

Optimizing phytomanagement strategies for a metal (Cd, Pb, Zn, and Cu)-contaminated soil to provide biomass for clean biofuel production – progress from pot trial

Ofori-Agyemang Felix¹, Waterlot Christophe¹, Burges Aritz¹, Mench Michel² and Oustrière Nadège¹

¹ Univ. Lille, Institut Mines-Télécom, Univ. Artois, JUNIA, ULR 4515 – LGCE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 Lille, France ;

² Univ. Bordeaux, INRAE, BIOGECO, Bat B2, allée G. St-Hilaire, F-33615 Pessac, France

felix.ofori-agyemang@junia.com,

nadege.oustriere@junia.com,

aritz.burges@junia.com,

christophe.waterlot@junia.com

Corresponding author email: michel.mench@inrae.fr; nadege.oustriere@junia.com

High-yielding lignocellulosic crops such as miscanthus and industrial hemp have the ability to grow on contaminated and/or degraded soils, making them suitable for phytomanagement. These plants are a promising alternative for the bioenergy / biofuel and ecomaterials sectors and in the meantime an opportunity for managing degraded soils. Soil amendments such as compost, biochar, inorganic materials, and chelates have been used in phytomanaged soils to decrease metal(loid) exposure via the soil solution, promote plant growth and their remediation potential, and improve the soil quality and ecosystem services. Due to the negative side effects of some organic chelates, mycorrhizal fungi and biostimulants such as protein hydrolysates and humic/fulvic acid mixtures have been used as alternative treatments for phytomanagement. In addition to facilitating the soil phytomanagement, they can improve plant growth and contribute to ameliorate soil quality.

Strategies to intensify biomass production using mycorrhizal fungi, biostimulants, and their combinations are not well documented for lignocellulosic crops grown on metal-contaminated soils. This study aimed to assess the yield of *Miscanthus x giganteus* and *Cannabis sativa* grown on a metal-contaminated agricultural soil amended with biostimulants and/or mycorrhizal fungi, and the plant Cd, Pb, Zn and Cu uptake for optimizing the operating conditions in further field trials.

The metal-contaminated soil was collected in a field close to the former Pb/Zn Metaleurop Nord smelter, Evin-Malmaison, France. The pot trial consisted in six treatments (control (C), protein hydrolysate (B1), humic/fulvic acids (B2), mycorrhizae (M), protein hydrolysate and mycorrhizae (B1xM), and humic/fulvic acids and mycorrhizae (B2xM) (12 kg soil/pot in triplicate). Metal concentrations in the soil pore water (SPW) were determined over time (17, 21, 50, 71 and 85 days) and soil pH, redox potential and electrical conductivity (EC) as well. Plant parts of *Miscanthus* and hemp were harvested at day 90. The SPW Cd, Pb and Zn concentrations in the B1 and B1xM soils were 2.0, 1.9, and 3.4 times higher respectively for *Miscanthus* and 7.8, 1.3, and 23 times higher respectively for hemp than in the unamended soil. The shoot DW yield of the B1 and B1xM *Miscanthus* plants decreased as compared to the control ones. In contrast, SPW Cd, Pb, Zn, and Cu concentrations in the B2 and B2xM soils decreased between 0.4 and 0.7 time as compared to the control soils and remained low throughout the trial. The B2xM treatment led to the highest shoot yield for *Miscanthus* and hemp. This suggests humic/fulvic acids as relevant biostimulants for the field trial.

The GOLD project – Bridging the gap between phytoremediation solutions on growing energy crops on contaminated lands and clean biofuel production is funded by the European Union Horizon 2020 Programme (<https://www.gold-h2020.eu/>). UMR BIOGECO is member of the COST Action 19116 PlantMetals (<https://plantmetals.eu/plantmetals-home.html>) and the INRAE Ecotox network <https://ecotox.hub.inrae.fr/>

References:

[1] Calvo P, L Nelson and J W Kloepper Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant and Soil* 383: 3-41 (2014).

[2] Vargas C, J Pérez-Esteban, C Escolástico, A Masaguer and A Moliner Phytoremediation of Cu and Zn by vetiver grass in mine soils amended with humic acids, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23: 13521-13530 (2016).

