



## Valorisation et propriétés des substances humiques des lixiviats de décharge (Valorization and properties of landfill leachates humic substances)

A. Tahiri<sup>1,2\*</sup>, J. Destain<sup>1</sup>, Ph. Thonart<sup>1</sup>, Ph. Druart<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Dept. CWBI, Gembloux, Belgique.

<sup>2</sup>Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W), Dépt. Sciences du vivant, Gembloux, Belgique.

Received 13 September, Revised 17 October 2014, Accepted 27 October 2014

\*Corresponding Author. E-mail: [tahiri@doct.ulg.ac.be](mailto:tahiri@doct.ulg.ac.be) ; Tel: (+32488148829)

### Résumé

Des expérimentations ont été menées dans notre laboratoire en utilisant des substances humiques (SH) extraites des lixiviats de Centre d'Enfouissement Technique et une formulation stable de SH « Humifirst » (12 % d'acides humiques et 3% d'acides fulviques) commercialisée par la firme TRADECORP s.a. (Espagne) sous l'appellation « Humifirst », en vue d'en étudier leurs effets sur le développement du système racinaire de vitroplants de bouleau et d'aulne. Les résultats obtenus montrent qu'un traitement à faible concentration (10 ppm) pendant la phase d'élongation des racines affecte la formation des racines latérales en présence des SH de lixiviat avec une intensité variable selon l'espèce testée tandis qu'Humifirst n'a pas d'effet significatif.

*Mots-clés* : Décharge, lixiviat, substances humiques, biostimulants.

### Abstract

Experiments have been conducted in our laboratory comparing humic substances (HS) extracted from landfill leachate to/with a stable HS formulation called "Humifirst" (12% humic acid and fulvic acid 3%) from TRADECORP company's (Spain), with the aim to study their effects on the development of the root system of birch and alder vitroplants. The results obtained show that treatment of shoots with a low concentration (10 ppm) of leachate HS during the elongation phase of rooting, affects the lateral roots formation with varying intensity depending on the species while, Humifirst has no significant effect.

*Keywords*: Landfill, leachate, humic substances, biostimulants.

### Introduction

La mise en décharge a constitué depuis longtemps la solution la plus simple pour éliminer les déchets ménagers. Elle demeure le moyen le plus économique et donc le plus utilisé pour l'élimination de ces déchets comparativement à d'autres (incinération, fermentation, pyrolyse...). Cette pratique présente des effets néfastes sur l'environnement, elle s'accompagne souvent de la production de biogaz, d'odeur et entre autre de lixiviats. Ces effluents de percolation de décharges sont chargés bactériologiquement et surtout chimiquement de substances minérales (y compris des métaux lourds) et organiques (acides gras volatils, substances humiques) qui, au-delà des sols, risquent de contaminer les eaux de surfaces et les eaux souterraines [1].

La présence de SH, difficilement biodégradables, nécessite la mise en place de technologies supplémentaires qui visent à les éliminer. Toutefois, leur utilisation en tant que biostimulants présente une potentialité intéressante, qui se situe dans un cadre de développement durable (recyclage de molécules, réduction d'engrais). Ces substances (SH) sont constituées de composés organiques, hétérogènes, aromatiques et complexes résultant de la décomposition chimique et microbiologique de la matière organique [2]. Ces complexes de substances interfèrent avec l'environnement au niveau des propriétés du sol et des microorganismes mais, surtout au niveau des végétaux.

En effet, de nombreux effets généralement bénéfiques de ces complexes hétérogènes sont rapportés depuis longtemps au niveau des plantes. Ils peuvent induire des variations morphologiques, physiologiques ou biochimiques. L'apport de ces substances aux substrats de culture améliore la vitesse de germination, la

rhizogénèse, le métabolisme auxinique, le métabolisme cellulaire, la nutrition minérale...etc [3,4]. La nature et l'intensité des réponses varient en fonction de différents paramètres parmi lesquels l'origine de ces substances, la nature des espèces végétales traitées et les conditions d'application utilisées sont les principaux à prendre en compte [5].

