Phytotoxicité des matériaux ligneux frais et compostés utilisés comme amendements organiques des sols

Beauchemin, S., N'dayegamiye, A. et Laverdière, M. R. 1992. **Phytotoxicité des matériaux ligneux frais et compostés utilisés comme amendements organiques des sols.** Can. J. Soil Sci. 72: 177-181. Une étude de germination avec le cresson (*Lepidium sativum* L.) a été effectuée afin de connaître les effets phytotoxiques de résidus d'émondage frais et compostés. L'essai de germination comportait des extraits à l'eau des matériaux frais et compostés, moulus ou non moulus, comparés à une solution de sol et à l'eau distillée. Le pH des extraits était très acide pour les résidus d'émondage frais et neutre pour les résidus compostés. De même, les quantités de constituants extraits à l'eau et à l'éthanol étaient beaucoup plus élevées pour le matériau frais comparativement au matériau composté. Les extraits hydrosolubles de résidus d'émondage frais ont réduit de façon significative la germination du cresson. Le broyage du matériau ligneux a accentué la phytotoxicité en libérant des quantités accrues de produits hydrosolubles tandis que le compostage des résidus d'émondage l'a considérablement diminuée.

Mots clés: Compostage, cresson, germination, matériaux ligneux, phytotoxicité, résidus d'émondage

Beauchemin, S., N'dayegamiye, A. and Laverdière, M. R. 1992. **Phytotoxicity of fresh and composted wood wastes applied as organic amendments in soil.** Can. J. Soil Sci. 72: 177-181. A germination test with cress (*Lepidium sativum* L.) was carried out to evaluate the phytotoxic effects of extracts from fresh and composted tree clippings. Water-soluble extracts from unground and ground material were compared with a soil solution and distilled water in relation to their effect on germination and plant root development. Water-soluble and ethanol-soluble extracts from fresh tree clippings were strongly acidic, but they were neutral for the composted material. Greater quantities were extracted by water and alcohol from fresh material than from composted material. Water-soluble products extracted from fresh ligneous materials decreased the rate of germination of cress very significantly compared with those obtained from composted tree clippings. Grinding the clippings further reduced the germination rate, through the apparent liberation of more phytotoxic products. Composting of tree clippings significantly decreased the phytotoxicity of the organic amendment.

Key words: Composting, cress, germination, phytotoxicity, wood residues, tree clippings

La valorisation agricole des résidus de coupe de bois comme amendement organique suscite depuis quelques années un grand intérêt (N'dayegamiye et Dubé 1986; Guay et al. 1987; Beauchemin et al. 1990). Un tel matériau ligneux peut être cependant une source de phytotoxicité inhibant la croissance des plantes. La phytotoxicité de ces résidus dépend toutefois de plusieurs paramètres différents et elle est surtout associée au matériau frais (Still et al. 1976; Cappaert et al. 1977; Bauman et Schmidt 1981). Selon ces auteurs, le compostage ou l'exposition à l'air du matériau pendant quelques mois avant son utilisation peut éliminer les dangers de phytotoxicité.

L'intensité de ce problème dépend aussi de l'espèce ligneuse, de l'âge, de la partie de l'arbre utilisée et de la date de récolte (Lemieux 1986). Les problèmes de phytotoxicité sont généralement plus fréquents à partir de résidus de conifères bien que des espèces de bois dur manifestent également une certaine toxicité envers certaines cultures. La sensibilité de la culture à la phytotoxicité est aussi fonction de l'espèce cultivée (Waddington et al. 1967). Selon plusieurs auteurs (Solbraa 1974; Still et al. 1976; Yazaki et Nichols 1978), les substances toxiques les plus fréquemment retrouvées dans la majorité des espèces d'arbres sont les tannins et les polyphénols.

Il existe jusqu'à présent très peu d'études relatives à la phytotoxicité suite à l'incorporation

Can. J. Soil Sci. 72: 177-181 (May 1992)

de matières ligneuses dans le sol. Cette étude a donc pour but: d'évaluer l'effet du compostage et du broyage du matériau d'émondage sur la quantité d'extraits hydrosolubles et leur potentiel phytotoxique sur la germination et la croissance racinaire du cresson (*Lepidium sativum* L.).

