétal apporte le plus grand bénéfice lorsqu'il est d'abord incorporé à l'alimentation : effet sur l'animal, dans l'étable, dans le fumier et dans les champs, uniquement grâce à l'administration du charbon végétal aux animaux (utilisation en cascade).

En homéopathie, on recommande en premier lieu le Carbo vegetalis, c'est-à-dire le charbon végétal, en cas de problèmes digestifs. Il est donc logique d'administrer le charbon végétal par le biais de l'alimentation. L'offre de mélanges alimentaires contenant du charbon végétal a tendance à augmenter. Le charbon végétal est principalement utilisé dans l'alimentation des bovins. Les quantités varient entre 40 g et 150 g de charbon végétal par vache et par jour. Le charbon végétal est également utilisé chez les porcs et la volaille, par exemple à raison de 1 % dans la ration alimentaire.

Effets

Les éleveurs observent divers effets dans l'étable.

Santé animale

- moins de diarrhées
- litière plus sèche, ce qui favorise la santé des sabots et des coussinets
- la teneur en lait augmente et le nombre de cellules diminue
- réduction des frais vétérinaires
- Fixation de toxines, mycotoxines et autres substances nocives.

Dans la mesure du possible, il est plus judicieux d'utiliser des aliments de bonne qualité plutôt que de compenser les erreurs d'alimentation avec du charbon végétal. Le mode d'action exact du charbon végétal chez les animaux et l'ensemble de leurs effets doivent encore faire l'objet de recherches. Étant donné que d'autres facteurs entrent également en jeu, il convient de déterminer la part du charbon végétal dans ces effets.

Réduction des émissions

Dans l'élevage, le charbon végétal est censé réduire les émissions de protoxyde d'azote, de méthane et d'ammoniac, ce qui contribue à la protection du climat. L'ampleur de cette contribution reste toutefois incertaine. Il existe encore un besoin important de recherche fondamentale dans ce domaine. À Strickhof, l'influence du charbon végétal sur les émissions de méthane et d'ammoniac ainsi que sur la santé animale a été étudiée dans la chambre climatique (Figure 2 et 3). Dans son essai mené en novembre 2024, le FiBL n'a pas confirmé de réduction des émissions de méthane liée à l'alimentation animale (M.T. Dittmann et al., 2024 ; Bühl V., 2024 ; Terler G. et al., 2023).



Figure 2:ration mélangée avec du charbon végétal (photo: FiBL, M. Dittmann)



Figure 3: Vaches lors des mesures de méthane dans les chambres climatiques. (Photo : FiBL, M. Dittmann)

Dispositions légales relatives au charbon végétal destiné à l'alimentation animale

En Suisse, le charbon végétal utilisé comme aliment pour animaux est soumis aux exigences de l'ordonnance sur les aliments pour animaux (OAA) et de l'ordonnance sur le Codex des aliments pour animaux (OCAA). Des teneurs maximales sont fixées pour les substances indésirables telles que les métaux lourds ou les dioxines (annexe 10 de l'OCAA). Le respect des valeurs maximales pour les HAP est également important. Toute personne commercialisant du charbon végétal en tant qu'aliment pour animaux doit s'enregistrer auprès du service officiel de contrôle des aliments pour animaux (Agroscope). Etant donné que le « charbon végétal » figure sur la liste des matières premières pour aliments des animaux non soumises à l'obligation de déclaration (annexe 1.4 de l'OLALA, référence 7.13.1), la qualité de cet aliment relève de la responsabilité du fabricant. Aucune autorisation officielle n'est nécessaire. La norme de qualité EBC Futter (European Biochar Certificate) répond aux normes de qualité applicables aux aliments pour animaux, mais pas à celles relatives aux applications dans le sol (Bättig I., 2022).

