



## Point de vue du CSFD

### Le biochar est-il vert ?

**Antoine Cornet et Richard Escadafal**  
**Directeurs de recherche à l'IRD, membres du CSFD**  
**14 mai 2009**

Pour nous contacter :

Comité Scientifique Français de la Désertification, CSFD

s/c Agropolis International

Avenue Agropolis – 34394 Montpellier CEDEX 5 – France

Tél. +33 (0)4 67 04 75 44 – Fax : +33 (0)4 67 04 75 99

Courriel : [csfd@agropolis.fr](mailto:csfd@agropolis.fr)

Pour en savoir plus : [www.csf-desertification.org](http://www.csf-desertification.org)

Ce document est librement téléchargeable sur le site du CSFD.

L'engouement récent de certains pour le biochar est dû au fait qu'il est présenté comme une possibilité de fixer de façon quasi-permanente du carbone atmosphérique, grâce à un processus à bilan carbone négatif. La chaîne qui permet ce résultat est basée sur la collecte de résidus végétaux non utilisés (qui seraient sinon décomposés par voie naturelle en émettant du CO<sub>2</sub>) et leur transformation en carbone 'noir' stable et divers produits gazeux. Lorsque ce carbone est ensuite enfoui dans le sol, il y est non seulement stocké de façon permanente, mais il en améliorerait aussi les propriétés agronomiques.

La production de biochar est promue comme méthode révolutionnaire de captage du CO<sub>2</sub> atmosphérique par des groupes qui y voient l'émergence d'une nouvelle activité économique. En effet, la qualité du bilan carbone dépend de l'utilisation d'installations permettant d'optimiser la pyrolyse des résidus végétaux. Les installations traditionnelles de production de charbon de bois ne maîtrisent pas le flux gazeux et ne permettent pas d'atteindre un bilan carbone négatif<sup>1</sup>. Il faut donc prévoir toute une gamme d'équipements adaptés, de l'échelle villageoise à l'installation de taille industrielle, y compris pour la collecte des intrants et la distribution du produit.

De plus, le biochar a également suscité un intérêt agronomique il y a déjà plusieurs années, en particulier en Amazonie par la découverte de la fertilité de la *Terra Prieta*, comparée à celle des sols voisins. Ces 'terres noires' sont le résultat de l'accumulation des résidus de combustion lente des déchets organiques des communautés villageoises en bord de fleuve. Les études archéologiques ont montré que dans certains cas cette accumulation a pu avoir lieu sur plusieurs millénaires, prouvant la stabilité de ce type de charbon.

---

<sup>1</sup> C'est-à-dire, le bilan net de tous les flux directs et indirects de gaz à effet de serre impliqués et exprimés en équivalents C-CO<sub>2</sub> ou en équivalents CO<sub>2</sub> en fonction de leur potentiel de réchauffement global respectif (par exemple environ 300 pour le N<sub>2</sub>O et 25 pour le CH<sub>4</sub>).

## **Le biochar, carbone stable issu de la pyrolyse**

Le terme 'biochar' est l'abréviation de '*bio-charcoal*'. Il désigne un charbon d'origine végétale obtenu par pyrolyse de biomasse végétale d'origine diverse, généralement des déchets de scierie ou des résidus agricoles<sup>2</sup>. Il se présente sous forme de petits fragments noirs, légers et extrêmement poreux. Composé en majeure partie de carbone, sa composition n'est pas exactement définie car elle va dépendre de la nature de la biomasse utilisée et du processus de pyrolyse. Il peut aussi contenir diverses molécules organiques. Cela pose un certain nombre de problèmes pour interpréter les expérimentations.

La pyrolyse est un procédé de carbonisation des matières organiques en absence d'oxygène ou sous très faible pression d'oxygène. Les produits obtenus sont d'une part un gaz combustible, d'autre part un liquide utilisable comme biocarburant et un résidu solide à forte teneur en carbone : le biochar. En modifiant les paramètres de la pyrolyse, on peut obtenir plus ou moins de tel ou tel produit.