Les matériaux utilisés dans cette étude proviennent de l'émondage de plusieurs espèces d'arbres retrouvés en milieu urbain et dans les corridors électriques d'Hydro-Québec. L'érable, le bouleau, l'épinette et le pin constituent les espèces dominantes. Le matériau humifié provient de la décomposition de ces résidus, récoltés dans les mêmes sites et compostés en tas pendant une année à l'extérieur. La caractérisation physique et chimique de ce matériau a été présentée antérieurement (Beauchemin et al. 1990).

Afin de connaître la quantité de constituants hydrosolubles et hydrophiles des résidus d'émondage (Sjöstrom 1981), quatre échantillons différents, séchés à l'air, ont été étudiés: matériau frais moulu (Am) et non-moulu (Anm), matériau composté moulu (Bm) et non-moulu (Bnm). Pour la mesure de la fraction hydrosoluble, le matériau et le solvant (10 g de matériau séché à l'air dans 100 mL d'eau) ont été agités à la température ambiante pendant 15 h à l'obscurité. Ce mélange a été filtré sous vide sur papier Whatman no. 1. Le filtrat a été bouilli jusqu'à l'évaporation de l'eau et le résidu a été séché à l'étuve à 105°C et ramené en terme de poids sec à 105°C. Pour la détermination de la fraction hydrophile, une première extraction à l'eau a été effectuée; les résidus d'émondage débarrassés de leurs constituants hydrosolubles ont été récupérés pour une seconde extraction à l'éthanol 95%. Le poids de matière adhérent au filtre a été noté pour permettre la correction nécessaire sur le rendement en constituants solubles à l'alcool.

Le test de germination a été réalisé sur des graines de cresson (var. Fontaine améliorée) selon la méthode développée par Zucconi et al. (1981), le cresson étant utilisé comme plante indicatrice à cause de sa germination rapide. Les fractions hydrosolubles extraites ont été stérilisées à l'autoclave durant 20 min

à 121°C. Les graines ont été stérilisées par trempage dans une solution de 2% d'hypochlorite de sodium pendant 5 à 7 min, suivi de trois rinçages à l'eau distillée stérilisée. Une préincubation de 20 h à 22°C en milieu humide a précédé le test de germination (Zucconi et al. 1981; Jorba et Trillas 1984).

Le test de germination consistait en six traitements (Tableau 2) répartis de façon complètement aléatoire, avec 10 répétitions par traitement et six graines par boîte de Pétri. Une quantité de 2,5 mL d'extrait hydrosoluble a servi à humidifier le milieu de germination qui consistait en une boîte de Pétri contenant quatre papiers Whatman no. 1. Les boîtes ont été placées à $26 \pm 1^\circ\text{C}$ à l'obscurité dans un cabinet de croissance à une humidité constante. L'expérience s'est poursuivie pendant 7 jours. Une première lecture du pourcentage de germination a été faite à 96 h, une deuxième à 144 h, puis une dernière à 184 h. Lors de cette dernière lecture, la longueur des racines a aussi été mesurée. Le pourcentage de germination a été déterminé pour les graines dans chaque boîte de Pétri; la longueur moyenne des racines a été obtenue pour l'ensemble des graines, la valeur "0" étant attribuée aux graines non germées.

Le pourcentage de germination et la longueur moyenne des racines ont été soumis à une analyse de variance. Un test de comparaisons multiples (Waller-Duncan) entre les traitements a complété l'analyse statistique. L'homogénéité des variances a été vérifiée par les tests de Burr Foster. Afin de respecter l'homogénéité des variances, certaines données ont été transformées:

- (1) $\arcsin [p/100^{1/2}]$ pour le pourcentage de germination après 96 et 144 h, respectivement.
- (2) $(x + 0.5)^{1/2}$ pour la longueur moyenne des racines.

Les extraits des résidus d'émondage frais présentaient un pH acide, tandis que ceux obtenus des résidus compostés avaient un pH neutre (Tableau 1). La salinité était identique pour les deux types de matériaux. Les quantités de constituants hydrosolubles et hydrophiles étaient beaucoup plus élevées pour les

résidus d'émondage frais comparativement aux résidus compostés, ce qui montre que les résidus d'émondage appliqués frais au sol peuvent présenter un risque accru de phytotoxicité. Le broyage des matériaux frais et compostés a augmenté les quantités de ces constituants hydrosolubles et hydrophiles (Tableau 1).

