

L'EFFET DE L'INCORPORATION DE MATIERES LIGNEUSES SUR L'EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMIQUES DU SOL ET SUR LA CROISSANCE DES PLANTES

ADRIEN NDAYEGAMIYE et ARMAND DUBÉ

Service de recherches en sols, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Québec, 2700 Einstein, Sainte-Foy, Québec G1P 3W8. Reçu le 20 janvier 1986, accepté le 22 mai 1986.

NDAYEGAMIYE, 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.

Une application de copeaux de bois et de lisier a été effectuée tous les deux ans depuis 1982 pour étudier l'effet des résidus ligneux sur la croissance de céréales et de foin et sur l'évolution de quelques caractéristiques chimiques du sol. L'apport de copeaux a occasionné une forte immobilisation d'azote dans le sol. Les rendements des plantes et leurs prélèvements en azote ont été par conséquent très faibles dans ces traitements en 1982, mais significativement plus élevés durant les années suivantes (1983-1985), plus particulièrement dans les traitements de copeaux avec lisier. On a constaté que l'immobilisation d'azote devient de moins en moins intense lors de la deuxième incorporation de copeaux. Les plantes ont pu en ce cas bénéficier de la reminéralisation de l'azote. Les résultats d'analyses ont cependant démontré une augmentation des rapports C/N du sol suite à l'incorporation des résidus ligneux, ces rapports varient de 19 à 21 pour le témoin et les traitements de copeaux respectivement. Après 4 ans, le contenu en matière organique du sol, mesuré sur la fraction <2 mm, a augmenté de façon relativement faible avec les traitements, quoique significative à $P = 0,05$ surtout avec les copeaux et lisier ensemble. On n'observe par ailleurs aucune modification significative de la capacité d'échange cationique du sol. A court terme, les copeaux seuls se décomposent très lentement dans le sol et le risque d'immobilisation d'azote persiste. L'apport simultané de lisier avec les copeaux a toutefois favorisé leur décomposition et humification optimale, caractérisée par des rapports E_4/E_6 plus bas (5,4 à 5,0) comparativement aux valeurs $E_4/E_6 > 6$ dans les sols témoins et dans les traitements avec copeaux seuls. L'application de copeaux de bois avec le lisier comme source d'azote peut donc améliorer à long terme la productivité du sol.

Mots clés: Matières ligneuses, matière organique, décomposition, humification, immobilisation, CEC

[Effects of bark application on yields and on soil chemical characteristics.]

Short title: Bark decomposition in soil.

Bark and pig manure were incorporated in soil every 2 yr from 1982 to study their effects on cereal and forage yields and on soil chemical properties. Bark incorporation induced an intense nitrogen immobilization in soil. Consequently yields and nitrogen uptakes by plants were very low in 1982 on bark treatments, but significantly higher in the following years (1983-1985), more especially when bark and pig manure were applied together. Nitrogen immobilization was less intense at the second bark application. Plants may therefore absorb the remineralized soil nitrogen from the early fixed nitrogen during the initial bark decomposition. Soil analysis showed an increase of C:N ratios mainly in bark-amended soils. These C:N ratios ranged from 19 to 21 for control and bark treatments, respectively. In the course

Can. J. Soil Sci. **66**: 623-631 (Nov. 1986)

of 4 yr, the organic matter content on the <2 mm fraction increased very slowly, although significantly at $P = 0.05$ where bark and pig manure were applied together. However, no cation exchange capacity change in soil has yet been observed. In the short term, bark alone decomposed very slowly in soil, and nitrogen immobilization effects still persist. Pig manure applied with bark increased its decomposition and humification, characterized by low optical ratios ($E_4:E_6$) of 5.4 to 5.0 compared to control and bark treatments with $E_4:E_6 > 6$. Bark application to soil, together with pig manure as nitrogen source, may improve long-term soil productivity.