### **Des bénéfices directs et indirects**

- La pyrolyse de résidus de biomasse, d'origine forestière ou agricole, permet de produire un biocarburant, sans concurrence avec les productions agricoles.
- Le biochar, sous-produit de la pyrolyse, serait un amendement permettant d'améliorer la fertilité et la stabilité des sols cultivés d'une part et d'autre part de stocker du carbone dans les sols à moyen et long terme.
- La biosphère, au travers de la production végétale notamment, absorbe du CO<sub>2</sub>, mais seule une petite partie est stockée de manière stable à plus ou moins long terme (sols, bois...).
- La production de biomasse pour obtention de biocarburant et stockage du carbone dans le sol par le biochar serait une production négative en carbone, c'est-à-dire absorbant plus de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en produit et permettant un stockage à long terme.

### **Résultats expérimentaux : le biochar comme amendement des sols**

Des expérimentations ont été conduites sur le terrain, sous des climats et des sols variés, en comparant la productivité de cultures sous différentes modalités d'application : témoin, biochar, biochar + engrais minéraux, etc. Si la littérature semble abondante, on s'aperçoit qu'il y a beaucoup de reprises des mêmes résultats, notamment ceux de Lehmann en 2002, et que les expérimentations ont porté surtout sur des sols acides tempérés ou des sols lessivés de zones tropicales humides. Il s'avère également que la composition du biochar utilisé n'est pas spécifiée et que les doses appliquées ne sont pas toujours fournies.

---

<sup>2</sup> Le biochar ne doit pas être confondu avec le charbon de bois produit traditionnellement. En effet, d'une part il ne s'agit pas exactement du même matériau, d'autre part la production du charbon de bois aggrave la déforestation et produit des gaz à effet de serre : CO<sub>2</sub>, méthane... Cependant dans certains articles le risque de confusion existe car la précision n'est pas apportée. D'autant qu'il existe aussi des méthodes améliorées de production de charbon de bois comme combustible domestique.

Les effets cités de l'amendement des sols par le biochar sont les suivants :

- augmentation de la croissance des plantes ; cependant il semble que dans de nombreux cas, il soit nécessaire de le coupler avec une fumure minérale ;
- restructuration du sol, améliorant ses propriétés physiques ;
- amélioration de la rétention en eau du sol ;
- augmentation du pH des sols acides ;
- aide au développement de la microflore des sols et accroissement de leur activité biologique ;
- diminution du lessivage des nutriments, notamment des nitrates ;
- diminution des émissions de N<sub>2</sub>O et de méthane dans les sols hydromorphes ;
- diminution de la toxicité aluminique dans certains sols.

### **Résultats ou hypothèses scientifiques**

Peu de choses sont connues sur les mécanismes d'action du biochar dans les sols. Il est nécessaire d'élucider les mécanismes pour prévoir l'action dans les différents milieux que constituent les sols et climats.

Différentes hypothèses sont émises mais demandent à être vérifiées :

- Le biochar serait du carbone amorphe à structure poreuse, ce qui lui conférerait des propriétés d'absorption des éléments et de rétention de l'eau. Il constituerait aussi un support favorable pour les microorganismes du sol. Au Japon, où il existait traditionnellement une incorporation de charbon dans certains sols, des études ont également montré un effet favorable sur le développement des mycorhizes.
- Le biochar provoquerait dans les sols un accroissement de la CEC (capacité d'échange cationique) mais le mécanisme n'est pas connu. Les sols de *Terra Preta* ont une CEC élevée et stable, mais rien ne prouve que l'on puisse obtenir le même résultat par adjonction de biochar dans d'autres sols.
- L'effet sur le pH des sols serait dû aux cendres contenues dans le biochar et dépendant de la nature de la biomasse traitée.
- Il est par ailleurs reconnu que la pyrolyse dégage un certain nombre de produits toxiques (composés aromatiques, par ex.) dont l'impact sur la biologie des sols est inconnu.