Vous trouverez ici des informations sur les bases légales relatives aux aliments pour animaux :

Site web d'Agroscope : https://www.agroscope.admin.ch/de/gesetzliche-grundlagen et https://www.agroscope.admin.ch/dam/de/sd-web/peZEVVAU8Y41/1-4_katalog_einzelfuttermittel.pdf

Annexe 10 OLALA : https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2011/802/de#annex_10

Règlement de l'UE relatif au catalogue des matières premières pour aliments des animaux, partie C, référence 7.13.1 : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0068

Questions en suspens / lacunes de la recherche

- Essais visant à réduire les émissions d'ammoniac et de méthane lors de l'utilisation de charbon végétal chez les ruminants
- Quelle est l'influence du passage dans le rumen sur la stabilité du charbon végétal ?
- Quels sont les effets à long terme sur la fertilité et la santé des sabots ?
- Vitalité et diarrhée ?
- Les nutriments et autres substances sont liés par le charbon végétal dans le tube digestif. Manquent-ils alors aux animaux ou seules les substances nocives sont-elles liées ?
- Quelle quantité faut-il administrer aux animaux ? Avec ou sans pause ? Avec ou sans apport en minéraux ?
- Peut-on utiliser trop de charbon végétal au point d'entraîner des effets négatifs ?

2.1.2 Additif dans l'ensilage

Lors de l'ensilage, la fermentation du fourrage est stabilisée et les produits phytosanitaires ainsi que certaines mycotoxines sont fixés, de sorte qu'ils puissent être éliminés par l'animal sans être digérés.

2.1.3 Charbon végétal dans le lisier

D'autres effets environnementaux positifs dans l'agriculture, tels que la réduction des émissions de protoxyde d'azote ou du lessivage des nitrates, sont déterminants pour le charbon végétal. De plus, l'utilisation de charbon végétal et d'acide lactique lors du stockage des engrais de ferme devrait permettre de réduire les émissions de méthane. Une étude à ce sujet est actuellement menée dans le canton d'Argovie en collaboration avec l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL, 2022-2026 ; FiBL, 2024). Dans le cadre du projet « Recycle for bio », 2 t de charbon végétal par an ont été épandues en ajoutant du charbon végétal au lisier en fermentation 2 à 3 semaines avant l'épandage. Au cours de la première phase, les émissions de méthane lors de l'épandage étaient plus élevées suite à l'ajout de charbon végétal. Au cours de la deuxième phase, on a mesuré en laboratoire la quantité de méthane émise pendant le stockage. Le charbon végétal a alors clairement réduit les émissions (FiBL, 2024). Un autre projet étudie l'utilisation pratique du charbon végétal dans huit exploitations agricoles du canton de Glaris. Une augmentation significative de l'efficacité azotée a été observée.

2.1.4 Ammoniac et charbon végétal

L'une des causes principales des pertes élevées d'ammoniac réside dans les teneurs en azote élevées, par rapport à la matière organique, présentes dans le système agricole, depuis les animaux jusqu'au sol. Le charbon végétal améliore efficacement ce rapport C/N et fixe ainsi, en principe, l'ammoniac.

L'utilisation de charbon végétal acidifié vise à empêcher la formation d'ammoniac gazeux à la source. L'azote présent dans l'urine des animaux est en grande partie excrété sous forme d'urée inodore. En solution aqueuse, celle-ci est décomposée par une enzyme présente dans les bactéries et les plantes, passant par l'ammonium pour former de l'ammoniac, qui finit par se dégager sous forme de gaz. Ce processus est également appelé hydrolyse.

L'épandage régulier de charbon végétal et d'acide lactique dans l'étable permet d'éviter l'hydrolyse de l'urée et, par conséquent, la formation d'ammoniac gazeux. L'acide lactique abaisse le pH et le charbon végétal absorbe l'humidité et fixe l'urée, l'ammonium et l'ammoniac.

Une application correcte est essentielle : le charbon végétal doit être acidifié avant utilisation ou activé biologiquement, par exemple par fermentation avec des bactéries lactiques, afin d'abaisser le pH et de déplacer l'équilibre chimique vers la forme ammonium, plus stable. Il convient en outre de veiller à ce que le charbon végétal soit de haute qualité, qu'il ne présente pas un pH trop élevé et qu'il contienne peu de cendres.