Key words: Bark, organic matter, decomposition, humification, immobilization, CEC

Pour maintenir le niveau optimal d'humus dans les sols et plus particulièrement dans les régions intensives, il devient nécessaire de faire des apports fréquents de matières organiques fraîches. Il est possible d'améliorer à court terme la productivité des sols grâce à un apport de matières organiques facilement biodégradables (engrais verts), mais leur action reste cependant très passagère (Swaby 1968). Ces amendements organiques se décomposent en effet très rapidement dans le sol et laissent par conséquent peu de substances humiques dans le sol (Russel 1968; Swaby 1968; Gros 1976). Les amendements organiques riches en cellulose et en lignine sont par contre plus résistants à l'attaque microbienne. Flaig (1978) présume que la lignine constitue l'une des matières les plus importantes à l'origine de la formation des substances humiques. La lignine a en effet la propriété de se décomposer lentement dans le sol. Ses produits de transformation réagissent avec les produits de décomposition des protéines pour former les substances humiques. Des applications au sol de matières organiques riches en cellulose et lignine peuvent ainsi permettre de maintenir ou de relever le niveau d'humus (Swaby 1968; Allison 1973; Flaig 1978).

L'incorporation dans les sols de paille, de résidus ligneux (copeaux et sciure de bois), de tourbe et de déchets urbains est envisagée de plus en plus comme alternative dans les régions où les quantités de fumiers ne sont pas suffisantes pour couvrir les besoins agricoles (Muller et Brun 1975; Sinha et al. 1977; Kanamori et Yasuda

1979; Cochrane 1980). Malgré cela, leur utilisation en agriculture comme amendement organique reste encore marginale et les résultats de recherche présentent encore certaines controverses. Ces matières organiques, riches en cellulose et en lignine, ont en plus un rapport C/N élevé. Elles peuvent ainsi causer un effet dépressif sur la germination, le taux de survivance et la croissance des plantes à cause de l'immobilisation de l'azote et des phytotoxines libérées au cours de leur phase de décomposition (Bartholomew 1965; Kimber 1973a,b; Cappaert et al. 1977; Zucconi et al. 1981, 1984; de Bertoldi et al. 1984; Olayinka et Adebango 1985).

Les résidus de la coupe de bois représentent au Québec une grande source d'amendements organiques évalués annuellement à un million de tonnes de résidus sous forme de branches et de feuilles (Grégoire 1976). Les branches et l'écorce ont toutefois un rapport C/N très élevé, de l'ordre de 280 même si celui des feuilles est plus faible (Allison 1973). On dispose de très peu de résultats sur leur vitesse de décomposition et d'humification dans les sols. Comme ce matériel est généralement constitué de matières ligneuses riches en carbone, il est nécessaire de prévenir le risque d'immobilisation de l'azote du sol au détriment des plantes par un apport supplémentaire d'engrais azoté (Bartholomew 1965; Cappaert et al. 1977; Kanamori et Yasuda 1979). Le lisier de porc pourrait également servir à cet effet étant donné qu'il renferme une bonne proportion d'azote facilement assimilable.

Cette étude cherche à analyser l'effet

d'apport du lisier sur la décomposition et l'humification des copeaux. Elle consiste également à évaluer l'action des copeaux sur la croissance des plantes et sur l'évolution des caractéristiques chimiques du sol.

MATERIEL ET METHODES

Au cours de cette expérience, des copeaux de bois seuls ou avec des apports de lisier de porc ont été incorporés tous les 2 ans dans le sol. Les copeaux constituent en général un ensemble de beaucoup d'essences. Les principales espèces prédominantes dans le matériel utilisé pour cette étude étaient l'érable, le bouleau et le frêne. Dans l'échantillonnage analysé, les coupes de bois dur représentaient environ 30%, les branches et les brindilles 57% et les feuilles 13% de la masse totale. Chaque tonne de copeaux à l'état humide renfermait 4,8 kg d'azote, 0,05 kg de P et 0,97 kg de K. L'expérience est située sur le loam graveleux Fourchette, phase mince, de la Ferme expérimentale St-Lambert de Lévis. Cette série appartient au sousgroupe génétique des podzols à gley acides, avec un pH de 4,9. Le sol est pauvre en éléments nutritifs et sa teneur en matière organique s'établit en moyenne à 4,6%. Sa mise en culture a impliqué d'abord des travaux de drainage et un chaulage.

