



HAL
open science

Intéractions entre biochar et métaux lourds dans les systèmes sol-plante

Frédéric Rees, Jean-Louis Morel

► **To cite this version:**

Frédéric Rees, Jean-Louis Morel. Intéractions entre biochar et métaux lourds dans les systèmes sol-plante. Séminaire de l'Ecole Doctorale RP2E Ingénierie des Ressources, Procédés, Produits et environnement, Jan 2012, Nancy, France. 2012. hal-02746162

HAL Id: hal-02746162

<https://hal.inrae.fr/hal-02746162>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

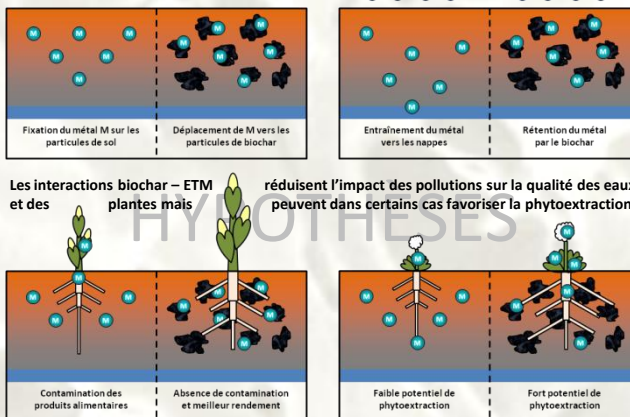
INTERACTIONS ENTRE BIOCHAR ET MÉTAUX LOURDS DANS LES SYSTÈMES SOL-PLANTE

F. REES, J.L. MOREL - Laboratoire Sols et Environnement, Université de Lorraine - INRA, BP 172, 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

INTRODUCTION

L'introduction de **biochar*** dans des sols contaminés par des **éléments traces métalliques (ETM)** pourrait représenter une technique efficace pour réduire les impacts de ces polluants, à travers notamment :

- une réduction de la mobilité des ETM vers les nappes souterraines,
- une augmentation de la production de biomasse végétale,
- une réduction ou une augmentation du transfert des ETM vers les plantes selon les conditions appliquées et les objectifs recherchés.



PROBLÉMATIQUE

Cette voie de remédiation se heurte cependant à la **complexité du système biochar-sol-plante** et soulève de nombreuses questions :

- Quels sont les **paramètres majeurs** d'influence de la mobilité des ETM dans ces systèmes et comment les contrôler ?
- Quels sont les **mécanismes principaux** de rétention des ETM par le biochar et dans quelle mesure sont-ils **réversibles** ?
- Sous quelles **conditions** les ETM peuvent-ils être **transférés à la plante** ?

*NATURE ET PROPRIÉTÉS DU BIOCHAR

- Solide carboné brut issu de la pyrolyse de biomasses (bois, déchets verts, boues, algues...)
- Surface spécifique importante et dégradabilité très faible
- Variabilité selon la biomasse et la température de pyrolyse
- Structure en feuillets proche du graphite, présence de différents groupes fonctionnels en surface → sites d'adsorption potentiels

INTERACTIONS EN SOLUTION AVEC LES ETM

- Echange cationique
- Coordination des systèmes π
- Réduction des éléments Ox.
- Complexation /précipitation de surface; co-précipitation en surface
- Complexation et précipitation en solution par des composés relargués

MODIFICATION DE L'ÉQUILIBRE DU SOL PAR LE BIOCHAR

- Augmentation du pH
- Emission de carbone dissous
- Apport de nutriments
- Modification des propriétés hydriques
- Développement de biofilms en surface du biochar

MODIFICATION DE L'ÉQUILIBRE DU SOL PAR LA PLANTE

- Modification du pH du sol
- Emission d'exsudats racinaires
- Prélèvement d'éléments
- Prélèvement d'eau par la plante
- Augmentation de l'activité biologique

BIOCHAR en solution

- Expériences d'adsorption en batch
- Etude sur colonne

BIOCHAR + SOL

- Extraction chimique sur un mélange sol contaminé/biochar
- Suivi des transferts sol-biochar en colonne

