

UNIVERSITÉ LAVAL

Faculté de Foresterie et de Géomatique
Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

Séminaire donné devant le Comité Jean Pain
Bruxelles
2 octobre 1992
BELGIQUE

«L'ORIGINE FORESTIÈRE DES SOLS AGRICOLAS: LA DIVERSIFICATION MICROBIOLOGIQUE PAR AGGRADATION SOUS L'EFFET DES BOIS RAMÉAUX FRAGMENTÉS»

par le
Professeur Gilles Lemieux

février 1993

Publication n° 29

<http://forestgeomat.for.ulaval.ca/brf>

édité par le
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

UNIVERSITÉ LAVAL
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Québec G1K 7P4
QUÉBEC Canada

L'ORIGINE FORESTIÈRE DES SOLS AGRICOLES: LA DIVERSIFICATION MICROBIOLOGIQUE PAR AGGRADATION SOUS L'EFFET DES BOIS RAMÉAUX FRAGMENTÉS.

Professeur Gilles Lemieux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Université Laval
Québec
Canada

INTRODUCTION

Nous remercions nos collègues belges de nous avoir donné accès à la tribune prestigieuse du Comité Jean Pain, nous permettant ainsi de faire valoir nos idées et nos connaissances, non seulement à un auditoire attentif, mais également à de nombreux stagiaires africains à qui nos méthodes peuvent apporter beaucoup par les temps difficiles que nous vivons.

La première partie de cette publication est le texte intégral de la conférence du 2 octobre 1992, alors que la seconde (pages 12 à 31) est le dialogue sous la forme de questions et de réponses, qui s'est installé entre nous. Il est intéressant de constater que les propos du public montrent une connaissance *agro-agricole* du sol, c'est-à-dire basée sur les facteurs physiques et chimiques dont l'expression principale est la «fertilisation» chimique, d'une part, et excrémentielle d'autre part, et dont le compost est une technique d'utilisation. Il ressort de ces discussions que les jugements d'un aréopage aussi compétent que celui du public s'appuient encore sur les aspects négatifs de notre société. Les termes de fumiers, ordures, décomposition sont largement à la base des raisonnements, alors qu'il nous faut une tout autre approche, plus positive, qui permette d'utiliser ces nombreuses matières comme étant à la base d'un ensemble de phénomènes d'aggradation plutôt que de dégradation. Il nous faut convenir que ces propos sont propres à toute notre société occidentale bien nantie et axée sur la consommation, voire même la «surconsommation» pour faire tourner notre système économique, souvent sans foi ni loi. En cela, nos amis belges ne sont en rien différents de nous, Québécois, si ce n'est que les conditions dans lesquelles ils produisent sont meilleures que les nôtres, permettant ainsi de pousser plus loin la machine à polluer et d'entasser des ordures sur de petites superficies.

Je termine en remerciant M. Jérôme Boisard de Fontenay-sous-Bois en France, qui a écouté les bandes magnétiques des discussions et en a fait une première interprétation. Comme ces propos paraîtront en 1993 dans la revue belge «*Humus News*» du Comité Jean Pain, nous avons cru bon de compléter certaines réponses et de refaire les phrases pour rendre le texte plus compréhensible.

Je profite de l'occasion pour remercier M. Frédéric Vanden Brande et son épouse, qui m'ont chaleureusement accueilli lors de mon séjour à Bruxelles et dont le dévouement et la spontanéité ne cessent de nous éblouir. Je veux également remercier mes collègues Jean-Pierre Tétreault du ministère des Forêts du Québec, ainsi que Lionel Lachance et Alban Lapointe qui ont apporté critiques et corrections à ces propos.

La perception que nous avons de notre monde se modifie au même rythme que celui de l'acquisition de nouvelles connaissances. Il faut cependant admettre que les dernières décennies n'ont pas été propices à la réflexion collective, mais plutôt à l'esbroufe avec de nouveaux joujoux. Il n'en reste pas moins que des réflexions individuelles, ou dans le cadre de certaines écoles, ont apporté des perspectives nouvelles dont les conséquences sont incommensurables. Il en va de même avec l'apport des connaissances propres à la chimie et à la physique pour la compréhension de la vie et des mécanismes qui lui sont propres. Ainsi, la thermodynamique hors équilibre de **Prigogine** (1984) apporte une perspective propre à la biologie et son évolution tout en complétant celle de la thermodynamique classique du XIX^e siècle. Il faut maintenant décoder la vie à travers les mécanismes intimes liés aux systèmes enzymatiques dont la base se trouve dans le monde microbiologique, duquel les formes de vie supérieures sont complètement tributaires. C'est ici que se trouvent tous les nouveaux problèmes liés à la dégradation massive de notre environnement.

Il nous faut reconnaître que tous les éléments chimiques du tableau périodique de Mendéléïeff forment les «pierres» de notre monde biologique, mais mis côte à côte, ces éléments ne sont en rien capables de susciter la vie. Il faut plus et mieux dans chaque cellule, là où l'évolution de centaines de millions d'années est inscrite. C'est un mécanisme harmonieux et complexe qui implique le temps, l'énergie, et la matière. Notre siècle ne se soucie guère du temps, peu de l'énergie, mais seulement de la matière, source de compétition et de

domination. Bien que les réserves en énergie du sol soient en chute libre, la production est toujours en croissance, mais à des coûts de plus en plus élevés et de moins en moins accessible à ceux qui ont faim. Que faut-il en déduire?

Historique

À cet égard, la position du Québec est paradoxale, alors que les ressources sont abondantes et le système économique vigoureux. C'est dans le secteur des productions primaires, comme celui des forêts, que la pauvreté est la plus présente dans la population liée à l'exploitation. Il en va de même pour celui des pêches et des mines.

