

Charbon végétal

Autrices et auteurs: Daniel Bretscher, Nikolas Hagemann, Sonja Keel, Jens Leifeld

Version: 1 / Novembre 2023

Le charbon végétal est le produit du traitement thermique de la biomasse en milieu pauvre en oxygène (pyrolyse, au moins 450 °C). Il est utilisé dans l'agriculture comme additif dans l'alimentation animale, pour le compostage, comme amendement pour les sols, ainsi que pour le traitement des engrais de ferme dans les étables et les lieux de stockage.

Tableau 1: Éléments clés de la mesure

Domaine d'application	Grandes cultures, cultures maraîchères (herbages / bétail laitier), agriculture en général
Niveau de mise en œuvre	Agricultrices et agriculteurs (utilisation de charbon végétal), autorités publiques (réglementation)
Échelle d'action	Champ, étable, stocks d'engrais de ferme, animal
Rentabilité	Incertaines/variables, aucune affirmation générale possible
Effet visé	Carbone (C), azote (N)
Sous-catégorie visée	Nitrate (NO ₃ ⁻), protoxyde d'azote (N ₂ O), ammoniac (NH ₃), dioxyde de carbone (CO ₂), év. méthane (CH ₄)
Temps de mise en œuvre	Long terme, car des recherches sont encore nécessaires. Si la mise en œuvre est efficace, l'effet devrait se faire sentir à court ou moyen terme.
Effet / Potentiel de réduction	Incertain/variable

Principe d'action

Cette fiche technique explique comment différentes applications de charbon végétal contribuent à réduire les pertes d'éléments nutritifs. La connaissance des processus biochimiques actifs est cependant encore limitée. Les milieux scientifiques sont relativement peu d'accord au sujet de l'efficacité de la réduction des flux totaux d'éléments nutritifs.

La surface spécifique très élevée du charbon végétal permet notamment de fixer les éléments nutritifs mobiles contenant de l'azote. L'idéal serait que les éléments nutritifs soient mis à la disposition des plantes cultivées en plus grandes quantités et sur une plus longue période, en fonction de leurs besoins. Cela permettrait, le cas échéant, de réduire les pertes d'éléments nutritifs tout au long des étapes d'utilisation des engrais de ferme et d'augmenter l'efficacité de la fertilisation.

En principe, on peut faire la distinction entre l'utilisation comme (i) additif fourrager, (ii) litière dans l'étable, (iii) additif au lisier, au fumier et au compost et (iv) l'utilisation directe et indirecte liée au sol (p. ex. via des milieux de culture).

Outre l'effet direct sur les pertes d'éléments nutritifs, l'utilisation du charbon végétal peut éventuellement avoir des effets indirects grâce à l'amélioration de la santé des animaux et à l'augmentation de la sécurité des rendements ainsi qu'à l'accroissement des rendements eux-mêmes.



Grâce à sa surface élevée, le charbon végétal peut fixer les éléments nutritifs (Photo: Agroscope).

L'utilisation du charbon végétal peut avoir des effets secondaires positifs mais aussi négatifs, dont il faut tenir compte lors d'une éventuelle utilisation.

Avantages/Synergies

- L'effet d'augmentation des rendements est surtout connu dans les zones de culture tropicales et est nettement moins marqué dans les zones climatiques tempérées où les sols sont jeunes (Jeffery et al., 2017).
- L'utilisation de charbon végétal permet d'augmenter le pH du sol, ce qui peut, dans certaines circonstances, avoir une influence positive sur l'efficacité de la fertilisation et sur les rendements.
- Le carbone étant très stable dans le charbon végétal, il est stocké à long terme dans le sol. Le CO₂ est ainsi soustrait de l'atmosphère pour une longue durée, ce qui contribue à la protection du climat (Schmidt et al., 2019; Rodrigues et al., 2023).
- Il est possible que l'utilisation du charbon végétal dans l'alimentation des ruminants réduise les émissions de méthane issues de la digestion des animaux et du stockage des engrais de ferme. La base de données scientifiques est toutefois limitée et ne permet pas de tirer des conclusions claires.
- Réduire les émissions de protoxyde d'azote dans les étables, lors du stockage des engrais de ferme, ainsi que les émissions issues du sol peut contribuer à la protection du climat. La pérennité de cet effet n'est toutefois pas encore claire (Borchard et al., 2019).
- Grâce à la surface spécifique élevée du charbon végétal ainsi qu'à la promotion de la formation d'agrégats de sol, l'eau peut être stockée pendant une longue période, ce qui peut contribuer à un meilleur équilibre hydrique des sols et ainsi augmenter la résilience climatique (Gao et al., 2020; Oduor Omondi et al., 2016).
- La pyrolyse est un processus qui libère de l'énergie pouvant généralement être utilisée pour la production de chaleur (par exemple pour le chauffage ou le séchage des copeaux de bois) et/ou d'électricité.
- Les émissions d'odeurs provenant des étables ainsi que du stockage et de l'épandage d'engrais de ferme peuvent être réduites.