Pour que le charbon végétal réduise sa teneur en ammoniac, les méthodes doivent être définies avec précision. La gestion globale est également importante pour réduire les phénomènes de pourriture.

2.1.5 Traitement du lisier

En Suisse, il existe des réglementations claires concernant l'utilisation du charbon végétal dans le traitement du lisier, soutenues par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL). Les expériences menées depuis plusieurs années par des agriculteurs et des instituts de recherche suisses montrent des résultats unanimement positifs.

Utilisation

Le dosage et la technique d'application suivent des directives claires : le dosage recommandé est de 1 à 5 % en volume de charbon végétal par rapport au lisier, l'effet optimal étant atteint à environ 1 % en volume dans le lisier frais. L'incorporation s'effectue dans le canal à lisier ou dans la fosse de pré-stockage, un mélange minutieux étant essentiel pour assurer une répartition homogène.

Une application du charbon végétal dans le lisier au mauvais moment peut entraîner une augmentation des émissions de méthane. Le lisier a un pH élevé, et le charbon végétal est lui aussi basique. Lors de l'ajout de charbon végétal, de l'ammoniac s'échappe du lisier ancien. Le charbon végétal ne peut absorber que 5 mg d'ammonium par kg de charbon végétal. Le charbon végétal ne doit être ajouté qu'au lisier frais.

Une mauvaise utilisation, c'est-à-dire un mauvais moment pour ajouter le charbon végétal au lisier, peut entraîner une augmentation des émissions de méthane. Le charbon végétal présent dans le lisier en fermentation accroît les concentrations de méthane dans les champs, car il élève le pH et s'active dans un environnement anaérobie, stimulant

ainsi les micro-organismes (MO) producteurs de méthane (Caballero-Arzápalo N., 2015). La gestion de la fermentation est déterminante pour favoriser les MO bénéfiques.

Le lisier permet un épandage homogène dans les champs. D'autres techniques sont plus difficiles à mettre en œuvre en raison du manque de machines adaptées.

Effets

Les effets scientifiquement prouvés sont multiples. En matière de réduction des émissions, on observe une baisse significative des émissions d'ammoniac pouvant atteindre 30 % selon les études d'Agroscope, une réduction des émissions de méthane ainsi qu'une diminution significative des odeurs. La gestion des nutriments bénéficie d'une meilleure fixation des nutriments dans le sol, d'une meilleure disponibilité des nutriments pour les plantes, d'une réduction du lessivage des nutriments ainsi que d'une optimisation de la décomposition de la paille. L'amélioration du sol se traduit par une promotion de la santé du sol, une amélioration de sa structure et une augmentation de l'activité microbienne.

Expériences pratiques

Les expériences pratiques menées en Suisse sont convaincantes. Plusieurs exploitations agricoles suisses, notamment dans les cantons de Lucerne et de Thurgovie, font état d'expériences positives. La société Verora AG, l'un des principaux fournisseurs suisses de produits à base de charbon végétal, fait état d'une meilleure fluidité du lisier, d'une diminution des nuisances olfactives, d'une réduction des brûlures sur les plantes ainsi que d'effets positifs sur la santé animale.

Questions en suspens

Les défis et les questions en suspens liés à l'utilisation du charbon végétal nécessitent de prendre soigneusement en compte divers facteurs. Concernant les aspects liés au sol, les effets varient en fonction du type de sol, du pH et de la teneur en matière organique. D'autre part, un dosage précis reste à déterminer, et les questions autour de la dépendance vis-à-vis de la composition du lisier ainsi que l'efficacité selon les saisons subsistent.

2.1.6 Dispositions légales relatives aux engrais

Pour obtenir une homologation en tant qu'engrais, le charbon végétal doit, en Suisse, respecter les mêmes valeurs limites que les engrais de recyclage et les engrais de ferme en ce qui concerne sa teneur en métaux lourds. En ce qui concerne les HAP, ce sont les valeurs indicatives applicables au compost et au digestat qui s'appliquent. Ces valeurs limites ou indicatives sont définies dans l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim). De plus, l'autorité d'homologation exige que le charbon végétal soit certifié EBC.

