Torréfaction et pyrolyse de peupliers utilisés en phytotechnologies : effet de la température et du contenu en chlore de la biomasse sur la distribution des métaux dans les émissions et options de valorisation

Valérie Bert, Rodolphe Gaucher

▶ **To cite this version:**

Valérie Bert, Rodolphe Gaucher. Torréfaction et pyrolyse de peupliers utilisés en phytotechnologies : effet de la température et du contenu en chlore de la biomasse sur la distribution des métaux dans les émissions et options de valorisation. Rapport Scientifique INERIS, 2017, 2016-2017, pp.40-41. ineris-01869663

HAL Id: ineris-01869663
https://ineris.hal.science/ineris-01869663

Submitted on 6 Sep 2018

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.

TORRÉFACTION ET PYROLYSE DE PEUPLIERS UTILISÉS EN PHYTOTECHNOLOGIES : EFFET DE LA TEMPÉRATURE ET DU CONTENU EN CHLORE DE LA BIOMASSE SUR LA DISTRIBUTION DES MÉTAUX DANS LES ÉMISSIONS ET OPTIONS DE VALORISATION

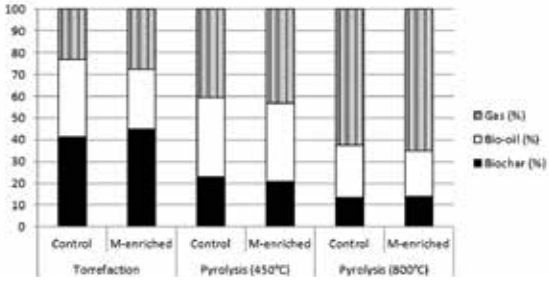
Contributeurs

Valérie BERT,

Rodolphe GAUCHER.

La directive 2009/28/CE modifiée relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables crée un cadre commun pour l'utilisation des énergies renouvelables afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de promouvoir des transports plus propres. À cette fin, la directive encourage la restauration des sols qui ont été sévèrement dégradés ou fortement pollués pour la production de biofuels et de bioliquides. Dans ce contexte, les phytotechnologies peuvent contribuer aux objectifs de la directive. En plus de contribuer à restaurer la qualité et les fonctions du sol, les phytotechnologies peuvent produire de la biomasse renouvelable (herbacée ou ligneuse) utilisable dans différentes voies de valorisation énergétique ou de la matière. En fonction de la phytotechnologie utilisée sur un site pollué, dépendant du comportement de(s) la plante(s) vis-à-vis des polluants, des paramètres physico-chimiques et des caractéristiques agronomiques des sols, la biomasse récoltée peut contenir des éléments métalliques (ETM) dont les concentrations peuvent être supérieures à celles habituellement mesurées dans une végétation similaire poussant sur des sols non pollués. Cette biomasse végétale peut intégrer, dans les conditions fixées par la réglementation, les filières de valorisation existantes à condition qu'elle ne perturbe pas le fonctionnement et la performance des procédés et que les émissions d'ETM soient maîtrisées afin de prévenir les transferts dans l'environnement. Depuis quelques années, des tests en laboratoire et en pilotes industriels sont conduits pour définir les paramètres d'entrée de telles biomasses dans les filières existantes et les éventuelles limites ou contraintes. La torréfaction et la pyrolyse sont deux procédés thermochimiques en émergence. Ces procédés ont récemment été mis en œuvre dans le cadre du projet ANR « BIOFILTREE » sur des biomasses ligneuses (peupliers) résultant des phytotechnologies à l'échelle de pilotes industriels.

Figure 1 / Rendement (%) en biochar, bio-huile et gaz des peupliers « contrôle » et enrichis en métaux après torréfaction et pyrolyse. Le gaz est calculé comme suit : 100 % - [(% bio-huile) + (% biochar)].



CONCENTRATION EN ETM ET PROPRIÉTÉS DES BOIS UTILISÉS DANS LES ESSAIS

Des essais de torréfaction (290 °C) et de pyrolyse (450 et 800 °C) ont été conduits dans un réacteur breveté avec du bois de peupliers SKADO enrichis en Cd, Pb, Cu et Zn provenant de sol pollué (Leforest, région Hauts-de-France) et témoin provenant de pépinière. Le témoin présentait, pour sa part, une concentration naturelle en chlore (Cl) supérieure à celle du peuplier enrichi.

RENDEMENT DES ÉMISSIONS (BIOCHAR, BIO-HUILE, GAZ)

Le rendement en biochar/biomasse torréfié diminue avec l'augmentation de température du fait d'un relargage plus important de matières volatiles (figure 1). L'excès de métaux, en particulier le Cd, contenu dans le peuplier enrichi n'influence pas le procédé, les rendements en biochar, bio-huile et gaz étant similaires, quel que soit le bois utilisé.