Inconvénients/Limitations/Conflits d'intérêts

- Il existe encore de grandes incertitudes quant à l'action du charbon végétal sur différents processus. En particulier, les effets à long terme sur les (micro) organismes dans l'appareil digestif des animaux, dans les engrais de ferme et dans les sols n'ont guère été explorés jusqu'à présent.
- En cas de fortes concentrations de polluants (notamment d'hydrocarbures polycycliques aromatiques), le charbon végétal ne doit pas être utilisé. Les concentrations de polluants dépendent de la gestion du processus et du substrat de départ. C'est pourquoi seul le charbon végétal certifié [European Biochar Certificate](#) peut être épandu (état août 2023).
- La transformation de la biomasse en charbon végétal est en concurrence avec d'autres formes d'utilisation, par exemple comme source d'énergie en utilisation directe (copeaux de bois) ou indirecte (production de biogaz).

Interactions

Plan de fumure: Des interactions peuvent se produire en particulier en relation avec les mesures de planification de la fertilisation, car la disponibilité des éléments nutritifs peut être influencée de manière déterminante.

Disponibilité de la biomasse: La biomasse est généralement limitée et peut être utilisée à des fins très diverses (alimentation humaine, alimentation animale, source d'énergie, matériau de construction, séquestration du carbone). Le [European Biochar Certificate](#) exclut l'utilisation comme substrat initial de toute biomasse qui ferait concurrence à l'alimentation humaine et animale. Néanmoins, l'utilisation de charbon végétal n'est pas toujours la meilleure option et devrait donc toujours faire l'objet d'un examen critique par rapport à d'autres alternatives.

Mise en œuvre: charges/déroulement/application/faisabilité

En raison des incertitudes scientifiques qui existent encore, l'utilisation du charbon végétal pour réduire les pertes d'éléments nutritifs ne peut être recommandée que sous certaines conditions. Son utilisation se justifie surtout lorsque les conditions sont globalement favorables (disponibilité de la biomasse appropriée, potentiel d'économie d'éléments nutritifs théorique élevé).

En principe, on peut distinguer les applications suivantes du charbon végétal:

- Alimentation animale dans le but d'améliorer la santé des animaux et donc l'efficacité de l'alimentation et, le cas échéant, de fixer les éléments nutritifs «excédentaires» déjà pendant la digestion
- Alimentation des ruminants, afin de réduire les émissions de méthane résultant de la digestion
- Litière dans les étables pour fixer les éléments nutritifs et réduire notamment les émissions d'ammoniac
- Additif pour le lisier, le fumier et le compost dans le but de fixer les éléments nutritifs - en particulier pour réduire les pertes d'ammoniac et de nitrates - et de rendre les éléments nutritifs disponibles pour les plantes à plus long terme
- Apport dans les sols afin de fixer les éléments nutritifs et de réduire les pertes de nitrate et de protoxyde d'azote.

Lors de la planification et de l'exploitation d'une installation de pyrolyse, il est recommandé de veiller à tirer le meilleur parti possible de la chaleur produite.

D'une manière générale, la production et l'utilisation de charbon végétal dans l'agriculture devraient se faire selon le principe d'une utilisation en cascade. Celle-ci débute avec l'exploitation de l'énergie produite pendant le processus de pyrolyse, se poursuit par l'affouragement aux animaux ou l'utilisation comme litière dans l'étable ou encore l'utilisation comme additif lors du stockage des engrais de ferme et s'achève avec l'épandage sur la parcelle. Plus on introduit le charbon végétal tôt dans la cascade et plus on englobe de processus différents, plus l'effet total est important. En cas d'utilisation comme additif dans l'alimentation animale, il est important de respecter les recommandations de dosage et d'observer attentivement les effets sur les performances et la santé des animaux. Par ailleurs, avant l'épandage, le charbon végétal devrait toujours être «chargé» en éléments nutritifs, faute de quoi les éléments nutritifs libres peuvent être immobilisés dans le sol.