Le dispositif expérimental comprend huit (8) traitements, en trois (3) répétitions, distribués au hasard. Les traitements consistent en l'apport de trois doses de copeaux seuls (25, 50 et 100 t ha⁻¹) avec respectivement trois doses de lisier de porc (25, 50 et 100 m³ ha⁻¹). A ces six traitements s'ajoutent un témoin sans fumure azotée et un apport au sol de 50 m³ ha⁻¹ de lisier seul. L'azote ammoniacal contenu dans le lisier représentait pour chacune des trois doses de lisier appliquées, 50, 100 et 200 kg N-NH₄ ha⁻¹, respectivement. La teneur en P et K du lisier utilisé était de 15, 30, 60 kg P ha⁻¹ et de 34, 68 et 136 kg K ha⁻¹, respectivement, pour les trois doses de lisier. Les éléments phosphore, potassium et magnésium ont été apportés aux parcelles témoins et à celles des copeaux sans lisier à des doses respectives de 80, 100 et 35 kg ha⁻¹. Pour les traitements de copeaux avec lisier et de lisier seul, des quantités d'engrais phosphatés, potassiques et magnésiques ont été calculées et ajustées au niveau des autres parcelles en P, K et Mg.

L'apport de copeaux et de lisier a été répété aux mêmes doses, après deux années d'essais.

Les copeaux ont été incorporés superficiellement à la herse car l'activité microbienne est beaucoup plus intense dans la première couche du sol (Mishustin 1972; Couture 1980). Les plantes cultivées en rotation céréale-foin représentent un assolement de plus en plus répandu dans l'Est du Québec, suite au programme d'auto-suffisance céréalière.

Des échantillons de sol ont été prélevés à chaque automne pour suivre l'évolution des principales caractéristiques du sol. La matière organique du sol ($C \times 1,72$) a été déterminée par voie d'oxydation humide selon la méthode Walkley-Black (Allison 1973). La caractérisation de la matière organique a été faite par l'extraction alcaline avec 0,05 N NaHCO₃ et spectrométrie à 465 nm et 665 nm (Kononova 1966; Schnitzer 1982). Selon Kononova (1966), Schnitzer et Khan (1972), Stevenson (1982), le rapport (E_4/E_6) calculé indique la nature et l'évolution de la matière organique et constitue également un indice d'humification de matières organiques dans le sol. La capacité d'échange cationique a été faite avec l'acétate d'ammonium à pH 7,0 (McKeague 1978) tandis que l'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldahl. Les résultats d'expérience obtenus ont été traités selon l'analyse de variance et les moyennes ont été comparées par le test Duncan.

RESULTATS ET DISCUSSION

Evolution des caractéristiques chimiques du sol

Les analyses du sol ont porté sur l'azote total, le rapport C/N, la matière organique et son rapport E_4/E_6 ainsi que la capacité d'échange cationique. Les résultats obtenus sont indiqués dans les tableaux 1 et 2.

Les analyses effectuées à la fin de la saison 1982 montrent que les contenus d'azote total dans le sol restent au même niveau que le témoin dans tous les traitements avec copeaux. L'apport de lisier aux copeaux en fous n'a pas réussi à remonter le niveau d'azote total du sol pendant la première année d'incorporation. Ceci dénote un faible taux de décomposition des matières ligneuses après une année. Il existe également une forte immobilisation de l'azote du lisier par les microorganismes qui décomposent ces matières ligneuses. En 1984 et

Tableau 1. Effet de l'application de matières ligneuses sur le contenu en azote et le rapport C/N du sol

Traitements	N (%)			C/N		
	1982	1984	1985	1982	1984	1985
1. Témoin	0.14a	0.14b	0.12b	18b	19ab	17b
2. Copeaux (25 t ha ⁻¹)	0.15a	0.13b	0.13b	19ab	17b	19ab
3. Copeaux (50 t ha ⁻¹)	0.14a	0.16ab	0.15ab	20a	21a	21a
4. Copeaux (100 t ha ⁻¹)	0.14a	0.16ab	0.16ab	20a	21a	21a
5. Copeaux (25 t ha ⁻¹) + Lisier (25 m ³ ha ⁻¹)	0.15a	0.16ab	0.14ab	18b	19ab	20a
6. Copeaux (50 t ha ⁻¹) + Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	0.15a	0.17ab	0.15ab	18b	18b	21a
7. Copeaux (100 t ha ⁻¹) + Lisier (100 m ³ ha ⁻¹)	0.14a	0.15ab	0.18a	20a	20a	20a
8. Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	0.16a	0.14b	0.13b	17b	16b	17b
F (traitements)	NS	NS	NS	6,82**	16,44**	20,6**

a, b Deux moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes à $P=0.05$ selon le test de Duncan.