Selon la dernière directive EBC (10 janvier 2022), seule la classe EBC AgroBio répond aux exigences de l'homologation suisse des engrais (Bättig, 2022).

L'épandage du charbon végétal en tant qu'engrais est réglementé par l'ordonnance sur les engrais. (OEng, 2026)

CMC 14 : Matières issues de la pyrolyse ou de la gazéification

1 Un engrais peut contenir des matières issues de la pyrolyse ou de la gazéification qui remplissent les conditions suivantes :

a. La matière obtenue par pyrolyse ou gazéification remplit les conditions prévues à l'annexe II, partie II, CMC 14, du règlement (UE) 2019/1009.
b. La teneur en additifs visés à la lettre e), point 1, de l'annexe II, partie II, CMC 14, du règlement (UE) 2019/1009 ne dépasse pas 10 %.
c. Le procédé de transformation thermochimique s'effectue dans des conditions de limitation de l'oxygène, de manière à ce qu'une température d'au moins 500 °C soit atteinte dans le réacteur pendant au moins 10 minutes.
d. Les valeurs limites supplémentaires relatives à la teneur en polluants, telles que définies à l'annexe 2.6 du ORRChim, pour les matières issues de la pyrolyse ou de la gazéification, sont respectées.

2 Les matières issues de la pyrolyse ou de la gazéification qui ne satisfont pas aux exigences prévues à l'annexe II, partie II, CMC 14, point 7, du règlement (UE) 2019/1009 doivent faire l'objet d'une déclaration conformément à l'article 24 de l'ordonnance sur les produits chimiques (OChim).

3 Un engrais composé entièrement ou partiellement de CMC 14 est soumis à autorisation.

4 L'OFAG prescrit, pour les engrais composés entièrement ou partiellement de matières issues de la pyrolyse ou de la gazéification, des analyses régulières au regard des exigences de qualité prévues à l'annexe 2.6 de l'ORRChim. Les exploitants

mettent sans délai les résultats d'analyse à la disposition de l'OFAG et des autorités cantonales.

Le charbon végétal doit être certifié EBC. Les valeurs limites de l'EBC sont reprises. De manière générale, les règles de l'OFAG sont toutefois plus strictes (Schmidt H.P. et al., 2021). Le taux d'épandage doit être limité. La sécurité de l'engrais est primordiale.

Pour plus d'informations sur les directives de l'EBC (anglais ou allemand) : https://www.european-biochar.org/en/ct/2

Réglementation de l'utilisation du charbon végétal

Seule la mise en marché du charbon végétal est réglementée, et non son utilisation à des fins privées. La quantité autorisée est de 10 tonnes sur 20 ans, avec un maximum de 1 tonne par an et par hectare (FiBL, 2024).

Des informations sur l'homologation des engrais en Suisse sont disponibles sur le site web de l'Office fédéral de l'agriculture : https://www.blw.admin.ch/fr/engrais

2.1.7 Résumé : Elevage

Effets

- amélioration du climat dans les étables, réduction des odeurs
- litière plus sèche
- moins d'inflammations au niveau des sabots et des coussinets
- Capacité de rétention d'eau possible uniquement avec de très grandes quantités de charbon végétal (estimée à 10 t/ha)
- Si un sol contient beaucoup de carbone organique (C_{org}), les micro-organismes chercheront à le décomposer. Pour ce faire, ils ont besoin d'azote, qui n'est alors plus disponible pour les plantes.

Questions en suspens / lacunes de la recherche

- Quels facteurs d'épandage (charbon végétal chargé/non chargé, moment d'épandage) influencent la réduction des émissions (par exemple d'ammoniac) et de quelle manière ?
- Quand est-il judicieux d'ajouter du charbon végétal au lisier et quel en est l'effet ?
- Essais de fertilisation : quel est l'effet observé ?
- Quelle quantité de charbon végétal faut-il épandre et sur quelle durée ?