Conditions d'application

- Substrat initial disponible en quantité suffisante (tenir compte des utilisations alternatives possibles de la biomasse)
- Faible teneur en polluants (certificat, ordonnance sur les engrais)
- Possibilité d'utiliser la chaleur produite pendant la pyrolyse.

Évaluations

Rentabilité

La rentabilité est évaluée ci-après de manière qualitative, car les données disponibles sont encore très limitées à l'heure actuelle et les rendements ainsi que les coûts (prestations préalables, coûts du travail, coûts du capital) sont très variables selon la forme d'application et de mise en œuvre choisie de même que selon le contexte.

- **Prestations préalables:** l'achat de charbon végétal est actuellement encore très coûteux (environ 1000 francs par tonne).
- **Coûts du capital:** la planification et l'installation d'une installation de pyrolyse nécessitent d'importants investissements.
- **Coûts du travail:** très variables selon la forme d'application et de mise en œuvre.
- **Rendements:** très variables selon la forme d'application et de mise en œuvre et suivant l'efficacité dans le contexte spécifique donné. Il faut tenir compte des éventuelles recettes supplémentaires générées grâce aux avantages annexes du charbon végétal (p. ex. rendements plus stables et éventuellement plus élevés ou meilleure santé animale). En cas d'exploitation d'une installation de pyrolyse propre, la valorisation de l'énergie est un facteur important. Des recettes supplémentaires peuvent éventuellement être générées par la délivrance de certificats climatiques.

La production et l'utilisation du charbon végétal font l'objet de nombreux développements qui influencent la rentabilité. Il est donc recommandé d'effectuer une analyse de rentabilité au moment voulu et en tenant compte des conditions spécifiques.

Potentiel de réduction

D'une manière générale, les données scientifiques sont actuellement trop peu nombreuses pour pouvoir tirer des conclusions définitives quant au potentiel de réduction des pertes d'éléments nutritifs. En cas d'utilisation multiple (pyrolyse - alimentation animale - litière dans l'étable - additif lors du stockage des engrais de ferme - épandage dans les champs), les pertes d'éléments nutritifs peuvent parfois être nettement réduites. Le potentiel de réduction dépend toutefois beaucoup des conditions-cadre spécifiques et du mode de gestion de chaque exploitation. En raison de la disponibilité limitée du charbon végétal, son utilisation se justifie avant tout dans les exploitations qui présentent un fort potentiel de réduction.

La quantité totale de charbon végétal disponible dépend très largement de la disponibilité de la biomasse, qui doit être prise en compte dans tous les cas. L'étude la plus récente prévoit pour la Suisse une production de 0,04 Mt de carbone issu de la biomasse par an à partir du bois provenant de l'entretien du paysage (Keel et al., 2023).

Critères de qualité/de réussite

Il n'est guère possible de mesurer l'effet direct du charbon végétal sur les différentes voies de pertes d'azote à l'échelle des exploitations. A l'avenir, des modèles permettront éventuellement de procéder à une estimation. Mais en raison des grandes incertitudes et d'une connaissance très insuffisante des différents processus, seules des conclusions très générales et approximatives peuvent être tirées.

Il est tout au plus possible d'estimer l'augmentation de l'efficacité de la production (performances des animaux, rendement sur le terrain, efficacité de la fertilisation). En raison des fortes variations de rendement de la production végétale dues aux conditions météorologiques, le suivi de l'impact doit être effectué sur plusieurs années, voire décennies.

Un effet sur le bilan OSPAR (OSPAR: Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est) peut résulter d'une part d'une augmentation des rendements (probablement négligeable) ou d'une réduction de l'utilisation d'engrais minéraux. Cette dernière est rendue possible par une utilisation plus efficace des engrais de ferme ou par une diminution des pertes dans le sol, mais elle devrait être garantie par des conditions-cadre supplémentaires à l'échelle de la politique agricole, car on ne peut pas partir du principe que les agricultrices et les agriculteurs réduiront toujours automatiquement les quantités d'engrais.

Perspectives des parties prenantes

Actuellement, l'avis de nombreux acteurs (pratique agricole, associations, entreprises, autorités) sur l'efficacité du charbon végétal dans l'agriculture en termes d'efficacité des éléments nutritifs ne coïncide pas avec le degré de connaissances scientifiques. Il faut partir du principe que les attentes parfois optimistes ne pourront pas être satisfaites.

L'association professionnelle suisse pour le charbon végétal [Charnet](#) adopte une perspective globale proche de la science et équilibrée.