Les premières mesures de germination effectuées après 96 h (Tableau 2) montrent que les extraits de résidus d'émondage frais non moulus (Anm) et moulus (Am) ainsi que ceux des résidus compostés moulus (Bm) réduisent de façon significative la germination.

Ceci confirme le niveau plus élevé de phytotoxicité des résidus d'émondage frais par rapport au matériau composté. De plus, le fait de mouliner ces résidus accentue le phénomène de phytotoxicité confirmant les résultats obtenus par Stamm et Harris (1953). L'effet phytotoxique de l'extrait de résidus d'émondage compostés et moulus sur la germination du cresson est cependant d'assez courte durée. En effet, à 144 h, le pourcentage de germination ne différait plus de façon significative de celui du témoin sol, quoiqu'un écart significatif persistait avec le témoin eau. Cette dernière différence s'estompait lors de la

Tableau 1. Quelques caractéristiques chimiques et teneurs en constituants des extraits de résidus d'émondage utilisés lors de la germination du cresson

Traitements	Abréviation	pH	Conductivité électrique (ds m ⁻¹)	Constituants hydrosolubles Eau ^{z,y} (%)	Constituants hydrophiles Ethanol ^z (%)	Total (%)
Extrait de résidus d'émondage frais moulus	Am	4,6	0,8	2,6	2,7	5,3
Extrait de résidus d'émondage frais non moulus	Anm	4,5	0,7	1,6	1,9	3,5
Extrait de résidus d'émondage humifiés moulus	Bm	6,5	0,7	0,6	1,0	1,6
Extrait de résidus d'émondage humifiés non moulus	Bnm	7,2	0,7	0,8	0,6	1,4
Extrait hydrosoluble de sol	Sol	5,1	0,3	-	-	-
Eau distillée	Eau	5,5	0,1	-	-	-

^z Solution extractive.

^y % poids sec à 105°C.

Tableau 2. Effets des extraits hydrosolubles de résidus d'émondage frais et humifiés sur le pourcentage de germination et la longueur moyenne des radicules de cresson

Traitements	Germination			Longueur des radicules après 184 h (mm)
	96 h	144 h (%)	184 h	
Am	0b	0c	0b	0,0c
Anm	0b	0c	3b	0,1b
Bm	8b	12b	23a	0,9b
Bnm	20a	20ab	32a	1,3ab
Sol	20a	20ab	32a	1,1b
Eau	30a	32a	35a	1,9a

a-c Les valeurs affectées d'une même lettre ne diffèrent pas de façon significative selon le test de Waller-Duncan.

troisième lecture à 184 h et l'inhibition de la germination ne demeurait que pour le matériau ligneux frais.

L'action inhibitrice des résidus d'émondage frais ne peut être attribuée à la conductivité électrique de la solution (Tableau 1); l'effet de la salinité sur la germination du cresson étant négligeable lorsque la conductivité électrique est inférieure à $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Patrick et al. 1963). Le niveau d'acidité, souvent considéré comme une cause d'inhibition de la germination dans le cas de matériaux ligneux frais, ne semble pas non plus être en cause dans cette étude. Les pH des solutions de résidus ligneux sont en effet voisins de celui de la solution du sol qui n'a pas inhibé la germination. De plus, l'action inhibitrice de la solution Bm ayant une valeur de pH près de la neutralité supporte davantage l'hypothèse de l'existence de substances toxiques dans les résidus d'émondage. La phytotoxicité plus marquée observée avec le matériau frais, peut également être reliée au contenu plus élevé en constituants hydrosolubles, comparativement au matériau composté (Tableau 1). Ces constituants comprennent entre autres, les polyphénols qui peuvent accroître l'acidité et la toxicité de la solution (Still et al. 1976).

Le fait de mouler le matériau composté favorise également la libération en solution de composés insolubles à l'eau mais solubles dans l'éthanol. Cependant, la concentration de ces produits dans l'extrait Bm reste très faible puisque la germination des graines traitées avec l'extrait Bm est seulement retardée et que la croissance racinaire n'est que temporairement perturbée. Ces résultats confirment les observations de Cappaert et al. (1977) et Bauman et Schmidt (1981) selon lesquelles le compostage de quelques mois des matériaux organiques peut en diminuer la phytotoxicité.