**Significatif à $P=0.05$; NS, non significatif à $P=0.05$.

Tableau 2. Evolution de la matière organique et de la capacité d'échange cationique du sol

Traitements	MO (%)			E4/E6 1985	CEC (meq 100 g) 1985
	1982	1984	1985		
1. Témoin	4.5a	4.8b	3.6d	7.0a	8.5a
2. Copeaux (25 t ha ⁻¹)	4.9a	6.0a	4.3cd	6.9a	9.3a
3. Copeaux (50 t ha ⁻¹)	4.7a	5.8a	5.4ab	7.0a	10.2a
4. Copeaux (100 t ha ⁻¹)	4.9a	6.1a	6.0ab	6.7a	9.5a
5. Copeaux (25 t ha ⁻¹) + Lisier (25 m ³ ha ⁻¹)	4.7a	5.3a	4.9bc	5.4b	9.6a
6. Copeaux (50 t ha ⁻¹) + Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	4.6a	5.3a	5.5ab	5.0c	9.2a
7. Copeaux (100 t ha ⁻¹) + Lisier (100 m ³ ha ⁻¹)	4.9a	5.1a	6.6a	5.1bc	9.4a
8. Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	4.6a	4.9b	3.9d	6.8a	8.4a
F (traitements)	NS	8.35**	9.3**	80.06**	NS

a-d Deux moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents à $P=0.05$ selon le test de Duncan.

**Significatif à $P=0.005$.

1985, on remarque toutefois une légère augmentation d'azote total dans le sol surtout dans les traitements 3, 4, 6 et 7. Le contenu en azote total a en effet augmenté de 13,5% avec les copeaux seuls et de 29% dans les parcelles de copeaux et lisier ensemble. Par ailleurs, les taux d'azote total ont diminué de 15% chez le témoin et de 19% dans les parcelles avec lisier seul. L'apport de lisier seul n'a pas permis une accumulation d'azote dans le sol.

Après 4 ans d'expérimentation comportant deux incorporations de copeaux, les valeurs du rapport C/N ont augmenté dans tous les traitements avec les copeaux (C/N

= 20–21) face au témoin et au lisier seul (C/N = 17). Le rapport C/N du sol a tendance à s'élargir avec les apports de copeaux et même l'incorporation de lisier ne semble pas le modifier sensiblement. La moyenne des rapports C/N sur les parcelles expérimentales s'élève à 19,5 alors que les sols biologiquement actifs présentent en général des rapports C/N inférieurs à 12 (Dommergues et Mangenot 1970). Il ressort que la matière organique de ce sol est encore peu décomposée et peu humifiée. Les matières ligneuses récemment incorporées dans le sol se sont décomposées très lentement, maintenant les rapports C/N du

sol à des niveaux élevés. Ces résultats démontrent que le risque d'immobilisation d'azote persiste même après quelques années d'incorporation des matières ligneuses dans le sol.

Un des principaux buts de l'incorporation des résidus ligneux dans le sol est essentiellement d'augmenter le taux de matière organique du sol. Après 4 ans, les niveaux de matière organique oxydable sur la fraction <2 mm ont remonté de façon relativement faible quoique significative dans tous les traitements avec copeaux et lisier. Face au taux initial de 4,6%, on observe en 1985 une augmentation de 17 à 36% dans les traitements avec copeaux et lisier, mais une baisse de 22 à 16% dans les parcelles témoins et celles fertilisées au lisier seul respectivement. La hausse de matière organique dans les traitements avec copeaux et lisier ensemble n'est toutefois pas proportionnelle aux différentes doses de copeaux et le faible degré de leur décomposition explique ce phénomène. Les petites doses de copeaux (25 et 50 t ha⁻¹) semblent suffisantes pour maintenir le niveau de la matière organique du sol. Les doses élevées de copeaux (100 t ha⁻¹) peuvent cependant apporter un avantage significatif face aux autres doses, surtout dans les sols très pauvres en matière organique. Un apport d'azote est cependant nécessaire en tous les cas pour éviter l'effet d'immobilisation de cet élément dans le sol.