### **Des questions de recherche qui restent à explorer...**

Dans l'état actuel des connaissances, le biochar paraît avoir un potentiel pour stocker du carbone dans le sol à moyen et à long terme tout en ayant des propriétés d'amendement et d'amélioration de certains sols. Cet intérêt, couplé avec la possibilité de production de biocarburant et le développement du marché du carbone, ont conduit de nombreux groupes<sup>3</sup> à s'y intéresser et à le promouvoir dans les forums internationaux. Cependant avant d'encourager son utilisation, un certain nombre de questions restent posées :

- ***La stabilité de cette forme de carbone dans le sol est-elle assurée ?*** Le charbon est stable dans les sédiments et dans les sols, au moins dans certaines conditions d'humidité et d'anoxie, mais peut se dégrader plus rapidement dans d'autres environnements.

---

<sup>3</sup> Voir la liste des organisations faisant la promotion du biochar à la suite de ce texte.

- ***Les effets bénéfiques du biochar sur les propriétés de certains sols sont-ils extrapolables et persistants dans le temps ?*** La compréhension des mécanismes en jeu est nécessaire et demande beaucoup de recherches. Rien ne prouve que l'incorporation de biochar permette de reproduire les sols de types *Terra Preta*. Les mécanismes d'élaboration de ces sols ne sont pas élucidés et paraissent beaucoup plus complexes. Beaucoup d'auteurs doutent de l'intérêt de l'utilisation dans les terres sèches.
- ***Quelle quantité de biochar peut-on incorporer dans les sols pour qu'il soit efficace comme amendement et significatif en termes de stockage ?*** Le biochar est pulvérulent, de faible densité, son incorporation au sol en quantité importante et son enfouissement paraissent difficiles d'un point de vue technique.
- ***Combien de biochar peut-il être produit de manière favorable d'un point de vue économique et environnemental ?*** La production de biocarburant et de biochar, même à partir de sous-produits, peut être en concurrence avec d'autres usages : production animale, voire même avec le maintien de la matière organique et de l'humus dans les sols. Une production de biomasse dédiée à la production de biocarburant et de biochar pose des problèmes de concurrence avec d'autres productions. C'est particulièrement vrai dans les régions sèches où les résidus végétaux sont peu abondants.
- ***Quel est le bilan énergétique et carboné global de la production par pyrolyse de biocarburant et de biochar ?*** Aucune estimation chiffrée n'a été trouvée à ce sujet.

En guise de conclusion, le biochar, ne semble pas être une solution toute faite au problème de restauration de sols et de stockage de carbone. Son intérêt en termes de lutte contre la désertification dans les terres sèches n'est absolument pas prouvé. Il semble actuellement possible et intéressant d'utiliser la pyrolyse pour la production de biocarburant et de biochar pour valoriser les résidus de l'industrie forestière et amender les sols acides des zones humides.

Dans certaines situations favorables, le développement du biochar constitue un des outils de séquestration du carbone atmosphérique, mais certainement pas la panacée. En particulier, des études doivent être conduites pour connaître les mécanismes d'action du biochar dans les sols avant d'inciter à sa généralisation.

De la même façon que pour les biocarburants, l'engouement que peut créer la perspective de nouvelles activités économiques ne dispense pas d'études complètes sur l'impact global de ces nouvelles filières, tant sur les écosystèmes que sur les sociétés paysannes pour lesquelles il est annoncé une amélioration de leurs conditions.

## Pour plus d'informations

### *Références bibliographiques*

#### Document le plus récent faisant le point sur la question

Soli S., Lopez E., Krull E., Bol R., 2009. *Biochar Climate change and soils: a review to guide future research*. CSIRO Land and Water Science Report 05/09 February 2009. Téléchargeable sur le site du CSIRO : [www.csiro.au](http://www.csiro.au)

#### Pour un point de vue critique

Ernsting A., 2009. *Le charbon de bois déguisé en « biochar » encore une combine technologique*. WRM Mouvement mondial pour les forêts tropicales. Consultable en ligne sur le site de Planète Urgence : [www.infosdelaplanete.org/5082/le-charbon-de-bois-deguise-en-biochar-encore-une-combine-technologique.html](http://www.infosdelaplanete.org/5082/le-charbon-de-bois-deguise-en-biochar-encore-une-combine-technologique.html)

#### Publications dans des revues scientifiques

Ansley R.J., T.W. Boutton & J.O. Skjemstad, 2006. Soil organic carbon and black carbon storage and dynamics under different fire regimes in temperate mixed-grass savanna. *Global Biogeochem. Cycles*. 20, B3006.