Dans cette perspective, **Edgar Guay** (1992) se pencha sur ce dilemme au début des années '70 pour constater que les systèmes d'exploitation en place étaient tous basés sur l'épuisement de la ressource quelle qu'elle fût, auquel se joint un gaspillage très important. On estimait au Québec que 70% de la ressource forestière est laissée sur place et que 30% seulement prendra le chemin des usines où un autre 20% à 30% sera perdu lors de la transformation sur une période de cent ans.

C'est à travers plusieurs paradoxes de ce type qu'**Edgar Guay** (1992) chercha de nouvelles voies aboutissant à des modifications sociales en utilisant, de façon originale et économique, d'importantes ressources laissées pour compte. Ainsi, les papeteries possédaient, et possèdent encore à la porte de leurs usines, des millions de tonnes d'écorces non décomposées et pour lesquelles rien n'a été fait, bien que ces écorces soient riches en tannins et polyphénols divers, peu propices à la décomposition de par leurs fonctions mêmes sur les arbres vivants. D'autre part, plusieurs petites usines d'extraction d'huiles essentielles, par entraînement à la vapeur, possédaient et possèdent toujours, des milliers de tonnes de drêches composées de rameaux et de feuilles de différentes essences de conifères, riches en éléments nutritifs, sucres et protéines, pouvant facilement être transformées et assimilées à de nouveaux systèmes vivants. Toutefois, les résines toujours présentes après entraînement des huiles, ainsi que les centaines de milliers de tonnes de fumiers, purins et lisiers non utilisés, posaient des restrictions au compostage traditionnel, sinon en polluant l'environnement agricole et urbain.

Par de nombreuses lectures, conférences et voyages à travers le monde, trois techniques biologiques retinrent son attention, soient: la méthode Jean Pain dans le compostage des broussailles, les systèmes de bioconversion donnant du méthane par transformation microbiologique, ainsi que la méthode américaine de "sheet composting" ou compost de surface. C'est ainsi, qu'en 1976, les premières expériences furent tentées en utilisant des drêches de sapin, imitant ainsi les copeaux de broussailles de Jean Pain utilisées à la manière du compost de surface, c'est-à-dire mélangées aux premiers centimètres du sol. Les résultats furent fort intéressants en culture de pommes de terre.

Les deuxièmes essais ont été tentés en période de sécheresse sur un champs de blé «Opal» avec des bois de rameaux feuillus additionnés d'un faible pourcentage de résineux fragmentés en copeaux de 3 à 10 cm de longueur et d'une épaisseur de quelques millimètres. Les résultats furent également impressionnants dès la première année, et se sont maintenus pendant plusieurs années par la suite.

De tous les horizons agronomiques et forestiers, les résultats obtenus ont été contestés ou ridiculisés, tous s'entendant pour signaler l'incompatibilité du bois avec le sol quel qu'il fût. Au printemps 1982, Edgar Guay vint me poser la question sous la forme d'un défi, à savoir «quels étaient les mécanismes responsables de l'intégration de ces "copeaux" par "volatilisation" et les effets observés sur l'augmentation de la productivité, de la rétention en eau, de l'augmentation du pH.....des sols traités?"»

Les apports de la littérature scientifique.

Ma première préoccupation a été de me référer à la littérature scientifique de la dernière décennie. Rapidement, je me suis aperçu que la question était importante et que la littérature ne faisait aucune mention de ces petits bois, de leur composition chimique ou autre, et que le tout paraissait semblable au bois de tronc. C'est ainsi qu'en 1986, nous avons fait pour la première fois (**Lemieux, 1986**) une description de ces bois en leur donnant le nom de **bois raméal** par opposition au bois de tronc, que nous avons qualifié alors de **bois caulinaire**.

La principale différence réside dans le rapport polysaccharides sur protéines qui est, dans le cas des bois raméaux, de 30:1 à 100:1 avec une certaine variation saisonnière, alors que le bois caulinaire possède un même rapport variant entre 450:1 et 700:1. Il devint évident que la ramure des arbres possédait tout le bagage enzymatique nécessaire à la fixation de l'énergie avec des sucres, acides aminés, protéines en formation et tous les nutriments propres à entretenir la vie, en même temps que la cellulose, la pectine et la lignine. Il faut ici souligner ce qui nous semble également être une caractéristique unique, soit la présence d'une certaine quantité de lignine soluble pouvant avoir une influence fondamentale dans le processus pédogénétique. Quant au bois caulinaire, il est pauvre en nutriments mais riche en celluloses et lignine, sans posséder pour autant de lignine soluble, entouré de tannins et de différents polyphénols capables de le protéger contre les attaques microbiologiques causant la dégradation.

Vu sous cet angle, le bois raméal est nettement plus riche et plus apte à entretenir la vie que celui du tronc, puisqu'il possède à la fois les nutriments et l'énergie. Toutefois, la question restait posée à savoir pourquoi une fois fragmenté, ce même bois avait un effet marquant sur le sol tant au point de vue agricole que forestier. Je reviendrai sur cette question plus loin.

La pédogénèse: de la mort à la vie.

Nous touchons ici une partie fondamentale de la question concernant le sol, sa perception et l'association que nous faisons spontanément de ce dernier avec les notions de résidus, déchets, décomposition, c'est-à-dire toute une série de concepts négatifs qui associent «sol et mort». La réalité nous semble tout à fait inverse. Il n'y a que le sol qui puisse conduire de la «mort» à la vie, en utilisant les substances organiques et inorganiques pour en refaire de nouveaux tissus et de nouveaux êtres. Il est donc urgent, que collectivement, nous ayons une perception plus juste de la notion de sol vu au travers, non pas la mort, de la chimie, ou de la physique, mais au travers de la microbiologie, cet univers aussi vieux que le monde lui-même avec des capacités inouïes d'équilibre et de dynamisme. Un simple mètre carré contient toute l'histoire biologique de notre monde avec ses virus, bactéries, algues, champignons,

protozoaires, nématodes, lombricidés, acariens, insectes, gastéropodes, amphibiens, reptiles et mammifères. Ces empreintes biologiques sont indélébiles et nul autre milieu ne se prête à une telle diversité et une telle capacité de régénération.