Pour caractériser qualitativement la matière organique, la technique d'absorbance a été utilisée. Kononova (1966), Schnitzer et Khan (1972) et Stevenson (1982) ont démontré que le rapport d'absorbance ou d'extinction des acides humiques obtenu entre 465 nm et 665 nm est en relation directe avec l'augmentation du poids moléculaire des acides humiques, avec leur contenu en carbone organique et avec leur degré de condensation. Le rapport E_4/E_6 est également relié au rapport entre le carbone des liaisons aromatiques et celui des structures aliphatiques des matières humiques. Ces auteurs considèrent par conséquent le

rapport d'absorbance E_4/E_6 comme un très bon indice d'humification des matières organiques dans le sol. Selon Kononova (1966), même si ce rapport E_4/E_6 est indépendant de la concentration du matériel humique (quantité), il varie selon la nature du matériel humique (qualité). Dans cet essai, on retrouve les valeurs E_4/E_6 de 5 dans les traitements des copeaux avec lisier. Avec les copeaux seuls, comme d'ailleurs dans le sol témoin, les rapports d'absorbance E_4/E_6 sont supérieurs à 6. D'après Kononova, les rapports E_4/E_6 faibles démontrent un degré élevé de condensation des substances humiques aromatiques. Des rapports élevés de E_4/E_6 reflètent par contre un poids moléculaire faible et par conséquent une faible condensation aromatique. Ils indiquent également la présence d'une grande proportion de structures aliphatiques dans la matière organique peu évoluée (Kononova 1966). Kononova (1966) et Schnitzer (1971) ont trouvé des rapports E_4/E_6 de ≤ 5 pour les acides humiques dans les podzols, tandis que ces valeurs varient entre 6 et 8,5 pour les acides fulviques obtenus dans tous les types de sol. Les résultats obtenus dans cette étude démontrent un début d'humification des copeaux grâce à l'apport simultané de lisier. Les rapports E_4/E_6 élevés dans les traitements de copeaux seuls démontrent que les résidus ligneux enfouis sans apport d'azote se décomposent et s'humifient très lentement dans le sol. L'apport des matières organiques dans le sol favorise en général l'augmentation de la capacité d'échange cationique mais cette action dépend de leur degré d'humification dans le sol. Après quatre ans, l'apport de copeaux avec ou sans lisier n'a pas modifié significativement la capacité d'échange cationique du sol. Ceci démontre une humification lente des copeaux dans le sol.

Effet des copeaux sur les rendements et les prélèvements en azote

Les rendements obtenus sont présentés au tableau 3 pour toutes les années d'expérimentation. Au cours de la première année

Tableau 3. Effet de l'application de matières ligneuses sur les rendements des plantes en 1982, 1983, 1984 et 1985

Traitements	Blé (1982) (kg ha ⁻¹)	Fléole et trèfle rouge (1983) (kg ha ⁻¹ MS)	Orge (1984) (kg ha ⁻¹)	Blé (1985) (kg ha ⁻¹)
1. Témoins	2300a	3290c	1641e	2555c
2. Copeaux (25 t ha)	410f	3850bc	1776cd	4247ab
3. Copeaux (50 t ha ⁻¹)	600f	4240bc	1756de	4030ab
4. Copeaux (100 t ha ⁻¹)	830e	8490a	1766d	4481ab
5. Copeaux (25 t ha ⁻¹) + Lisier (25 m ³ ha ⁻¹)	1160d	5050bc	1890bc	4158ab
6. Copeaux (50 t ha ⁻¹) + Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	1516c	8690a	2100a	4739a
7. Copeaux (100 t ha ⁻¹) + Lisier (100 m ³ ha ⁻¹)	1900b	6510ab	1943b	3871b
8. Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	2366a	2990c	1910b	2888c
F (traitements)	184**	1765**	17.25**	10.2**

a-f Les valeurs portant une même lettre sont équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon de test de Duncan.
**Significatif à $P = 0.05$.