Beaton J.D., Peterson H.B. & Bauer N., 1960. Some aspects of phosphate adsorption by charcoal. *Soil Science Society of America Proceedings*. 24: 340–346.

Bellamy P.H., Loveland P.J., Bradley, R.I. Lark, R.M. & Kirk G.J.D., 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature*. 437: 245-248.

Berndes G., Hoogwijk M. & van den Broeck R., 2003. The contribution of biomass in the future global energy supply: A review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy*. 25: 1–28.

Brodowski S., John B., Flessa H. & Amelung W., 2006. Aggregate-occluded black carbon in soil. *European Journal of Soil Science*. 57: 539-546.

Bruun S., Luxhoi J., 2008. Is biochar production really carbon-negative? *Environmental Science & Technology*. 42, 1388-1388.

Casselmann A., 2007. *Inspired by Ancient Amazonians, a Plan to Convert Trash into Environmental Treasure* (Scientific American May 15, 2007).

Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A. & S. Joseph, 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*. 45(8): 629–634.

- Chidumayo E.N., 1994. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. *Forest Ecology & Management*. 1994. 70(1/3): 353-357.
- Forbes M.S., Raison R.J. & Skjemstad J.O., 2006. Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of the Science of the Total Environment*. 370(1): 190-206.
- Glaser B., Lehmann J. & Zech W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal –A review. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 219–230.
- Hammond, D. S. Steege, H. t. van der Borg, K., 2007. Upland Soil Charcoal in the Wet Tropical Forests of Central Guyana. *Biotropica*. 39(2): 153-160.
- Hayes M.H.B., 2006. Biochar and biofuels for a brighter future. *Nature*. 443: 144-144.
- Kishimoto S, Sugiura G., 1985. Charcoal as a soil conditioner. *Int Achieve Future*. 5:12–23
- Ishii I, Kadoya K., 1994. Effects of Charcoal as a Soil Conditioner on Citrus Growth and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Development. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63(3): 529-535.
- Laird A.D., 2008. The Charcoal Vision: A Win–Win–Win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, while Improving Soil and Water Quality. *Agron J.* 100:178-181.
- Lal R., 2009. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, 60: 158-169.
- Lehmann J., 2007. A handful of carbon. *Nature*. 447(7141): 143-144.
- Lehmann J., da Silva Jr. J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W. & Glaser, B., 2003a. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*. 249: 343–357.
- Lehman J., Gaunt J., Rondon M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 11: 403–427.
- Lehmann J., Sohi S., 2008. Comment on “Fire-Derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus”. *Science*. 321: 1295.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersen, J., Neves, E. G. Black Carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci Soc Am*. 70(5): 1719-1730.
- Marris E., 2006. Putting the carbon back: Black is the new green. *Nature*. 442: 624-626.
- Mathews J.A., 2008. Carbon-negative biofuels. *Energy Policy*. 36: 940-945.

Mc Henry M.P., 2009. Agricultural biochar production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 129: 1-7.

Nguyen B., Lehmann J., Kinyangi J., Smernik R., Riha S., & Engelhard, M., 2009. Long-term black carbon dynamics in cultivated soil. *Biogeochemistry*. 92: 163-176.

Oguntunde P.G., M. Fosu, A.E. Ajayi & van de Giesen N., 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biology and Fertility of Soils*. 39: 295-299

Oguntunde P.G., Abiodun B.J., Ajayi & van de Giesen N., 2008. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana. *Journal of Plant nutrition and Soil Science*. 171: 591-596.

Quenea K., Derenne S., Rumpel C., Rouzaud J.N., Gustafsson O., Carcaillet C., Mariotti A., Largeau C., 2006. Black carbon quantification in forest and cultivated sandy soils (Landes de Gascogne, France). Influence of change in land-use. *Organic Geochemistry*. 37: 1185-1189.

Rondon M.A., J. Lehmann, J. Ramirez & M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils*. 43: 699-708.

Schmidt M.W.I., Noak A.G., 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implication, and current challenges. *Global Biogeochem Cycles*. 14: 777-793.