Il est de plus en plus évident que le sol est un «édifice» biologique en perpétuel équilibre instable, et qu'il prend toute la dimension exprimée par **Prigogine** (1984) dans sa thermodynamique hors équilibre, celui-ci n'étant jamais atteint, mais toujours à se redéfinir par rapport à lui-même et par rapport à ceux qui en dépendent. *Dans cette optique, l'aspect chimique de la question que nous chérissons depuis plusieurs générations, n'est que le reflet de l'équilibre ou l'absence d'équilibre microbiologique où, les systèmes enzymatiques d'origines diverses, libres ou non, opèrent la régie des échanges.* Il faut ici associer le rôle indissociable et fondamental que jouent également les phyllites avec leurs structures lamellaires et tous les effets physico-chimiques qui passent par le phénomène d'adsorption, les effets tampons, la régulation du pH, etc...

Ces phénomènes fondamentaux doivent être, tour à tour, en équilibre optimum ou minimum, dans un système hors équilibre en fonction du temps et des variations qui l'accompagnent. Cela implique un rôle majeur attribué à la végétation qui couvre ce sol. Sous les conditions où la majorité des habitants de cette planète vivent, c'est la forêt qui domine les équilibres primitifs sous toutes ses formes. Nous pensons ici à la grande forêt équatoriale, la savane et ses variantes, et plus au nord, à la chênaie, la hêtraie, l'érablière, la sapinière et la pessière. Il reste donc les étendues désertiques qui, à leur tour, sont en tension avec la forêt, de même que les steppes souvent courtisées localement par les Salicacées ou les Bétulacées.

Les sols agricoles: des sols forestiers dégradés

Il nous faut donc admettre que nous sommes historiquement devant une réalité forestière universelle qui cède sa place, momentanément, devant la poussée anthropique de ces quelques derniers millénaires, poussée que nous connaissons sous le nom d'**agriculture**. Il nous faut bien admettre que nous percevons notre monde biologique sous cet aspect avant tout, et que toutes les logiques actuelles en découlent, tant par la tradition que la culture et la

langue. Mais si ce n'était que de l'anthropocentrisme, et que la réalité fondamentale voulait que l'agriculture ne soit qu'une dérivation par dégradation du domaine forestier original, quelle logique devrait prévaloir?

Le monde des éboueurs et la civilisation des «déchets».

Est-il logique de parler de «taux de matière organique»? Le terme même de «matière organique» souligne l'ambiguïté où tout ce qui est d'origine biologique est mis sur le même pied. Le seul modèle que nous avons accepté jusqu'ici est basé principalement et traditionnellement sur la transformation des excréments. Le compost que nous fabriquons permet d'homogénéiser les déchets de notre société humaine ou animale, en éliminant des équilibres chimiques et microbiologiques incompatibles avec les conditions agricoles, en éliminant des souches pathogènes, et surtout, en favorisant la dégradation des composés polyphénoliques et aromatiques particulièrement nocifs. Pour ce faire, on doit sacrifier plus de la moitié de l'énergie de la masse, ainsi que les sucres, acides aminés et protéines les plus facilement utilisables par la microflore et la microfaune édaphiques.

Il faut bien reconnaître qu'une telle logique tient plutôt de celle de l'éboueur que de l'économie véritable, bien que nécessaire dans notre monde urbain où souvent l'agriculture n'est que tolérée. Le développement de la chimie au siècle dernier, de la chimie organique dans ce siècle avec l'industrie de transformation, et les instruments de mesure de plus en plus sophistiqués, nous ont menés directement à la perception chimique de notre monde et de son contrôle biologique.

L'apparition récente des fragmenteuses.

Voilà donc un ensemble de considérations et de réflexions que nous ont suggérées nos travaux sur les BRF, tout en reconnaissant que la fragmentation et l'apparition de machines à fragmenter sur le terrain étaient les dernières machines inventées par l'homme pour travailler mécaniquement le bois, les autres outils étant aussi vieux que l'homme lui-

même. Ces fragmenteuses nous donnent donc accès à tout un monde biologique dont peu soupçonnent l'importance économique, ainsi qu'à une nouvelle ressource qui, de tout temps, a été regardée comme l'emblème même du sous-développement et de la pauvreté: les branches et les broussailles. Pour le Québec seul, nous estimons la production annuelle de BRF, dont le diamètre est inférieur à 10 cm entre 50 et 100 millions de tonnes. À l'échelle de la planète, ce sont des dizaines de milliards de tonnes qui se perdent annuellement.

À quelle enseigne loge la logique de la fragmentation?

L'une des premières questions qui se posent est de savoir pourquoi il y a une différence entre les rameaux déposés sur le sol et ces mêmes rameaux fragmentés? Nous avons mis un certain temps à formuler des hypothèses et d'en trouver la résonance dans la littérature scientifique des dernières années. Les travaux de **Martin, Pierce, Likens et Bormann** (1986) montrèrent que dans la deuxième année qui suit l'abattage de la forêt dans un petit bassin versant à l'hiver, les nutriments chimiques étaient lessivés en presque totalité et passaient dans l'eau du ruisseau. Cet exode nutrimental s'étendait sur une période de 5 années. Deux phénomènes semblent s'interpénétrer à ce stade, soit la décomposition de la ramure des arbres abattus et laissée sur place, ainsi que la minéralisation de la litière d'abord, puis de l'ensemble du profil édaphique. D'autre part, **Gosz, Holmes, Likens & Bormann** (1978) soulignent que durant la même période de 5 ans, la récolte des grumes d'une érablière fait passer l'énergie disponible de 15,000 kcal/m² à 3,000 kcal/m². Il y a donc pertes de nutriments et pertes énergétiques. Vu sous cet angle, il nous semble presque irréfutable d'affirmer que les microorganismes, principalement les fungus et champignons, attaquent les bois de rameaux et les décomposent à leur seul bénéfice, en utilisant l'énergie et en libérant les nutriments qui ne peuvent être cyclés dans le système édaphique.