d'incorporation des copeaux, les rendements de blé ont été très bas dans tous les traitements avec résidus ligneux. La moyenne de blé obtenue dans tous les traitements de copeaux seuls a été en effet seulement de 613 kg ha⁻¹, tandis qu'elle s'élève à 1525 kg ha⁻¹ lorsque les copeaux et le lisier sont incorporés ensemble. Ces faibles rendements obtenus avec les copeaux seuls sont probablement dus à la pauvreté initiale du sol en azote et à l'effet dépressif des copeaux aux plantes cultivées, causé soit par l'immobilisation de l'azote, soit par la phytotoxicité qui inhibent la germination et la croissance. L'épandage des copeaux seuls a un effet dépressif plus évident sur le rendement de blé que les copeaux avec lisier. L'incorporation combinée de copeaux et de lisier permet de contrebalancer cet effet dépressif, mais les rendements restent toutefois inférieurs au témoin et au traitement avec le lisier seul (50 m³ ha⁻¹). En 1983, l'effet résiduel des copeaux et du lisier a été évalué. Les rendements obtenus dans les traitements 2, 3 et 5 sont supérieurs au témoin et au lisier seul, mais ne sont pas significativement différents. Les rendements de fléole et trèfle rouge sont cependant plus élevés avec 50 t ha⁻¹ de copeaux et 50 m³ ha⁻¹ de lisier de porc (8690 kg ha⁻¹) mais également avec 100 t ha⁻¹ de copeaux seuls (8490 kg ha⁻¹) et 100 t ha⁻¹ de copeaux combinés au lisier

respectivement (6510 kg ha⁻¹). Avec l'effet résiduel du lisier, les rendements sont très bas, soit 2000 kg ha⁻¹. Dans ce cas, nous pensons d'une part que les réserves nutritives du lisier ont été épuisées par la première récolte de blé. Etant donné que les copeaux entraînent une immobilisation intense d'azote du sol la première année d'incorporation, il est alors probable que les plantes de culture aient bénéficié en 1983 de l'azote du sol reminéralisé, ce qui explique en partie l'augmentation des rendements. D'autre part, on peut compter aussi sur une minéralisation probable des copeaux après deux ans de leur incorporation dans le sol; cela se reflète dans l'augmentation des rendements obtenus avec 100 t de copeaux seuls. Mais l'introduction d'une légumineuse dans l'assolement peut probablement avoir aussi aidé à diminuer l'effet d'immobilisation d'azote durant cette deuxième année d'expérimentation. En 1984, un nouvel apport de copeaux dans le sol n'a pas imprimé le même effet dépressif aux plantes dû à l'immobilisation d'azote ou à la phytotoxicité. Cependant les rendements d'orge obtenus ne sont pas élevés, la moyenne générale des récoltes étant seulement de 1850 kg ha⁻¹. Avec les traitements de copeaux combinés au lisier, les rendements sont généralement élevés. Avec les copeaux seuls, les niveaux de rendements sont significativement différents du

témoin mais restent assez bas et inférieurs au traitement 8 avec lisier seul. En 1985, les rendements de blé confirment les résultats obtenus en 1983. Durant ces deux années où l'effet résiduel des traitements a été évalué sans aucun autre apport de fumure azotée, on constate un effet plus marqué dans les traitements avec copeaux. Il est donc probable que les plantes retrouvent dans le sol l'azote immobilisé par les microorganismes pendant la première année et également l'azote minéralisable des copeaux. Cela explique les rendements plus élevés dans tous les traitements de copeaux seuls ou combinés au lisier (3871–4654 kg ha⁻¹). On obtient les rendements les plus bas (2555–2888 kg ha⁻¹) chez le témoin et dans les parcelles fertilisées au lisier seul.

Les prélèvements d'azote par les récoltes sont représentés dans le tableau 4. On observe en général que les prélèvements d'azote sont inférieurs dans les traitements avec copeaux seuls face à l'incorporation de copeaux et de lisier ensemble pour toutes les années d'incorporation (1982–1984). Bartholomew (1965) a constaté à cet effet que la décomposition des matières organiques pauvres en azote (<1,5%) occasionne une forte immobilisation d'azote du sol, le matériel de copeaux enfouis dans cet essai contenant seulement 0,48% d'azote. Les prélèvements d'azote par les grains de blé ont été très faibles dans les traitements de copeaux (9,6–14,3 kg ha⁻¹ de N) pen-

dant la première année d'incorporation des copeaux dans le sol (1982). Les prélèvements d'azote par l'orge en 1984 et par le blé en 1985 ont été par contre très élevés, 29 à 39 et 78 à 96,5 kg ha⁻¹ de N, respectivement, surtout dans les traitements de copeaux avec lisier. L'effet dépressif causé par l'immobilisation d'azote à la suite de l'incorporation des copeaux devient moins intense lors de la deuxième incorporation. De même on constate que les plantes peuvent bénéficier de l'arrière-action de l'azote immobilisé qui est graduellement reminéralisé dans le sol.