2.2 Plantes

2.2.1 Compost

L'utilisation du charbon végétal dans le compost est réglementée et autorisée par la loi. De nombreuses années d'expérience et des études scientifiques démontrent ses effets positifs sur la qualité du sol et le bilan nutritif. Il convient notamment de souligner ses effets bénéfiques sur la formation d'humus lorsqu'il est utilisé correctement.

Utilisation

Pour une utilisation optimale du charbon végétal dans le compost, il convient de l'incorporer soigneusement à raison d'environ 5 à 10 % du volume du compost. Le processus de fermentation doit se dérouler dans des conditions d'aération contrôlées. Une répartition homogène du charbon végétal dans la matière compostable est essentielle pour la réussite du processus. Un mélange minutieux garantit un déploiement optimal de ses effets.

Effets

L'utilisation du charbon végétal dans le compost présente de nombreux effets positifs. L'amélioration de la structure du sol grâce à la stabilisation des agrégats est un élément central. La rétention des nutriments est considérablement accrue, minimisant ainsi les pertes par lessivage. Un autre aspect important est l'augmentation de la capacité de rétention d'eau du sol. Combinés, ces facteurs contribuent à améliorer la santé des plantes.

Effets spécifiques

Selon la documentation de Verora AG, le compost enrichi en charbon végétal se caractérise par des pertes en nutriments particulièrement faibles et une forte fixation des nutriments. Il a été démontré qu'il favorise la formation d'humus. Une

réduction significative des émissions d'odeurs a également été constatée. Les particules de charbon retiennent efficacement l'humidité, ce qui entraîne une modification de la structure du compost, avec des mottes moins nombreuses et plus petites. Il est intéressant de noter que des valeurs de CO_2 légèrement supérieures à la normale ont été observées, ce qui s'explique par un effet dit d'amorçage durant le processus de décomposition.

Questions en suspens et besoins de recherche

Malgré ces résultats positifs, certaines questions restent en suspens, notamment concernant les effets à long terme dans le sol et le dosage optimal dans différentes conditions. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les interactions entre le charbon végétal et les différentes matières de compostage.

2.2.2 Amendement racinaire

L'importance de l'apport de charbon végétal au niveau des racines ne cesse de croître. Des études scientifiques et des expériences pratiques montrent des résultats prometteurs en matière de croissance des plantes, de fertilité du sol et de santé des plantes.

Utilisation

L'application en amendement racinaire s'effectue par incorporation directe dans le trou de plantation ou dans la zone racinaire. Le dosage recommandé varie entre 5 et 10 % du volume de terre, en fonction de l'espèce végétale, du type de sol et de l'état initial. Une répartition homogène et un mélange minutieux sont essentiels pour obtenir un effet optimal.

Heinrich et Saluz (2017) décrivent des applications possibles pour les racines des arbres, en particulier dans les substrats destinés aux arbres urbains.

Effets

L'apport de charbon végétal au niveau des racines déploie des effets positifs à plusieurs niveaux. Il améliore la structure du sol, augmente la capacité de rétention d'eau et optimise la disponibilité des nutriments. Il favorise les activités microbiologiques dans la zone racinaire, ce qui influence positivement la croissance des plantes et le développement des racines.

Avantages spécifiques

Des études scientifiques démontrent une meilleure absorption des nutriments, des taux de lessivage réduits et une résistance accrue des plantes aux facteurs de stress. Le charbon végétal sert d'habitat aux organismes du sol et favorise le développement du microbiome du sol et de l'humus (Pepin et al., 2015).

Questions en suspens

Malgré des résultats positifs, des lacunes subsistent dans la recherche concernant les effets à long terme, le dosage optimal pour différentes espèces végétales et certains types de sols spécifiques, comme c'est le cas pour d'autres applications.