L'apport fondamental de la fragmentation sera de mettre en contact le bois des rameaux directement avec le sol et la litière, où les «plaies» occasionnées par la fragmentation sont une porte grande ouverte aux microorganismes du sol. Ils profitent donc des sucres et des protéines directement pour se développer rapidement, fixant ainsi dans des chaînes de plus en

plus complexes et diversifiées, l'énergie et les nutriments qui autrement seraient exportés hors de l'écosystème.

Lignine, polyphénols et acide humique

Il y a trois ans à peine, **Leisola et Garcia** (1989), à la suite de nombreux travaux sur la dégradation de la lignine par différents auteurs entre 1983 et 1988, montrent le rôle de la lignoperoxydase Mn^{++} dépendante dans la dépolymérisation de la lignine produite par un champignon *Phanerochaete chrysosporium*, donnant naissance à deux types de molécules, soit de faible poids moléculaire (acides fulviques) et de haut poids moléculaire (acide humique). Ainsi, nous assistons à la naissance des polyphénols et des composés aromatiques dont on reconnaît l'influence sur toute la pédogénèse, en tant que vecteur de l'information propre aux mécanismes pédogénétiques. On sait maintenant que la présence d'acides aminés libres est importante dans le développement d'un grand nombre d'insectes, ce qui est un autre facteur important.

Les BRF sont la porte d'entrée de la pédogénèse.

Nous ne nous étendons pas plus avant dans ce monde complexe que nous sommes à découvrir depuis peu, mais qui régulent les écosystèmes édaphiques, la germination, la rétention de l'eau, la qualité de l'atmosphère édaphique, la formation des structures, etc... Toutefois, nous désirons fortement souligner que les BRF s'adressent à la pédogénèse, c'est-à-dire à l'aggradation par l'augmentation du carbone fixé dans les couches inférieures du sol, et de l'augmentation de la diversité microbologique. Il en va de même de la formation des agrégats faits de polysaccharides extra cellulaires, d'origine fongique, qui servent également de nourriture à de nombreuses espèces édaphiques, tout en étant les principaux éléments de la structure du sol. Ainsi amorcée, l'aggradation doit compter sur des apports énergétiques considérables à travers les plantes qui colonisent le sol et dont l'importance est primordiale selon **Reid & Mexal** (1977): 80% des produits de la photosynthèse (*photosynthates*) sont dirigés directement dans le sol pour l'alimentation et l'entretien des microorganismes, depuis les bactéries et virus en passant par les mycorhizes, les

protozoaires, etc. En milieu agricole, cette proportion se situerait à 70% de l'ensemble de la production photosynthétique.

L'histoire vivante de l'évolution sous nos pieds.

Il va de soi que les grands régulateurs des écosystèmes sont les milliers d'espèces de notre monde microbiologique dont l'origine remonte aux grands écosystèmes forestiers. C'est le temps et la compétition qui ont eu une influence sur la génétique et les possibilités d'adaptation à toutes les situations. Déjà, à la fin du Secondaire, on note des traces de mycorhizes sur les racines des espèces fossilisées. Nous sommes donc en présence d'un monde parfaitement adapté aux conditions variables du milieu édaphique. Dans ces conditions, il nous faut accepter que ce ne sont pas quelques siècles de culture intensive qui ont modifié cette «machine» biologique qu'est le sol. Le moindre effort de notre part à redonner la «nourriture» appropriée au sol, nous paie rapidement de retour, pourvu que nous soyons disposés à la modestie et à considérer la chimie et la physique à leur juste valeur.

Quelques aspects de la richesse des BRF

Au début de 1983, nous entreprenions la mise sur pied d'un premier dispositif expérimental pour évaluer l'influence de différentes essences sur un sol reconnu stérile depuis plus de 50 ans. Depuis lors, nous allons de surprises en surprises, toutes aussi fondamentales les unes que les autres. Il va de soi que la période expérimentale est restreinte, puisqu'elle ne porte que sur une décennie à peine, alors que la vie d'un écosystème forestier se compte plutôt en siècle.

Notons pour mémoire que les essences de forêts climatiques riches provoquent également une plus grande richesse dans la nouvelle végétation. La végétation induite est presque exclusivement forestière, et surtout, les nouvelles espèces ligneuses font toutes partie d'un écosystème forestier de transition et apparaissent spontanément. La germination de ces plantes est particulièrement intense entre la troisième et la cinquième année après l'application des BRF. Ainsi, une essence dominante comme le chêne (*Quercus rubra*) provoque la

germination et la constitution d'un écosystème à base de feuillus (*Betula, Salix, Populus*), alors qu'une essence dominée (*Carpinus caroliniana*) permet l'installation d'un écosystème à base de résineux (*Picea, Abies*).

Parmi les autres caractéristiques observées, nous relevons le fait que les BRF prélevés en période dormante provoquent l'installation d'une nouvelle végétation de façon stable, avec une croissance linéaire du nombre d'espèces et d'individus. L'application de BRF prélevés en période active nous montre une croissance désordonnée du nombre d'espèces et d'individus, généralement plus élevé en nombre absolu. Appliqués sous la forme de litière, les BRF apportent une meilleure installation des essences forestières, alors qu'en mélange avec le substrat, il y a un plus grand nombre d'espèces et d'individus d'origine allochtone.

Enfin, nous ne pouvons terminer sans faire allusion à la transformation fondamentale obtenue par des BRF de chêne rouge (*Quercus rubra*) sur le sol podzolique, à mormoder, d'une érablière à hêtre. Après six ans, le sol podzolique s'est complètement transformé en sol brun, et l'humus devient un mull caractérisé. Il est bon de noter ici que, sur plus de vingt essences différentes, seul le chêne encore une fois, a pu provoquer une telle métamorphose vers l'aggradation.