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Caractérisation de lixiviat

Le lixiviat utilisé dans ce travail provient du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Cours-au-Bois situé en Brabant wallon, sur la commune de Braine-le-Château (Belgique). Ce centre, exploité depuis 1979, réceptionne des déchets ménagers et assimilés, des déchets industriels non dangereux et non toxiques, déchets inertes et des extensions aux encombrants d'origine ménagère.

Les échantillons sont récoltés en janvier 2012 au niveau de la station de pompage de la cellule C3 provisoirement réhabilitée (3,6 ha). Ces lixiviats sont transportés au laboratoire et stockés à l'obscurité dans le réfrigérateur jusqu'à la réalisation des essais. Les différents paramètres physico-chimiques de lixiviat (Demande chimique en oxygène : DCO (spectrophotomètre, méthode CSB-1500), pH, conductivité, azote total,  $\text{NH}_4^+$  (méthode de Kjeldahl), les chlorures et la teneur en métaux lourds (spectrométrie d'absorption atomique) sont déterminés.

Les substances humiques (SH) sont extraites de lixiviat par la méthode acide-base en ajustant le pH à 10 avec une solution de KOH (3N) afin de solubiliser les acides humiques. Après 3h d'agitation la solution est centrifugée pendant 15 min à 10000g. Le surnageant est ensuite utilisé pour le traitement des vitro-plants. La teneur en SH est déterminée par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC).

### 2.2. Traitement des vitro-plants

Dans ce travail le bouleau (*Betula pendula* Roth) et l'aulne (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) sont choisis pour réaliser les essais en tant qu'espèces ligneuses pionnières colonisant naturellement les sols pauvres et pollués. Elles sont introduites *in vitro* suivant des méthodes appliquées communément au laboratoire aux espèces ligneuses pour l'aulne [6] et la méthode des espèces fruitières pour le bouleau [7]. Deux sources de SH ont été comparées : le premier correspondant à un produit commercial « Humifirst » (12 % d'acides humiques et 3% d'acides fulviques) de la firme TRADECORP s.a. (Espagne) et le second, est les SH extraites du lixiviat de CET Cours-au-Bois.

Les traitements des vitro-plants avec les substances humiques sont réalisés durant la phase d'élongation racinaire du processus d'enracinement *in vitro*. En effet, les pousses atteignant  $\pm 2$  cm de longueur sont d'abord transférées sur le milieu d'induction de l'enracinement NK modifié [8] durant 5 jours à l'obscurité. Elles sont ensuite transférées sur le milieu d'allongement des racines composé uniquement de nitrate de calcium ( $0.6 \text{ g.l}^{-1}$ ), de saccharose (2%) et additionné de 0 ; 10 ou 100 ppm de SH, le milieu est gélifié avec du Pastagar (0.5%). Les cultures sont alors placées en salle de culture à une température de  $22 \pm 1$  °C et une photopériode de 16h/8h. Le pourcentage d'enracinement (% ENR), le nombre de racines (NR), la densité de racines latérales (DRL) et la longueur des pousses (LP) sont déterminés après 4 semaines de culture.

Les expériences sont répétées 3 fois à raison de 10 pousses par concentration. Les résultats sont analysés par ANOVA et le test de Fisher à 5% en utilisant le logiciel Minitab (version 16).

## 3. Résultats et discussion

### 3.1 Caractéristiques physico-chimiques de SH de lixiviat

Les lixiviats de CET sont généralement chargés chimiquement de substances minérales (ions minéraux et métaux lourds) et de matières organiques facilement dégradables (sucres, acides gras volatils, protéines...) ainsi que d'une matière récalcitrante constituée essentiellement de substances humiques.

L'analyse des résultats physico-chimiques de lixiviat du CET de Cours-au-Bois (**Tableau 1**) montre des concentrations élevées en chlorures (22%MF) et en DCO (~3000mg/l). Le pH du lixiviat est de 8,8 attestant le caractère basique de la décharge.