BIOCHAR + SOL + PLANTE

- Expériences de culture en vases de végétation et en rhizotrons
- Suivi de l'évolution des transferts dans le système en lysimètres

BIOCHAR seul

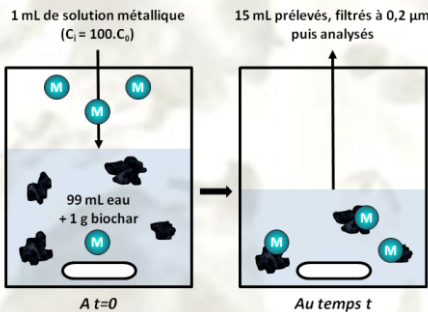
- Caractérisation chimique /de surface

GRADIENT DE COMPLEXITÉ DES SYSTÈMES D'ÉTUDE

PREMIERS RÉSULTATS : Adsorption de nickel en solution par du biochar de bois

MÉTHODE

- **Mesure** : Quantité de nickel immobilisée en fonction de la concentration initiale ou du temps, et de la taille des particules



CINÉTIQUE D'ADSORPTION

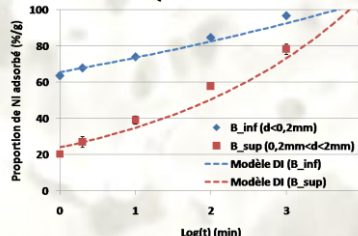


Fig. 1 : Proportion de Ni adsorbé au cours du temps (en log.) suivant 2 tailles de particules (B_{inf} et B_{sup}) et courbes simulées suivant le modèle de diffusion intraparticulaire (DI)

- Cinétique lente (l'équilibre ne semble pas atteint après 7 jours)
- La cinétique dépend de la taille des particules mais pas l'équilibre final semble être le même → Modèle de diffusion intraparticulaire¹ : $Q(t)/Q_{max} \cdot 100 = k_{id} \cdot t^2$ ($R^2 > 0,95$)
- Diminution initiale du pH puis stabilisation

⇒ Limitation cinétique par la diffusion intraparticulaire; succession de différents processus dont échange de H^+

ISOTHERME D'ADSORPTION

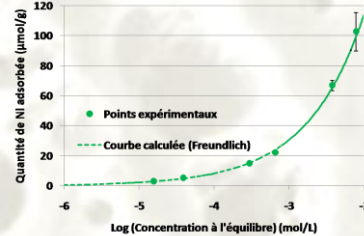


Fig. 2 : Quantité de Ni adsorbé au bout de 7j suivant 6 concentrations à l'équilibre (en log.) et courbe simulée suivant le modèle de Freundlich

- Pas de pallier à la courbe $Q_{ads} = f(C_{eq})$, modèle de Freundlich $Q_{ads} = K \cdot C_{eq}^n$ ($R^2 > 0,99$) → Adsorption multicouche
- Modèle de Dubinin-Radushkevitch ($R^2 > 0,98$) avec énergie moyenne de liaison de 9,3 kJ/mol → échange d'ions²
- Augmentation du carbone dissous, de Ca^{2+} et de K^+ en solution, pH final voisin de 7 (pas de précipitation possible)

⇒ Adsorption par échange cationique et possibilité de complexation/précipitation de surface

Photo de fond extraite de : Kammann, C. I., Linsel, S., Gößling J. W., Kayro H. W. 2011. « Influence of biochar on drought tolerance of Chenopodium quinoa Willd and on soil-plant relations ». Plant and Soil (avril).
¹ Demirbas E., Kaya M., Senturk E., Ozkan T. « Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes ». Water SA, 2004, Vol. 30, n°4, p. 533-539.
² Onyanga M. S., Kojima Y., Aoyi O., Bernardo E. C., Matsuda H. « Adsorption equilibrium modeling and solution chemistry dependence of fluoride removal from water by trivalent-cation-exchanged zeolite F-9 ». Journal of Colloid and Interface Science 2004, Vol. 279, n°2, p. 341-350.