CONCLUSION

Cette étude a démontré que l'application des copeaux dans le sol comme amendement organique occasionne un effet dépressif à la croissance des plantes durant la première année de leur incorporation. Le lisier, par son apport en azote, en a cependant diminué l'intensité. Cet effet dépressif a été moins prononcé lors d'un deuxième apport de copeaux. De même, l'introduction d'une légumineuse dans l'assolement a semblé bénéfique. Après quatre ans d'expérimentation, des tendances d'augmentation de la matière organique ont été observées. Cette augmentation est surtout significative lorsque les copeaux et le lisier sont apportés ensemble. Les résidus ligneux peuvent exercer une action favorable indirecte sur la croissance des plantes en améliorant les

Tableau 4. Prélèvements de l'azote du sol par les plantes de l'assolement (kg ha⁻¹)

Traitements	Blé (1982)	Fléole et trèfle rouge (1983)	Orge (1984)	Blé (1985)
1. Témoin	18.7e	45f	24.7c	51.3c
2. Copeaux (25 t ha ⁻¹)	14.3f	72d	29.4c	89.6a
3. Copeaux (50 t ha ⁻¹)	9.9g	68e	29.8c	78.1b
4. Copeaux (100 t ha ⁻¹)	9.6g	133b	33.0b	92.5a
5. Copeaux (25 t ha ⁻¹) + Lisier (25 m ³ ha ⁻¹)	28.2c	74d	34.9b	87.8a
6. Copeaux (50 t ha ⁻¹) + Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	27.8d	139a	39.0a	93.3a
7. Copeaux (100 t ha ⁻¹) + Lisier (100 m ³ ha ⁻¹)	40.5b	90c	37.6a	96.5a
8. Lisier (50 m ³ ha ⁻¹)	51.1a	41f	34.3b	55.0c
F (traitements)	73416**	1195.55**	70.82**	33**

a-f Les valeurs portant une même lettre sont équivalentes au seuil de probabilité de 5% selon le test de Duncan.

**Significatif à P = 0.05.

propriétés physiques et biologiques du sol et en augmentant l'assimilabilité des éléments nutritifs du sol. Cette action est cependant reliée à la vitesse de décomposition et d'humification des copeaux dans le sol. Les résultats obtenus dans cette expérience ont démontré que l'apport de lisier comme source d'azote a réussi à favoriser l'humification de ces amendements organiques sans toutefois encore modifier la capacité d'échange cationique du sol. Les copeaux de bois se décomposent et s'humifient lentement dans le sol même avec l'apport du lisier. Ceci justifie l'étude à long terme des effets de l'incorporation des matières ligneuses sur l'évolution du sol. L'épandage combiné de lisier et de copeaux apparaît être une solution au problème d'élimination du lisier de porc tout en assurant à long terme le maintien sinon l'accroissement de la matière organique et de la productivité du sol.

Allison, F. E. 1973. Soil organic matter and its rôle in crop production. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands. 637 pp.

Bartholomew, W. V. 1965. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. *Soil nitrogen*. *Agronomy* 10: 285.

Cappaert, I. M. J., Verdonck, O. et De Boodt, M. 1977. Degradation of bark and its value as a soil conditioner. Pages 123-129 *dans* Soil organic matter studies. IAEA-SM 211/61.

Cochrane, C. 1980. Etude bibliographique sur l'amélioration des sols à partir des écorces, bois, feuillage et compost. Min. de l'Energie et des Ressources, Ottawa, Ont. 38 pp.