BIBLIOGRAPHIE

- Amaranthus, M.P., & D.A. Perry (1987)** "The effect of soil transfers on ectomycorrhizal formation and the survival and growth of conifer seedlings on old, none reforested clear-cuts". *Can. Jour. For. Res.* 17: 944-950.
- Gosz, J.R., Holmes, R.T., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1978)** "Le flux d'énergie dans un écosystème forestier". *Pour la Science*, juin 1978, pp. 101-110.
- Guay, E., Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1981-82)** "Emploi des bois raméaux fragmentés en agriculture". Rapports techniques n^o 1 et n^o 2, ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ©ISBN 2-550-21339-4 publication n^o. ER89-1212. Troisième édition 1992.
- Guay, E. Tétreault, J.P. & Lapointe, R.A. (1992)** "L'usage de bois raméal et ses implications socio-économiques" Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences Forestières, Université Laval, et ministère des Forêts, Québec © ISBN 2-550-27119-X Publication no: FQ92-3138.
- Leisola, M.S.A. & Garcia, S. (1989)** "The mechanism of lignin degradation" in "Enzyme systems for lignocellulose degradation". Atelier tenu à Galway, Irlande, 12 au 18 avril 1989. Publié par Elsevier Applied Science, Londres et New-York, pp 89-99.
- Lemieux, G. (1985)** "Essais d'induction de la végétation forestière vasculaire par le bois raméal fragmenté". Département des Sciences Forestières, Université Laval, Québec, 109 pages photocopiées.
- Lemieux, G. (1986)** "Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol" Département des Sciences Forestières Université Laval, Québec 17 pages photocopiées.
- Lemieux, G. (1988)** "L'importance du bois raméal dans la "synthèse" de l'humus". Département des Sciences Forestières, Université Laval, Québec, 29 pages photocopiées.
- Lemieux, G. (1989)** "La régénération forestière et les bois raméaux fragmentés: observations et hypothèses". Département des Sciences Forestières, université Laval, Québec, 223 pages photocopiées.
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1990)** "Le bois raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe". Département des Sciences Forestières, Université Laval et ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 35 pages © ISBN 2-550-21267-3, publication n^o ER90-3128.

- Lemieux, G. & Lapointe R.A. (1991)** " Le rôle des bois raméaux dans la pédogénèse des sols forestiers". Département des Sciences Forestières, Université Laval, et ministère des Forêts du Québec, © ISBN 2-550-22693-3 publication n^o. FQ91-3106.
- Lemieux, G. & Lapointe R. A. (1992)** "L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière". Département des Sciences Forestières, Université Laval et ministère des Forêts du Québec, 10 pages, © ISBN: 2-550-26521-1 publication n^o. FQ 92-3099.
- Lemieux, G. Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1990)** "L'intersuffisance des écosystèmes épigé et hypogé". Texte intégral, traduction française et commentaires de "Bootstrapping in Ecosystems". , Département des Sciences Forestières, Université Laval et ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 42 pages © ISBN 2-550-21445-5 publication n^o ER90-3140.
- Lemieux, G., Toutain, F. & Lapointe R.A. (1992)** "Quelques observations et hypothèses sur la diversification: l'aggradation des sols par l'apport de bois raméal fragmenté". Département des Sciences Forestières, Université Laval et ministères des Forêts du Québec, 13 pages, © ISBN 2-550-26541-5 publication no. 92-3103.
- Lin, Ya-Lih, & Schmidt, E. L. (1991)** " Effects of compression on parenchyma cell viability, initial heating, microflora of aspen fuel chips". Wood and Fiber Science **23(2)** : pp. 253-259.
- Lynch, J.M. and E Bragg (1985)** "Microorganisms and soil aggregate stability". Adv. Soil. Sci. **2**: 133-171.
- Martin, W.C., Pierce, R.S., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1986)** "Clearcutting Affects Stream Chemistry in the White Mountains of New-Hampshire". USDA Northeastern Forest Experiment Station, Research Paper NE-579.
- Prigogine, I. & Stengers I. (1984)** "Order out of chaos" Bantam, édit. Toronto, Canada.
- Ratnayake, M., R.T. Leonard and J.A. Menge (1978)** "Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. New Phytol. **81**: 543-552.
- Reid, C.P.P. and J.G. Mexal (1977)** "Water stress effects on root exudation by lodgepole pine". Soil Biol. Biochem. **9**: 417-422.

Le Professeur Gilles Lemieux de l'Université Laval de Québec à la tribune du Comité

Jean Pain.

COMMENTAIRE DES DIAPOSITIVES:

La méthode d'évaluation utilisée par le Prof. Lemieux n'a pas été de cerner l'effet des BRF sur le sol par des analyses chimiques. Il leur a préféré le comptage et l'identification des bio-indicateurs dans leur dynamisme que sont les jeunes espèces forestières, comptages qui ont été effectués, de 1984 à 1990, tous les ans et à tous les deux ans depuis lors. Les sols étudiés sont minces. Ils ont été recouverts, la première année, d'une couche de 3 à 5 cm de bois raméal fragmenté (BRF) de plus de 50 essences différentes.

Différents types de machines ont été utilisées en particulier des fragmenteuses à disque ou à tambour d'une puissance de 30 cv, permettant la fragmentation de tiges allant de 10 à 12 cm de diamètre. Par contre le Prof. Lemieux n'a pas choisi de fragmenter les rameaux ayant plus de 6 cm de diamètre. D'autre part, une broyeuse à moteur hydraulique, montée à l'extrémité du bras d'une excavatrice, permet le broyage sur pied, des broussailles et arbres indésirés. Ce type de broyage remet en circuit les nutriments bloqués dans les rameaux, tout en réduisant grandement les risques d'incendie forestier.

Dès les premiers mois, on observe des changements fondamentaux dans la croissance et la diversification de la population végétale. Cela est sûrement dû à l'apport important de produits très élaborés et facilement transformables, riches en énergie (nombreux sucres et polysaccharides) et en produits riches en azote (protéines, acides aminés). Ces produits sont immédiatement assimilés au complexe édaphique alors qu'ils sont détruits ou transformés lors du compostage.