DISTRIBUTION DES ETM DANS LES ÉMISSIONS

Pour la torréfaction, les ETM, dans le cas du peuplier enrichi, se retrouvent préférentiellement dans la biomasse torréfiée puis dans la bio-huile et enfin dans les gaz, qui constituent une fraction mineure (figure 2). La distribution du Pb dans le cas du témoin diffère de la distribution des autres ETM, le Pb se trouvant préférentiellement dans la bio-huile. À 450 °C, la majorité des métaux sont récupérés dans le biochar, puis dans la bio-huile et finalement dans les gaz. À 800 °C, le Cu se retrouve majoritairement dans le biochar, confirmant son caractère faiblement

volatil. Au contraire du Cu, l'augmentation de température favorise la volatilisation du Zn, du Pb et du Cd. À 800 °C, les gaz constituent le compartiment le plus important après le biochar en termes de quantité récupérée d'ETM. Ces résultats suggèrent que le Cd, le Zn et le Pb forment des complexes volatils à des températures inférieures aux points d'ébullition de ces mêmes métaux sous forme élémentaire. La plus forte volatilisation du Zn et du Pb à 800 °C dans le cas du peuplier témoin peut s'expliquer par une concentration naturelle en Cl supérieure à celle du peuplier enrichi, le Zn et le Pb étant respectivement volatilisés sous forme de $ZnCl_2$ et de $PbCl_2$. Le Cd serait présent quant à lui sous formes élémentaire et $CdCl_2$.

OPTIONS DE VALORISATIONS DES ÉMISSIONS

La possibilité de valoriser le biochar, la biomasse torréfiée, les bio-huiles et les gaz a été étudiée au regard des réglementations et normes françaises et internationales existantes. Le Cd s'est avéré limitant pour les options de valorisation envisagées des émissions (ex : amendement organique, support de culture, pellets) dans le cas du peuplier enrichi, et dans une moindre mesure, pour le peuplier contrôle.

CONCLUSIONS

Les essais de torréfaction et de pyrolyse ont permis de mieux comprendre le comportement des ETM en fonction de la température opérée et des différents facteurs d'influence, notamment du chlore. La connaissance de la composition des biomasses est primordiale pour prédire le comportement des ETM dans les émissions des procédés. Afin de garantir l'utilisation en toute sécurité des biomasses végétales issues de sol pollué en pyrolyse et torréfaction, il est conseillé de réaliser des mesures de Cd et autres éléments métalliques dans les émissions.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée dans le cadre du programme ANR blanc international BIOFILTREE (2010-INTB-1703-03) et Phytosed 2 (ADEME, 1072C0044 et VNF, 2011/01/22).

Références

Bert, V. ; Allemon, J. ; Sajet, Ph. ; Dieu, S. ; Papin, A. ; Collet, S. ; Gaucher, R. ; Chalot, M. ; Michiels, B. ; Raventos, C. 2017. Torrefaction and pyrolysis of metal-enriched poplars from phytotechnologies : effect of temperature and biomass chlorine content on metal distribution in end-products and valorization options. *Biomass and Bioenergy*, 96: 1-11.

Bert, V. ; Douay, F. ; Faure, O. ; Cadiere, F. 2017. Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués (Nouveaux résultats de recherche et démonstration). ADEME. Ed. ADEME Collection Expertises. P68. ISBN : 979-10-297-0786-5. http://www.ineris.fr/centredoc/guidephyto2-mars2017-1496923668.pdf

ABSTRACT /

Torrefaction (290°C) and pyrolysis (450 and 800°C) trials were performed at pilot scale on metal-enriched poplars from a phytomanaged soil and poplars from uncontaminated soil. The evolution of the end-product yield, i.e. biochar, bio-oil and gas fractions, depended on temperature rather than other parameters such as the origin or metal content of the tested poplars. Torrefaction decreased the processed poplars weight, leading to metal-enriched torrefied biomass as a major end-product. At 450 and 800°C, metal behavior was governed by temperature. At 450°C, metals were recovered in biochar, then in bio-oil and finally in gases. At 800°C, similar results were obtained for Cu, confirming that Cu was not easily volatilized. On the contrary, Zn, Pb and Cd were mostly recovered in gases, which became the second metal recovery compartment.
Zn and Pb were assumed to form volatile metal chlorides, therefore increased metal volatilization from Control poplar biomass could be explained by increased chlorine content of such biomass.
According to metal concentrations, valorization options were discussed for end-products.

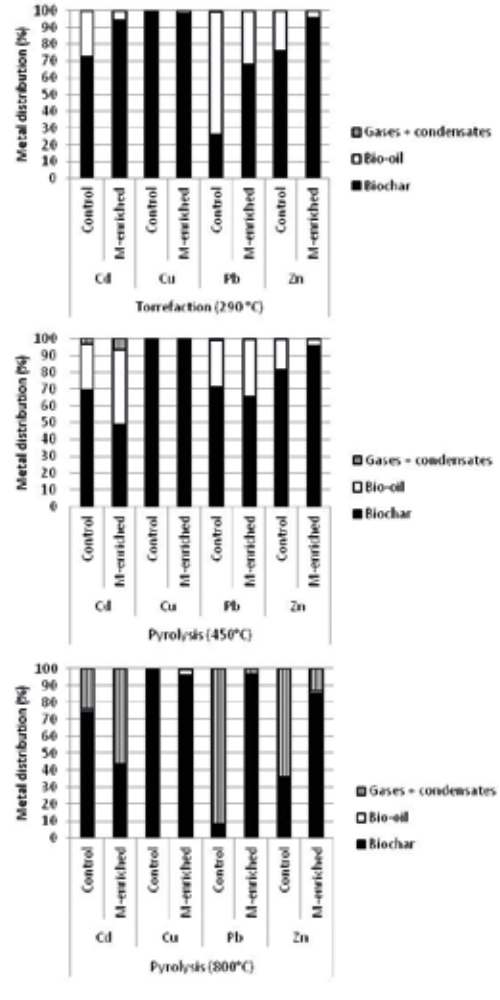


Figure 2 / Distribution des métaux dans le biochar, les bio-huiles et les gaz et condensats pour chaque procédé, exprimé en % de la quantité totale de métal récupérée.