**Tableau 1** : Caractéristiques physico-chimiques du lixiviat du centre d'enfouissement Technique de Cours-au-Bois

pH	Conductivité (ms/cm)	N (mg/g)	$\text{NH}_4^+$ (mg/g)	Cl (%MF)	DCO (mg/l)	Teneur en SH (ppm)
8,8	26	1,5	1,4	0,22	2992	694

L'analyse de la charge métallique (**Tableau 2**) montre que le lixiviat contient des métaux lourds à des concentrations inférieures à la valeur limite ou seuil d'assainissement légal (DECRET DU PARLEMENT

WALLON, 5 décembre 2008). Par ordre de concentrations décroissantes, les métaux lourds présents dans ce lixiviat sont : Cr>Cu>Zn>Ni>As>Pb>Cd>Hg.

**Tableau 2 :** Teneur en métaux lourds du lixiviat du centre d'enfouissement technique de Cours-au-Bois

Métaux lourds (mg/l)							
As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
0,05	<0,001	0,39	0,25	<0,00001	0,18	0,002	0,23

De manière générale la composition chimique d'un lixiviat reste spécifique à chaque décharge et dépendante de nombreux facteurs tels que : l'âge de la décharge, la nature des déchets enfouis, le mode d'exploitation du site de stockage et les conditions climatiques (précipitation, humidité) auxquelles le site est soumis.

### 3.2 Effets des SH sur la croissance des vitro-plants

Le développement des racines est une exigence importante pour les plantes qui doivent s'adapter et survivre dans des conditions difficiles. Les substances humiques sont connues pour influencer la différenciation cellulaire et accroître la biomasse racinaire s'accompagnant de la prolifération des poils absorbants et l'augmentation des sites d'émergence des racines latérales [9].

Les résultats destinés à comparer l'influence des substances humiques extraites des lixiviats de décharge "LSH" (issues d'une dégradation récente de matières organiques) à celle d'une formulation commercialisée sous le nom d'Humifirst "HSH" (issues de gisement de léonardite fossile) sur la croissance des vitro-plants de bouleau et d'aulne, sont présentés au **Tableau 3**.

**Tableau 3 :** Effet des SH sur la formation de racines et la croissance des pousses d'aulne et du bouleau après 4 semaines de traitements

Espèce	Concentration (ppm)	% ENR	NR	DRL	LP
Aulne	Témoin	93	2,9±0,9 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	2,2±0,1 <sup>ab</sup>
	LSH10	100	2,9±0,2 <sup>a</sup>	0,5±0,0 <sup>b</sup>	2,3±0,2 <sup>a</sup>
	LSH100	0	0,0±0,0 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>c</sup>	2,0±0,0 <sup>b</sup>
	HSH10	96	2,7±0,6 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>ab</sup>	2,3±0,1 <sup>a</sup>
	HSH100	93	2,6±0,8 <sup>a</sup>	0,5±0,1 <sup>ab</sup>	2,3±0,2 <sup>a</sup>
Bouleau	Témoin	100	5,6±0,5 <sup>a</sup>	2,1±0,2 <sup>a</sup>	2,9±0,3 <sup>c</sup>
	LSH10	100	5,8±0,8 <sup>a</sup>	1,4±0,1 <sup>c</sup>	3,4±0,3 <sup>bc</sup>
	LSH100	98	4,3±0,5 <sup>b</sup>	0,1±0,1 <sup>d</sup>	5,2±0,8 <sup>a</sup>
	HSH10	100	5,5±1,0 <sup>a</sup>	1,8±0,2 <sup>ab</sup>	3,1±0,3 <sup>bc</sup>
	HSH100	100	6,3±0,5 <sup>a</sup>	1,6±0,2 <sup>bc</sup>	3,5±0,2 <sup>b</sup>

Substances humiques de lixiviat (LSH) ; Substances humiques d'Humifirst (HSH); Pourcentage d'enracinement (%ENR), nombre de racines (NR), Densité de racines latérales (DRL) et Longueur des pousses (LP). 10=10ppm ; 100=100ppm

Les données enregistrées avec les témoins indiquent que l'ensemble des pousses induites à raciner sont capables de développer un système racinaire que la formulation commerciale HSH n'affecte pas.