Steiner C., Teixeira W.G., Lehmann J., Nehls T., Macêdo J.L.Vd., Blum W.E.H. & Zech W., 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*. 291: 275-290.

Warnock D.D., Lehmann J., Kuyper T.W., & Rillig M.C., 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil - concepts and mechanisms. *Plant and Soil*. 300: 9-20.

Woods W.I., Falcao N.P.S., & Teixeira W.G., 2006. Biochar trials aim to enrich soil for smallholders. *Nature*. 443: 144-144.

#### Autres documents intéressants

Gaskin J.W., A Speir, L.M. Morris, L. Ogden, K. Harris, D. Lee & K.C. Das, 2007. *Potential of pyrolysis char to affect soil moisture and nutrient status of a loamy sand soil*. Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference. March 27-29, 2007. University of Georgia.

Glaser B., Lehmann J., Steiner C., Nehls T., Yousaf M., Zech W., 2002. *Potential of Pyrolyzed Organic Matter in Soil Amelioration*. In: Juren J. (ed.) Sustainable Utilization of Global Soil and Water Resources, Proc. 12th ISCO Conf., May 26-31, 2002, pp. 421-427, Beijing, China.

Lehmann J., Silva J.P. da Jr., Rondon M., Silva C.M. da, Greenwood J., Nehls T., Steiner C., Glaser B., 2002. *Slash-and-char – a feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon?* In: Soil Science: Confronting New Realities in the 21st Century. 7th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thaïlande.

Lehmann J., Joseph S., 2009a, *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Ltd, London, UK, 404p.

Lehmann J., Joseph S., 2009b. *Biochar systems*. In: Lehmann J and Joseph S (eds), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Ltd, London, UK, 404p.

Pro Natura, 2009. *Biochar*. Note consultable en ligne sur le site de la francophonie : [http://agora.qc.ca/francophonie.nsf/Documents/Charbon\\_vert--Biochar\\_par\\_Pro\\_Natura](http://agora.qc.ca/francophonie.nsf/Documents/Charbon_vert--Biochar_par_Pro_Natura)

Radlein D., Kingston A., 2007. *The potential role of Agrichar in the Commercialization of Dynamotive's Fast Pyrolysis Process Terrigal*. NSW April 27-29, 2007. Andrew, CEO. International Agrichar Initiative (IAI) 2007 Conference. [www.biochar-international.org/agendaandpresentations.html](http://www.biochar-international.org/agendaandpresentations.html)

Rondon M., Ramirez J.A. & Lehmann J. 2005. *Charcoal additions reduce net emissions of greenhouse gases to the atmosphere*, in Proceedings of the 3<sup>rd</sup> USDA Symposium on Greenhouse Gases and Carbon Sequestration, Baltimore, USA, March 21-24, 2005, p. 208.

Smernik R., 2007. *The influence of soil charcoal on the absorption of organic molecules*. International Agrichar Initiative (IAI) 2007 Conference. [www.biochar-international.org/agendaandpresentations.html](http://www.biochar-international.org/agendaandpresentations.html)

Woolf D., 2008. *Biochar as a soil amendment. A review of the environmental implications*. Université de Swansea, Pays de Galles. Document non publié.

## **Sites Internet**

### ***Institutions de recherche***

L'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Canada, les États-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni sont très actifs sur le biochar. En Grande Bretagne, un consortium de recherche sur ce thème vient d'être créé.

- Australia New Zealand biochar researchers network, ANZBRN  
[www.anzbiochar.org](http://www.anzbiochar.org)
- Commonwealth Scientific and Research Organisation, CSIRO, Australie  
[www.csiro.au](http://www.csiro.au)
- Biorefining and Carbon Cycling Program (University of Georgia, États-Unis)  
[www.biorefinery.uga.edu](http://www.biorefinery.uga.edu)



### *Organisations faisant la promotion active du biochar*

- Biochar.org  
[www.biochar.org](http://www.biochar.org)
- The International Biochar Initiative (IBI)  
[www.biochar-international.org](http://www.biochar-international.org)

### *Détracteurs*

- Biofuelwatch (Royaume Uni)  
[www.biofuelwatch.org.uk/](http://www.biofuelwatch.org.uk/)