Couture, M. 1980. Etude de la dynamique de la dégradation de la matière ligneuse dans les sols de différents écosystèmes forestiers du Québec méridional. Thèse de Doctorat, Faculté de Foresterie et Géodésie, Université Laval, Laval, Qué. 168 pp.

de Bertoldi, M., Vallini et Pera, A. 1984. Technological aspects of composting including modelling and biology. Pages 27-41 *dans* Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Applied Science Publishing, London and New York.

Dommergues, Y. et Mangenot, F. 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie (ed.)

Paris, France. 783 pp.

Flaig, W. 1978. Biochimie de la matière organique du sol. *Dans* L'emploi des matières organiques comme engrais. FAO no. 27, Rome, Italy. pp. 34-76.

Grégoire, R. 1976. Généralités sur la production des déchets. *Dans* Etude de praticabilité sur l'utilisation de sources non traditionnelles d'énergie et de protéines pour l'alimentation animale. Centre de recherches en nutrition, Université Laval, Québec. 562 pp.

Gros, A. 1976. Engrais: guide pratique de la fertilisation. 5^e ed. La Maison Rustique, Paris, France. 430 pp.

Kanamori, T. et Yasuda, T. 1979. Immobilization, mineralization and the availability of the fertilizer nitrogen during the decomposition of the organic matter applied to the soil. *Plant Soil* 52: 219-227.

Kimber, R. W. L. 1973a. Phytotoxicity from plant residues. II. The effect of time of rotting of straw from some grasses and legumes on the growth of wheat seedlings. *Plant Soil* 38: 347-361.

Kimber, R. W. L. 1973b. Phytotoxicity from plant residues. III. The relative effect of toxins and nitrogen immobilization on the germination and growth of wheat. *Plant Soil* 38: 543-555.

Kononova, M. M. 1966. Soil organic matter. Pergamon Press, Oxford, U.K. 2nd ed. 450 pp.

McKeague, J. A. (ed.) 1978. Manual on soil sampling and methods of analysis. 2nd ed. Can. Soc. Soil Sci., Ottawa, Ont. 250 pp.

Mishustin, E. N. 1972. Potentials and effective soil fertility as related to plant remains. *Symp. Biol. Hung.* 11: 25-39.

Muller, J. et Brun, F. 1975. Action de la paille enfouie et de la paille mise en couverture sur l'évolution de l'azote et des composés humiques d'un sol brun calcaire méditerranéen. *Agrochimica* XLX: 3-4.

Olayinka, A. et Adebango, A. 1985. The effect of methods of application of sawdust on plant growth, plant nutrient uptake and soil chemical properties. *Plant Soil*. 86: 47-56.

Russel, E. W. 1968. The rôle of organic matter in soil productivity. Pages 3-19 *in* The use of isotopes in soil organic matter studies. Report of the FAO/IAEA Technical Meeting. Symposium Publications Division Pergamon Press, Oxford, U.K.

Sinha, M. K., Sinha, D. P. et Sinha, H. 1977. Organic matter transformation in soils. V. Kinetics of carbon and nitrogen mineralization in

- soils amended with different organic materials. *Plant Soil* **46**: 579–590.
- Schnitzer, M. 1971.** Characterization of humic constituents by spectroscopy. Pages 60–95 *dans* A. D. McLaren and J. Skujins, eds. *Soil Biochemistry*. Vol. 2. Marcel Dekker, New York.
- Schnitzer, M. 1982.** Organic matter characterization. Pages 581–593 *dans* *Methods of soil analysis*. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., Madison, Wis.
- Schnitzer, M. et Khan, S. U. 1972.** Humic substances in the environment. Marcel Dekker, New York. pp. 57–60.
- Stevenson, F. J. 1982.** Humus chemistry. Wiley Interscience Publications, John Wiley and Sons, New York. 443 pp.
- Swaby, R. J. 1968.** Cultivation practices in relation to soil organic matter levels. Pages 21–31 *dans* *The use of isotopes in soil organic studies*. Pergamon Press, Oxford, U.K.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. et de Bertoldi, M. 1981.** Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle* **22**(2): 54–57.
- Zucconi, F., Monaco, A. et Forte, M. 1984.** Phytotoxins during the stabilization of organic matter in composting of agricultural and other wastes. Pages 73–96 *dans* T. K. R. Gasser, ed. *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishing, London and New York.