Dès la première année, on remarque une croissance de la population de lombrics (*Lumbricus terrestris*) dans les BRF mêmes. La population passe alors de 450 à 700 au mètre carré.

La forêt québécoise est fortement marquée par une exploitation intensive au moindre coût. La récolte des belles tiges a laissé en Gaspésie des milliers d'hectares parsemés

de grands arbres de mauvaise qualité, dans une mer de régénération, avec une densité de 30,000 à 40,000 tiges à l'hectare. La fragmentation sur pied de la régénération trop dense et de mauvaise qualité permet la plantation d'épicéas (*Picea glauca*). Le taux de reprise des plantations est de 97%, et les jeunes arbres sont en meilleure forme que dans les sites reboisés sans fragmentation. Déjà on observe l'apparition d'essences pionnières comme le bouleau (*Betula papyrifera*) et le sapin (*Abies balsamea*).

Une objection a été faite au Prof. Lemieux quant au rôle de la lumière sur le sol dans la croissance des jeunes plants. Afin de démontrer que les radiations solaires ne jouent pas un rôle prépondérant par rapport à celui des BRF, le Prof. Lemieux a épandu des BRF sur une couche de neige de 12cm, immédiatement après l'abattage, s'assurant ainsi que la lumière ne touche pas la litière en place. Les BRF furent obtenus en fragmentant les **biosurplus** («résidus») du peuplement même.

Pour mesurer l'effet de la lumière sur l'évolution de la litière, trois parcelles d'un hectare chacune ont été aménagées; la première a conservé tous les biosurplus intacts comme dans l'abattage traditionnel, la seconde s'est vue retirer tous ses biosurplus laissant le sol à nu et la troisième, a vu tous ses biosurplus fragmentés et épandus en couche uniforme de quelque 5cm d'épaisseur.

La première et la seconde parcelle ont, au cours de la première année, vu une minéralisation de la litière et l'apparition de tous les groupements végétaux typiques de la dégradation (*Rubus idaeus*, *Acer spicatum*, *Prunus pensylvanica*, *Populus tremuloides*, *Betula papyrifera*, etc). Quant à la troisième parcelle qui a reçu les BRF du peuplement d'origine, ces stades de «recolonisation forestière» ne s'étaient que très faiblement manifestés, montrant ainsi que la microflore et la microfaune n'étaient que peu perturbées et ne provoquant pas la minéralisation immédiate de la litière. Après trois années, la composition et la densité de la végétation de la troisième parcelle sont toujours très différentes des deux autres avec l'apparition de semis des essences climaciques du peuplement d'origine.

Les BRF permettent également la transformation des horizons du sol. Une expérience à été menée sur un sol podzolique de l'érablière à hêtre (*Aceretum sacchari*

fagetosum). Par rapport au sol témoin, la parcelle montre un remaniement complet des horizons supérieurs par la pédofaune. Après cinq ans, sous l'effet de BRF de chêne rouge (*Quercus rubra*), nous avons maintenant un sol brun à mull caractérisé.

L'application de BRF, sur plus de 300 parcelles, montre une augmentation considérable des valeurs du pH (entre 0,4 et 1,2) de la seconde à la quatrième année, après quoi elles baissent vers les valeurs initiales d'avant l'application.

Nous reconnaissons au Québec deux grandes zones forestières: la première constituée de résineux à dominance de sapin (*Abies balsamea*) et d'épicéa (*Picea mariana*); la seconde est à dominance de feuillus comme l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), le hêtre (*Fagus grandifolia*), le chêne rouge (*Quercus rubra*), etc. Nous observons que les peuplements constitués de résineux développent des mécanismes d'exclusion en éliminant les concurrents et en donnant des peuplements le plus souvent monospécifiques.

À l'inverse, les peuplements de feuillus climaciques acceptent de plus en plus la concurrence et la diversification, dans la mesure où l'énergie est de plus en plus disponible. Ces caractéristiques se manifestent dans l'évolution de parcelles traitées aux BRF. Celles de feuillus provenant de peuplements riches et méridionaux donnent une excellente régénération très diversifiée alors que les provenances plus nordiques donnent moins de diversification. Il y a là un phénomène très important qu'il nous faut comprendre, mais qui nous dépasse pour l'instant.

Jusqu'à ce jour, l'exploitation forestière est celle des grumes pour l'exportation. Les branches, laissées à même le sol ou amassées en andins, sont laissées pour compte ou font l'objet de programmes fort élaborés de brûlage à l'aide de napalm. Cette méthode coûte aux contribuables québécois plus de 240 millions de francs belges ou 40 millions de francs français. **La fragmentation des bois raméaux offre une alternative à ce système d'exploitation qui mène à la dégradation progressive.**

QUESTIONS DU PUBLIC:

Question 1: *Quelle est l'écoute?*

RÉPONSE: Officiellement l'écoute et l'appui sont nuls, mais il faut être honnête et souligner que nous ne l'avons pas sollicitée officiellement à ce jour. Les premières objections étaient telles qu'ils nous fallait faire la preuve de ce que nous avançons. Toutefois, depuis 7 années, nous avons un appui officieux sans qu'il soit identifié comme tel de la part de l'État qui accepte de publier nos écrits et met à notre disposition un forestier ou un biologiste actuellement en la personne de M. Jean-Pierre Tétreault. La société REXFOR nous fournit quelques fonds dans le cadre de trois projets l'un en Gaspésie (vallée de la Matapédia), le second dans la vallée de la Montmorency près de Québec, et le troisième au-dessus de Trois-Rivières dans la vallée du St-Maurice. Dans la région de Bellechasse au sud de Québec, nous avons trois dispositifs fort complexes comptant plus de 300 parcelles qui ne cessent de nous apporter une information précieuse depuis près de 10 ans

L'année 1992 nous a mené à trois reprises sur le continent européen, au Portugal, en France, Allemagne, Belgique et bientôt en Afrique où nous mettrons sur pied un projet de développement et de recherche au Sénégal, financé par l'Agence Canadienne de Développement International.