Chez l'aulne, à faible concentration (10 ppm), les SH du lixiviat augmentent légèrement le pourcentage d'enracinement et n'affectent pas la croissance des pousses ; par contre, elles réduisent légèrement le développement des racines. A forte concentration (100 ppm), ces substances inhibent la formation de racines et provoquent la nécrose des pousses tandis qu'Humifirst n'a pas d'effet. Chez le bouleau, l'application des SH n'affecte pas le pourcentage d'enracinement des pousses. Les SH de lixiviat n'ont pas d'effet et semblent diminuer la formation de racines principales sans toutefois inhiber complètement leur développement à forte concentration comme chez l'aulne. LSH affecte négativement la densité de racines latérales chez les deux espèces ligneuses mais, par contre elles favorisent significativement la croissance des pousses du bouleau.

Pour les HSH, on constate que s'il n'y a aucun effet exprimé par aucune des 2 espèces au niveau du système racinaire, elles pourraient légèrement stimuler la croissance de la pousse en fonction de la concentration utilisée.

Les effets négatifs observés lors du traitement avec les substances humiques extraites de lixiviat pourraient s'expliquer par la présence d'une trop grande quantité d'ammoniaque et de chlorures qui peuvent induire un stress salin ou une toxicité pour les plantules.

### Conclusion

Des résultats obtenus on constate que les substances humiques de lixiviat affectent la densité des racines latérales et se révèlent inhibitrices de l'allongement des racines principales chez l'aulne lorsqu'elles sont utilisées à forte concentration. Par contre, le bouleau s'avère plus tolérant et présente même une stimulation de croissance des plantules à la concentration qui se révèle inhibitrice pour l'aulne. L'effet des SH dépend donc de différents paramètres tels que l'origine (lixiviat ou Humifirst) et de l'espèce étudiée.

Ces résultats confirment des observations réalisées antérieurement au laboratoire avec le pommier ; autre espèce ligneuse qui avait mis en évidence une réaction dépendante de la concentration en HSH en ce qui concerne l'inhibition de la formation de racines principales interprétée alors comme une toxicité et la stimulation des racines latérales à faible concentration.

Pour bien expliquer et mieux comprendre les effets observés, d'autres expérimentations sont menées au laboratoire à l'aide de modèles d'enracinement mieux appropriés que les plantules et en vue d'analyser le processus de la rhizogenèse et ses mécanismes d'action en ce qui concerne le développement des racines et la formation de racines latérales.

**Remerciement** - Les auteurs tiennent à remercier la société TRADECORP pour la fourniture de sa formulation "Humifirst" et le groupe Van Gansewinkel (décharge de Cour-au-Bois décharge) pour la fourniture des lixiviats pour réaliser les essais. Nous remercions également Annik Salvé et Sophie Richet pour leur assistance technique dans le laboratoire.

### Références

1. Thonart Ph., Steyer E., Drion R., Hiligsmann S., *Tribune de l'eau*, 590/591(1998) 3-12.
2. Caudron A., Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, France (2004).
3. Trevisan S., Botton A., Vaccaro S., Vezzaro A., Quaggiotti S., Nardi S., *Environ. Exp. Bot.*, 74 (2011) 45-55.
4. Muscolo A., Sidari M., Nardi S., *J. Geochem. Explor.* 129 (2013) 57-63.
5. Nardi, S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A., *Soil Biol. Biochem.*, 34(11) (2002) 1527-1536.
6. Bajji M., Druart Ph., *Acta Hort.*, 691 (2012) 123-131.
7. Druart Ph., *Methods Mol. Biol.*, 11013 (2013) 119-136.
8. Druart Ph., *Biol. Plant.* 39 (1997) 67-77.
9. Zandonadi D.B., Canellas L.P., Façanha A.R., *Planta*. 225 (2007) 1583-1595.

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>