2.2.3 Substrat horticole

Utilisation

La qualité du substrat est très importante pour la croissance des plantes. Il doit être poreux (Figure 5) afin d'assurer l'aération et le drainage de la plante. Le pH doit rester plus ou moins stable. En général, les substrats sont composés de perlite et de tourbe, de compost ou d'humus (Figure 4). Le charbon végétal semble présenter des propriétés intéressantes pour remplacer ces composants ou offrir une alternative. Il convient toutefois de veiller à sa granulométrie, qui ne doit pas être trop fine (Bionika, 2026).



Figure 4:substrat pour semis à base de charbon végétal : (Danielle Albiker, Agridea)

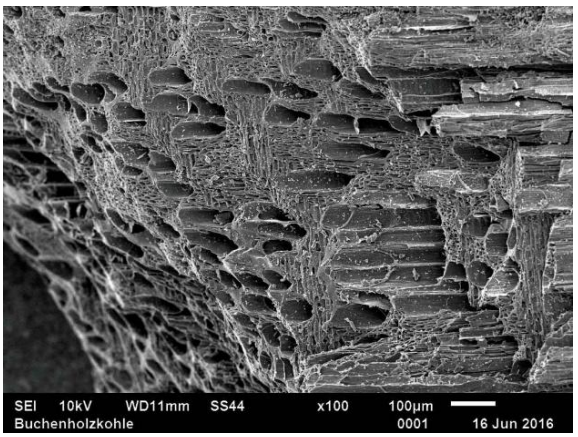


Figure 5: image au microscope électronique à balayage de biochar issu de bois de hêtre (photo : D. Kray dans German Biochar, 2026)

Dans les cultures en pot, le charbon végétal peut remplacer en partie le sable ou la perlite grâce à sa porosité et à sa capacité à retenir l'eau.

Pour la culture en pleine terre, il est recommandé d'incorporer le charbon végétal en surface (10 à 15 cm) ou en bandes près des racines des plantes.

Il est important de mélanger le charbon végétal dans les bonnes proportions avec le substrat ou le sol. Dans les substrats horticoles (terreau, tourbe, fibre de coco, etc.), on incorpore environ 10 à 20 % en volume de charbon végétal.

Dans le sol, le dosage varie entre 2 et 10 t/ha, en fonction des besoins et des caractéristiques du sol.

Au Canada, des essais ont été menés sur des cultures en serre et en pépinière, qui démontrent l'effet du charbon végétal (Allaire et Lange, 2017).

Effet

- Meilleur démarrage pour les plants (Figure 6)
- Meilleure régulation du régime hydrique dans le substrat

« De manière générale, grâce à sa grande surface spécifique, le charbon végétal peut être incorporé en petites quantités dans les substrats conventionnels, contrairement à la couche arable, tout en remplissant la fonction de la composante organique. Cela devrait permettre un compactage plus important du substrat tout en conservant des conditions chimiques et physiques identiques. » (Heinrich und Saluz, 2017, page 2 [Notre traduction])



Figure 6: croissance de semis avec (en bas) et sans (en haut) charbon végétal : Danielle Albiker, AGRIDEA

Questions en suspens

- Comment le charbon végétal évolue-t-il dans le sol au fil des décennies ?
- Dans quelle mesure le dosage dépend-il de la qualité du charbon végétal et du sol ?
- Quelle est la qualité de charbon végétal importante ?
- Les coûts sont trop élevés. Comment réduire les coûts du charbon végétal sans perte de qualité ?

Conclusion

Le charbon végétal est un bon « amendement » pour améliorer les propriétés des substrats horticoles, mais il nécessite une préparation préalable et une bonne connaissance des dosages afin d'optimiser son efficacité. C'est également un outil précieux pour la séquestration du carbone et la durabilité dans l'agriculture et l'horticulture. Son utilisation nécessite toutefois des études supplémentaires afin de répondre aux questions en suspens et d'optimiser son application.

3 Autres applications

Les autres applications liées aux technologies environnementales et énergétiques, ainsi que l'utilisation du charbon végétal dans les matériaux, telles qu'énumérées dans le tableau 1, ne seront pas abordées plus en détail ici. L'objectif est de produire un charbon végétal certifié au service de l'agriculture et des sols.