Dès le début de nos recherches à la fin des années '70, nous étions convaincus des effets probables à long terme des BRF. Les politiques de financement de la recherche scientifique étant à court terme (1 à 3 ans), les risques de ne pas atteindre les objectifs fixés dans les délais impartis étaient très grands. C'est ainsi que nous avons choisi la voie de la "modestie" en procédant sans financement et assurant ainsi la pérennité des dispositifs. À ce jour, aucune objection sérieuse nous a été formulée, mis à part les coûts de la fragmentation et la lenteur des résultats

Question 2: *Il y a certes une bonne production agricole, mais nos sols ne sont pas dégradés dans l'absolu. Il semble nécessaire de poser le problème de la productivité à l'échelle mondiale. L'expérimentation est utile dans le domaine forestier, mais le*

monde agricole a besoin de réponses urgentes. À ce titre il ne faut pas mettre de côté les engrais minéraux, mais faire la part des deux méthodes. Les paysans sont devenus des industriels qui calculent les frais de production. La jachère, si elle est pratiquée, permet un retour à un système naturel. On peut se permettre ce genre de position, car nous avons une production de masse et une autosuffisance en produits naturels.

RÉPONSE: Au Québec, de nombreux sols sont dégradés, des maladies secondaires apparaissent et les rendements sont en baisse. Prenons l'exemple du calcium: nous constatons qu'il est nettement moins utilisable par rapport à sa masse lorsqu'il est appliqué artificiellement. Nous devons donc conclure que dans les systèmes biologiques du sol, le calcium a une position stratégique qui lui permet d'être réutilisé constamment, même en très faible quantité. Nous connaissons le rôle capital des lombrics dans ce cycle.

D'autre part, les BRF contiennent des quantités d'azote plus faibles que beaucoup d'engrais ou composts mais sous des formes directement assimilables, non par surabondance comme dans le cas de l'utilisation d'engrais azotés comme l'urée ou les nitrates. Avec des quantités moindres d'azote, nous obtenons des rendements supérieurs de l'ordre de 30% en ce qui regarde la pomme de terre, l'orge, le blé et l'avoine alors qu'ils atteignent 300% chez les fraises. Il semble y avoir plus de protéines dans le profil que d'acides aminés libres.

Nous n'avons pas encore d'explications définitives pour cette augmentation de 30% des rendements, bien que des pistes apparaissent de plus en plus clairement. On ne peut simplement que constater l'économie par des rendements accrus. Toutefois, il faut admettre que le sol a une «longue expérience» dans la transformation, grâce au rôle des microorganismes, sans qu'il en coûte.

C'est dans cette optique que nous observons une «**aggradation**» du sol, c'est-à-dire une augmentation du carbone fixé, de la diversification de la pédofaune et de la microflore, une amélioration de la structure avec l'augmentation du nombre et de la taille des agrégats, un relèvement du pH, une augmentation du rapport C/N, etc.

La lutte contre la faim dans le monde exige des actions rapides. Il faut favoriser de nouvelles recherches, mais il faut également raisonner en terme de situation. L'agroforesterie, par l'utilisation des BRF, devrait réhabiliter la sagesse des populations locales.

L'approche microbiologique de la fertilité des sols n'est pas une approche spontanément anthropique. Cette approche est largement d'ordre intellectuel à la base. Les processus sont à une échelle tout autre que celle que nous considérons traditionnellement. Il faut collectivement reconnaître la voie que tracent les BRF et choisir la multidisciplinarité pour l'explorer et la comprendre.

QUESTION 3: *Une appréhension existe vis-à-vis d'une technique québécoise qui consiste à épandre du lisier de porc (20 à 30 tonnes/ha avec un maximum de 50 tonnes/ha) sur des BRF frais. Il existe sûrement, vu le cheptel porcin, un attrait profond du point de vue des débouchés.*

Cependant le fumier frais présente des risques au niveau de l'hygiène et du pourrissement des racines qu'il entraîne. De fait, cette méthode québécoise semble être contre-indiquée, surtout que l'épandage se fait quelques semaines après de démarrage des cultures.

Le BRF frais a un rapport C/N de 25:1 à 30/1. La décomposition de la matière organique provoque une faim d'azote. Pour éviter un déficit en azote, le lisier de porc peut apparaître comme un bon engrais naturel. Toutefois, le lisier de porc présente les inconvénients suivants: il n'apporte aucun amendement humique au sol, il a un impact sur la pédofaune, ainsi que sur la structure et la qualité du sol. Il ne faut pas non plus négliger les aspects environnementaux.

Les acides aminés libérés par les BRF ont l'inconvénient de provoquer un déséquilibre minéral de la sève (cf. Pr. Chaboussou -INRA), inconvénient qu'on ne retrouve pas dans le compost à maturité. Voilà donc les questions concernant l'utilisation conjointe de lisier de porc et de BRF:

- a) *Y a-t-il perturbation biologique et chimique du sol?*
- b) *La pourriture radiculaire des végétaux de culture existe-t-elle ?*
- c) *Y a-t-il défaillance du rôle tampon et pollution de la nappe phréatique?*
- d) *La présence de métaux lourds, apportés par le lisier, n'est-elle pas rendue dangereuse par l'acidification du sol (décomposition de la cellulose), qui rend ces métaux lourds mobiles et facilement assimilables par les plantes?*
- e) *Quelle est l'évaluation de la qualité alimentaire des produits obtenus?*
- f) *L'humus noir provenant du compostage de ligneux ne se marie pas avec le sol mais est plutôt lessivé par les pluies. N'y a-t-il pas un manque de stabilité par absence du complexe argilo-humique?*

RÉPONSE: Comme vous l'avez sans doute remarqué, le texte que je viens de vous présenter ne fait aucune allusion à l'utilisation des lisiers. Si l'on retourne à la fin des années '70, la production de lisier était devenue un problème sérieux en ce qui regarde son élimination. Mon collègue Guay alors sous-ministre, était très sensible à cette dimension de la production porcine québécoise. C'est ainsi qu'il lui est venu à l'esprit d'utiliser le lisier de porc comme "agent correcteur" d'une faim d'azote éventuelle. Vue sous cet angle, l'idée était enthousiasmante sur tous les fronts, solution à un problème environnemental et politique en même temps que l'on corrigeait une «petite faiblesse» de l'utilisation agricole des BRF.