Optimisation des stratégies de phytomanagement pour un sol agricole contaminé par des métaux (Cd, Pb, Zn et Cu) afin de fournir de la biomasse pour produire des biocarburants propres - progrès de l'essai en pot

Ofori-Agyemang Felix¹, Waterlot Christophe¹, Burges Aritz¹, Mench Michel² et Oustrière Nadège¹

¹ Univ. Lille, Institut Mines-Télécom, Univ. Artois, JUNIA, ULR 4515 – LGCGE, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, F-59000 Lille, France ;

² Univ. Bordeaux, INRAE, BIOGECO, Bat B2, allée G. St-Hilaire, F-33615 Pessac, France

felix.ofori-agyemang@junia.com,

nadege.oustriere@junia.com,

aritz.burges@junia.com,

christophe.waterlot@junia.com

Corresponding author email: michel.mench@inrae.fr; nadege.oustriere@junia.com

Les cultures ligno-cellulosiques à haut rendement telles que le miscanthus, le sorgho et le chanvre industriel sont capables de pousser sur des sols contaminés et/ou dégradés, et donc adaptées au phytomanagement. Ces plantes sont une alternative prometteuse pour les secteurs de la bioénergie, des biocarburants et des écomatériaux et, simultanément, une opportunité pour la gestion des sols dégradés. Des amendements (e.g. compost, biochars, matériaux inorganiques et chélates) ont été utilisés dans les sols phytomanagés pour réduire l'exposition aux métaux /métalloïdes via la solution du sol, promouvoir la croissance des plantes et leur potentiel de remédiation, et améliorer la qualité du sol et les services écosystémiques. En raison des effets secondaires négatifs de certains chélates organiques, les champignons mycorrhiziens et les biostimulants tels que les hydrolysats de protéines et les mélanges d'acides humiques / fulviques ont été utilisés comme traitements alternatifs pour le phytomanagement. Ils peuvent améliorer la croissance des plantes et la qualité du sol, directement ou non.

Les stratégies visant à intensifier la production de biomasse à l'aide de champignons mycorrhiziens, de biostimulants et de leurs combinaisons ne sont pas bien documentées pour les cultures ligno-cellulosiques cultivées sur des sols contaminés par des métaux. Cette étude visait à évaluer le rendement du *Miscanthus x giganteus* et du *Cannabis sativa* cultivés sur un sol agricole contaminé par des métaux et amendé avec des biostimulants et/ou des champignons mycorrhiziens, ainsi que l'absorption de Cd, Pb, Zn et Cu par les plantes, pour optimiser les conditions d'exploitation d'essais ultérieurs sur le terrain.

Le sol a été collecté dans un champ proche de l'ancienne fonderie de Pb/Zn Metaleurop Nord, à Evin-Malmaison, France. L'essai en pot comprenait six traitements (contrôle (C), hydrolysats de protéines (B1), acides humiques/fulviques (B2), mycorrhizes (M), hydrolysats de protéines et mycorrhizes (B1xM), et acides humiques/fulviques et mycorrhizes (B2xM) (12 kg de sol/pot, 3 répliques). Les concentrations en métaux, le potentiel d'oxydoréduction et la conductivité électrique (EC) de la solution du sol (SPW) ont été déterminées après 17, 21, 50, 71 et 85 jours, de même que le pH du sol. Les parties aériennes du miscanthus et du chanvre ont été récoltées au jour 90. Les concentrations de Cd, Pb et Zn dans la solution des sols B1 et B1xM étaient respectivement 2,0, 1,9 et 3,4 fois plus élevées pour le miscanthus et 7,8, 1,3 et 23 fois plus élevées pour le chanvre que dans le sol non amendé. La biomasse (MS) des parties aériennes des miscanthus B1 et B1xM a diminué par rapport aux plantes témoins. Les concentrations de Cd, Pb, Zn et Cu dans les solutions de sol B2 et B2xM ont diminué entre 0,4 et 0,7 fois par rapport à celles du sol contrôle et sont restées faibles tout au long de l'essai. Le traitement B2xM a conduit au rendement le plus élevé pour le miscanthus et le chanvre. Il serait pertinent pour l'essai sur le terrain.

Le projet européen GOLD – Bridging the gap between phytoremediation solutions on growing energy crops on contaminated lands and clean biofuel production est financé par European Union Horizon 2020 Programme. Website: <https://www.gold-h2020.eu/>

L'UMR BIOGECO est membre de l'action COST 19116 PlantMetals (<https://plantmetals.eu/plantmetals-home.html>) et du réseau INRAE Ecotox <https://ecotox.hub.inrae.fr/>