4 Bibliographie

Allaire, S.E., Lange S.F., 2017. Rapport : Substrats horticoles à base de biochars : Performance et économie. CRMR-2017-SA-2. Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Université Laval, Québec, Canada, 40 p., Consulté le 26.02.2025 : https://materiauxrenouvelables.ulaval.ca/wp-content/uploads/2017/04/Rapport_Substrats_horticoles_a%CC%80_base_de_biochar.pdf

Bättig I., 2022. Nicht jede Kohle darf in den Boden. Charnet, Schweizer Fachverband für Pflanzenkohle. Consulté le 19.01.25: https://charnet.ch/nicht-jede-kohle-darf-in-den-boden/

Bionika, 2026. Aktivierte Verora-Pflanzenkohle als Zuschlagstoff in Baumgrubensubstrate. Consulté le 13.12.2025: https://www.bionika.ch/view/data/8383/991PK.pdf

Bühl A., 2024. Pflanzenkohle nicht geeignet, um den Methanausstoss von Milchkühen zu senken. FiBL Schweiz. Zugang am 21.02.2025 : https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/pflanzenkohle-methanausstoss-milchkuehe

Caballero-Arzápalo N., 2015. Untersuchungen zum anaeroben Abbauprozess ausgewählter Abfallsubstrate mit Hilfe spezieller Mikroorganismen und Enzyme. Technische Universität München (TUM), Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt. Consulté le 21.02.2025: https://mediatum.ub.tum.de/doc/1229120/1229120.pdf

Dittmann M.T., Baki C., Terranova M., Amelchanka S.L., Dubois S., Wiget A., Leiber F., Krause H.M., Baumann S., 2024. The effect of biochar supplementation on feed utilization, milk production and methane emission in lactating dairy cows. Animal Feed Science and Technology, Volume 318, December 2024, 116127. Consulté le 21.02.2025: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840124002554

FiBL, 2026. FIBL, Agriculture - Climate Protection and Climate Adaptation with Biochar: https://www.fibl.org/en/themes/projectdatabase/projectitem/project/2247

FiBL Podcast, 2024, Folge 69: CO2-Speicher Pflanzenkohle – Hilft sie auch der Landwirtschaft? Kanton Aargau, Minute 27'-32': https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/podcast-pflanzenkohle-landwirtschaft

German Biochar, 2026. Eigenschaften von Pflanzenkohle. Consulté le 13.10.2026: https://german-biochar.org/missing_link/

Heinrich Axel und Saluz Andrea Gion, 2017. Lenkung der Baumwurzeln in Stadtbaumsubstraten. ZHAW, Wädenswil. Consulté le 21.02.2025: https://digitalcollection.zhaw.ch/server/api/core/bitstreams/56bee73b-c838-49f5-ab25-d8fb0b92e254/content

Oeng, 2026. LexFind, https://www.lexfind.ch/fe/fr/tol/24698/fr

Pepin S., Dorais M., Thériault M. et Laurin- Lanctôt S., 2015. Effet de l'amendement au biochar sur les sols biologiques : rétention des nutriments, activité biologique et phytopathogènes. Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique du MAPAQ, Rapport final, Programme Innovbio, Projet n° 11-INNO1-06, Consulté le 21.02.2025 : https://www.agrireseau.net/documents/Document_89808.pdf

Schmidt H.P., Hagemann N., Abächerli F., Leifeld J., Bucheli T., 2021. Pflanzenkohle in der Landwirtschaft. Hintergründe zur Düngerzulassung und Potentialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoff-Senken. Consulét le 21.02.2025: https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46567

Terler G., Winter M., Mandl M., Sweeney J., Steinwidder A., 2023. Effect of biochar or biochar and urea supplementation on feed intake, milk yield, feed conversion and methane production of dairy cows. Czech J. Anim. Sci., 2023, 68(6):245-254, Consulté le 13.10.2026: https://cjas.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2023/06/01.pdf