Par ailleurs, la croissance de racicules de cresson était fortement inhibée par les extraits du matériau frais (Tableau 2). L'indice de germination obtenu en multipliant le taux de germination par la croissance racinaire (croissance racinaire en % du témoin eau) a aussi mis davantage en évidence l'effet dépressif

global de l'extrait hydrosoluble des résidus d'émondage frais (Anm, Am).

Même si la nature des toxines n'a pas été étudiée, on sait cependant que les produits responsables de l'inhibition font partie de la fraction extractible à l'eau ou par des solvants organiques (éthanol) à la température ambiante. Cette fraction est constituée de substances phénoliques, de protéines, de vitamines, d'acides aminés et de polyphénols, incluant aussi quelques tannins dont la plupart sont peu solubles dans l'eau à la température de la pièce (Sjöstrom 1981). Comme les résidus d'émondage proviennent d'un mélange hétérogène de plusieurs essences d'arbres, l'inhibition peut donc être causée par plusieurs composés.

Cette étude a montré que les résidus d'émondage frais inhibent de façon significative la germination et la croissance du cresson. Leur compostage avant l'incorporation au sol demeure un bon moyen de réduire le risque de phytotoxicité.

Baumann, E. et Schmidt, R. 1981. Use of beech bark as an organic manure in vegetables under glass and plastic. *Hortic. Abstr.* 52, 1982. no. 869. *Archiv für Gartenbau* (1981) 29: 15-26.

Beauchemin, S., N'dayegamiye, A. et Laverdière, M. R. 1990. Effets d'apports d'amendements ligneux frais et humifiés sur la production de pomme de terre et sur la disponibilité de l'azote en sol sableux. *Can. J. Soil Sci.* 70: 555-564.

Cappaert, I. M. J., Verdonck, O. et de Boodt, M. 1977. Degradation of bark and its value as a soil conditioner. Pages 1123-1129 dans *Soil organic matter studies*, 211/61, Vol. 1. International Atomic Energy Agency Symposium, Vienna.

Guay, E., Lachance, L., Lapointe, A. et Lemieux, G. 1987. Dix ans de travaux sur le cyclage biologique du bois raméal. L'expérimentation agricole et forestière. Recherche forestière, Ministère Énergie et Ressources, Québec, PQ. 5 p.

Jorba, J. et Trillas, M. T. 1984. Rapid bioassay to control maturity in pine bark compost. *Acta Hortic.* 150: 67-69.

Lemieux, G. 1986. Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol. Direction de la sylviculture, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, PQ. 20 p.

N'dayegamiye, A. et Dubé, A. 1986. L'effet de l'incorporation de matières ligneuses sur l'évolution

- des propriétés chimiques du sol et sur la croissance des plantes. *Can. J. Soil Sci.* **66**: 623–631.
- Patrick, Z. A., Toussoun, T. A. et Snyder, C. W. 1963.** Phytotoxic substances in arable soils associated with decomposition of plant residues. *Phytopathology* **53**: 152–161.
- Sjöström, E. 1981.** Wood chemistry. Fundamentals and applications. Academic Press, New York, NY. 223 p.
- Solbraa, K. 1974.** Effect of compounds in bark on plant growth. Proceedings Symposium West-European Working Group on the Standardisation of Bark Compost in Horticulture, Ghent, 10–14 June. pp. 53–64.
- Stamm, A. J. et Harris, E. E. 1953.** Chemical processing of wood. Chemical Pub. Co., New York, NY. 595 p.
- Still, S. M., Dirr, M. A. et Gartner, J. B. 1976.** Phytotoxic effects of several bark extracts on mung bean and cucumber growth. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **101**: 34–37.
- Waddington, D. V., Lincoln, W. C. et Troll, J. 1967.** Effect of sawdust on the germination and seedling growth of several turfgrasses. *Agron. J.* **59**: 137–139.
- Yazaki, Y. et Nichols, D. 1978.** Phytotoxic components of *Pinus radiata* bark. *Aust. For. Res.* **8**: 185–198.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. et de Bertoldi, M. 1981.** Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle* **22**: 54–57.

Suzanne Beauchemin¹, Adrien N'dayegamiye², et Marc R. Laverdière¹

¹*Faculté d'Agriculture, Département des sols, Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4; et* ²*Service de Recherches en Sols, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Complexe Scientifique, 2700 Einstein, Sainte-Foy, Québec, Canada G1P 3W8. Reçu le 21 août 1990, accepté le 8 novembre 1991.*