

Le BIOCHAR et la dynamique du phosphore des sols – Une synthèse des expérimentations françaises

T.-P. NGO^{1,2}, C. MOREL³, M. BENBRAHIM⁴, P. FIOUX⁵, C. MUSTIN⁶, C. NAISSE^{4,7}

1 BIOREN, Universidad de la Frontera, Temuco (Chile), 2 Laboratoire de Sol et Environnement, Université de Lorraine, 3 ISPA INRA Bordeaux, 4 CRT RITTMO Agroenvironnement, 5 Institut de Science des Matériaux de Mulhouse, Université Haute Alsace, 6 Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, Université de Lorraine, 7 Laboratoire Réaction et Génie de Procédés, Université de Lorraine.

La matière organique joue un rôle fondamental dans les fonctions rendues par les sols, tant au niveau de la production primaire que de la régulation de la qualité de l'environnement (rétention de nutriments, de contaminants organiques et métalliques, stockage de carbone). Le rôle non négligeable des matières organiques d'origine pyrogénique (charbon) dans l'âge de la matière organique des sols, généralement plus anciennes que l'âge de la matière organique globale (Schmidt *et al.*, 2011), met en perspective que le recyclage des matières organiques par des technologies de pyrolyse permettrait l'enfouissement annuel de 1,0 à 1,8 Pg CO₂ (eq) à l'échelle mondiale (Paustian *et al.*, 2016). Néanmoins, à l'heure actuelle, peu d'études se sont intéressées à la spéciation et la biodisponibilité des nutriments constitutifs de charbons issus de pyrolyse de biomasse (biochar), et à l'impact des conditions de pyrolyses sur ces dernières. Cette présentation propose de faire la synthèse de 2 études s'intéressant à la dynamique du phosphore des biochars, et ce ; concernant tant des biochars produits au laboratoire en condition contrôlée en France et au Chili (projet Fondecyt n°3150194) que provenant de différents pilotes industriels européens (projet BioenNW).

Les propriétés physicochimiques des biochars (CEC, pH, surface) sont directement reliées aux conditions de pyrolyse et principalement dépendantes de la température (Lehmann, 2007). Ainsi, la première étude avait pour objectif de mettre en évidence l'importance des paramètres de pyrolyse dans les mécanismes de transfert du phosphore constitutif du biochar à la plante, ainsi que l'impact de l'apport de ces matériaux sur l'assimilation du pool initial de phosphore du sol par une expérience en serre utilisant un marquage ³²P. Les résultats de cette étude mettent en évidence que des biochars produits entre 500°C et 800°C à partir de miscanthus et de blé présentent des coefficients réels d'utilisation du P inférieur de 30 à 71% aux témoins TSP. L'augmentation de la température de pyrolyse de 500 à 800°C conduit à diminué de 39% la CRU. L'analyse par spectrométrie de photoélectrons induits par rayons X (XPS) de la surface des biochars a montré que l'augmentation de la température de pyrolyse aura pour effet d'inclure des éléments tel que l'azote dans des structures de carbone de plus en plus condensées (structure graphitique). Néanmoins, le biochar produit à 500°C à partir de miscanthus a permis d'augmenter significativement le prélèvement par la plante du phosphore provenant du pool initial du sol, avec une CRU de seulement 30% inférieur à celui du témoin TSP.

Les biochars provenant d'installations industrielles capables de valoriser plusieurs dizaines de kilogrammes de biomasse par heure (projet BioenNW) se distinguent principalement des biochars de laboratoire, par l'hétérogénéité des conditions de pyrolyse (hétérogénéité de température interne, évolution de la température au cours du procédé), ainsi que par la qualité et la complexité des biomasses utilisées (fiente de volaille, déchets forestiers, digestats, refus de compost). Les coefficients apparents d'utilisation (CAU) de biochars industriels ont montré que pour la majorité des biochars des valeurs proches du témoin TSP pour des biochars produits à partir de digestats (16 à 30% inférieur à TSP), mais très inférieurs pour des biochars produits à partir de résidus de bois (inférieur de 64 à 92%). Des mesures de phosphore dans la solution du sol à la fin des 2 mois de culture Ray-grass ont mis en évidence une biodisponibilité différée du phosphore pour certains de ces biochars. L'analyse infra-rouge de l'ensemble de ces biochars a révélé que pour la série produite à partir de digestats, les échantillons les plus proches d'un biochar de référence produit au laboratoire entièrement constitué de carbone aromatique condensé présentaient les CAU les plus

élevés (inférieur de 16% à TSP). Néanmoins, les biochars présentant des structures carbonées peu condensées (caractéristique de température de pyrolyse très basse et bien inférieur à 500°C) avec une importantes chimie de surface (sulfates, carbonates, hydrogénocarbonates) présentaient les CAU plus faibles (30% inférieur à TSP). Des analyses effectuées en spectroscopie Raman devraient permettre de déterminer la température réelle enregistrée par les particules de biochars à l'intérieur des pilotes industriels de pyrolyse (Deldicque et al., 2016).

Ces travaux montrent l'importance de la qualité du procédé de pyrolyse et de la qualité de la biomasse, dans la biodisponibilité du phosphore contenu dans le biochar, ainsi que dans les interactions du matériau avec son environnement dans le sol (pH, CEC, éléments de surface soluble). Ces interactions direct ou indirect peuvent modifier la biodisponibilité du pool de phosphore initial du sol (mobilité du P, adsorption sur fonction de surface du biochar, modification de l'activité microbiologique, etc..).

Références bibliographiques :

Deldicque D, Rouzaud JN, Velde B (2016) A Raman – HRTEM study of the carbonization of wood: A new Raman-based paleothermometer dedicated to archaeometry. Carbon 102, 319-329.

Lehmann J (2007) Bio-energy in the black. Front Ecol Environ 5 (7), 381-387.

Paustian K, et al (2016) Climate-smart soils, Nature 532, 49-56.

Schmidt MWI, et al (2011) Persistence of soil organic matter as an ecosystem property, Nature 478, 49-56.

Remerciements :

Le projet a été financé par le ministère de l'éducation du Chili via le programme Fondecyt, et le projet BioenNW a été soutenu par l'union européenne et l'ADEME

Thi-Phuong NGO



est ingénieur chimiste et docteur en science du sol et de l'environnement (Université Paris VI). Dans le cadre de sa thèse, elle a notamment travaillé sur la qualité d'amendements organiques (synergie compost/biochar, lombricompost) afin de restaurer la fertilité de sols dégradés par l'érosion. Actuellement porteuse d'un projet de recherche financé par Fondecyt Chili, elle s'intéresse à différentes stratégies permettant d'accroître la biodisponibilité du P de sol à forte teneurs en métaux, ainsi qu'à l'évaluation de stratégies de recyclage du P (torréfaction, pyrolyse).

ngophuongchimie@gmail.com

Christophe NAISSE



est docteur en science du sol et de l'environnement (Université Paris VI) et ingénieur de recherches dans le CRT RITTMO Agroenvironnement à Colmar. Depuis ses travaux de doctorat, il s'intéresse à la compréhension des interactions entre matières organiques issues de traitements thermochimiques (torréfaction, pyrolyse, carbonisation hydrothermale) et cycles biogéochimiques du C et des nutriments. Dans le cadre de l'initiative 4 pour 1000, il a en charge soutenir techniquement des stratégies permettant l'enrichissement des teneurs en carbone des sols, et la réduction des GES (élaboration de nouveaux fertilisants ou de pratiques).

christophe.naisse@rittmo.com