Conclusions

L'utilisation de charbon végétal dans l'agriculture peut réduire les excédents d'éléments nutritifs de différentes manières. D'un point de vue scientifique, certaines valeurs cibles en termes d'efficacité sont, à bien des égards, encore loin de faire l'unanimité; des recherches sont donc encore nécessaires. Il n'est guère possible de tirer des conclusions générales sur la rentabilité de la mesure, car celle-ci dépend beaucoup des différentes conditions-cadre. L'utilisation du charbon végétal peut surtout être recommandée sous forme de projets pilotes lorsque des conditions favorables sont réunies.

Informations complémentaires

Sites Web

[Agroscope - Charbon végétal](#) (www.agroscope.ch > Thèmes > Environnement et ressources > Climat et air > Puits et sources de CO₂ dans les sols agricoles > Charbon végétal)

[FiBL - Kohle fürs Klima](#) (www.fibl.org/de/infothek/meldung/kohle-fuers-klima)

[Ithaka-Institut for carbon strategies](#) (www.ithaka-institut.org/de)

[Charnet - Schweizer Fachverband für Pflanzenkohle](#) (charnet.ch)

Bibliographie sur le charbon végétal en général

Beuttler C., Keel S. G., Leifeld J. et al. (2019). The Role of Atmospheric Carbon Dioxide Removal in Swiss Climate Policy: Fundamentals and Recommended Actions. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne; Fondation Risiko-Dialog, Berne.

Jeffery S., Abalos D., Prodana M., Catarina Bastos A., van Groenigen J. W., Hungate B. A., Verheijen F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters* 12, 053001.

Keel S. G., Bretscher D., Leifeld J., von Ow A., Wüst-Galley Ch. (2023). Soil carbon sequestration potential bounded by population growth, land availability, food production, and climate change. *Soil Carbon Management*; Vol. 14, N° 1.

OFEV, 2023: Utilisation du charbon végétal dans l'agriculture en Suisse: Risques et opportunités pour les sols et le climat. Fiche technique; Office fédéral de l'environnement (OFEV), Office fédéral de l'agriculture (OFAG), groupe de travail de Cercle Sol : Valeur d'intervention et évaluation des risques (AGIR). Berne.

Schmidt H.-P., Kammann C., Hagemann N. et al. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy* 13 (11), 1708–1730.

Smith P. (2016). Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology* 22 (3), 1315–1324.

Bibliographie sur l'utilisation du charbon végétal dans l'alimentation animale

Hegarty R. S., Passetti R. A. C., Dittmer K. M. et al. (2021). An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC), Global Research Alliance (GRA).

Schmidt H.-P., Hagemann N., Draper K., Kammann C. (2019). The use of biochar in animal feeding. *PeerJ* 7, e7373. <https://doi.org/10.7717/peerj.7373>

Bibliographie sur l'épandage du charbon végétal sur les sols

Borchard N., Schirrmann M., Cayuela M. L., Kammann C., Wrage-Mönnig N., Estavillo J. M., Fuertes-Mendizábal T., Sigua G., Spokas K., Ippolito J. A., Novak J. (2019). Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: A meta-analysis. *Science of The Total Environment* 651, 2354–2364.

Camps Arbustain M., Saggar S., Leifeld J. (2014). Environmental benefits and risks of biochar application to soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191, 1–4.

Cayuela, M. L., van Zwieten, L., Singh, et al. 2014: Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191, 5–16.

Gao Y., Shao G., Lu J., Zhang K., Wu S., Wang Z. (2020). Effects of biochar application on crop water use efficiency depend on experimental conditions: A meta-analysis. *Field Crops Research* 249, 107763.

Hagemann N., Joseph S., Schmidt H.-P. et al. (2017). Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility. *Nature Communications* 8 (1), 1089.

Oduor Omondi M., Xia X., Nahayo A., Liu X., Khan Korai P., Pan G. (2016). Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. *Geoderma* 274, 28–34.

Rodrigues L., Budai A., Elsgaard L., Hardy B., Keel S. G., Mondini C., Plaza C., Leifeld J. (2023). The importance of biochar quality and pyrolysis yield for soil carbon sequestration in practice. *European Journal of Soil Science* 74, e13396.

Schmidt H.-P., Anca-Couce A., Hagemann N., Werner C., Gerten D., Lucht W., Kammann C. (2019). Pyrogenic carbon capture and storage. GCB Bioenergy 11, 573–591. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12553>

Impressum

Éditeur	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zurich www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Téléchargement	www.agroscope.ch/perteselementsnutritifs
Copyright	© Agroscope 2023

Exclusion de responsabilité

Agroscope décline toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre d'informations contenues ici. La jurisprudence suisse actuelle est applicable.