Néanmoins, il faut admettre que l'expérience nous a démontré que la «faim d'azote» était minime et tout-à-fait temporaire ne portant que sur quelques jours ou semaines et que le mécanisme de transformation des BRF, dans le système édaphique, n'était lui-même aucunement dépendant d'une source azotée supplémentaire comme l'aurait été l'utilisation de sciures. C'est ainsi que nous avons réalisé que nous étions en présence d'un mécanisme naturel et autonome de transformation qui est l'humification, processus extrêmement important dans tous les écosystèmes forestiers.

En effet, nul ne peut contester que les sols forestiers, bien qu'«alimentés» par des feuilles et de petits rameaux, sont très largement pourvus en azote et en phosphore sans la présence de légumineuses «miracles». Nous commençons à peine à connaître et à comprendre ces mécanismes de fixation de l'azote par les bactéries qui forment un véritable manchon autour des hyphes de champignons mycorrhizateurs, dont les systèmes enzymatiques sont des hèmes à noyau central ferrique.

Comme nous n'avons pas porté plus d'attention aux lisiers, je limiterai ici mes commentaires, bien que nous sachions maintenant que le lisier méthanisé soit un apport intéressant dans le processus de contrôle des pathogènes (Reisinger -microbiologie, Nancy 1)

Nos premières expériences agricoles n'ont pas montré les aspects négatifs ou pathogènes que vous soulignez. Sinon il est évident que nous n'aurions pas persisté à en connaître davantage sur la pédogénèse. J'essaierai donc de répondre, point par point à vos questions.

a) Avec 200m³ de BRF et 50,000 litres de lisier de porc à l'hectare, nous avons remarqué une augmentation du taux de matière organique de plus de 3% en une année accompagné d'une augmentation des agrégats et de leur taille. La qualité des récoltes ainsi que l'augmentation de volume nous a mis sur la piste, non pas d'une perturbation biologique et chimique négative, mais bien au contraire, largement positive.

b) Nous n'avons pas remarqué de pourriture radiculaire, mais un changement dans la flore des mauvaises herbes, vraisemblablement sensibles à la diminution de nitrates dans le système édaphique. Nous pouvons, sans ambages, dire que chez les fraisiers, le système racinaire était très largement supérieur aux témoins du point de vue sanitaire et du volume. De nouvelles expériences confirment ces observations.

c) Il nous a semblé également que le rôle des BRF en a été un de tampon tout au moins en ce qui regarde les odeurs, les études de percolation n'ayant pas été faites par les autorités environnementales régionales. Aucune contamination de la nappe phréatique n'a été notée dans les régions où le lisier a été appliqué sur des BRF.

d) Au sujet de l'acidification, nous avons observé et mesuré des augmentations sensibles du pH, ce qui indique bien que nous ne sommes pas en présence d'un processus de dégradation de la cellulose, mais un d'utilisation énergétique et surtout d'un processus de formation des acides humiques et fulviques à partir de la dépolymérisation de la lignine. Ici les mécanismes de chélation sont très actifs en ce qui regarde les métaux ferreux, mécanismes puissants et très importants dans les sols forestiers.

e) Au point de vue de la qualité alimentaire, nous n'avons pas encore d'études qui portent sur la question bien que nous y sommes très sensibles. Nous pouvons cependant ajouter les commentaires suivants sur les modifications notées. Ainsi les pommes de terre montrent, pour une même variété, une augmentation du taux de matière sèche variant de 25% à 30% en même temps qu'une diminution de 90% des sclérotos de *Scleroderma*. Le volume et la qualité des fruits chez le fraisier, en particulier chez la production de flavones, en même temps qu'une diminution draconienne des pucerons comme parasite, nous laisse à penser que la qualité est grandement améliorée. Chez les céréales, nous avons noté une augmentation d'environ un tiers le nombre de grains par épi par rapport aux témoins. Nous avons mesuré, à plusieurs reprises, une diminution importante du contenu en nutriments des pailles par rapport aux témoins. Il y a là un champ de recherche fort important pour lequel nous espérons toujours l'appui de nos collègues agronomes et diététiciens.

f) Enfin, vous faites allusion au compostage des BRF qui, à nos yeux est une aberration puisqu'elle donne naissance à des phénomènes comme celui dont vous faites allusion. Il est évident que nous touchons ici des mécanismes autres que ceux du compostage qui sont ceux de l'«aggradation» et de la pédogénèse. Le compostage vise la destruction d'un grand nombre de produits dits «pathogènes» en sacrifiant la moitié de la masse et provoquant des transformations biochimiques profondes. L'utilisation des BRF, en surface à température ambiante, permet l'utilisation intégrale de toute la biomasse disponible sans perte d'énergie, rendant cette dernière accessible aux micro-organismes qui régulent le flux des nutriments en relation directe avec le besoin des cultures, d'où des quantités bien moindres pour des résultats supérieurs.

QUESTION 4: *Quels sont les types de machines utilisées pour obtenir des BRF?*

RÉPONSE: Elles sont inspirées des fourragères à maïs. Elles comportent un disque sur lequel sont fixés des couteaux (2 à 3) ou encore sur le principe des raboteuses à tambour avec un nombre de couteaux variant de 2 à 12, selon les modèles et la vitesse de rotation. Ces systèmes coûtent cher en main d'œuvre, bien que ce problème se pose d'une façon bien différente chez les paysans que dans un système industriel traditionnel.

QUESTION 5: *Les entreprises Ménart présentent leur type de broyeur. Celui-ci est une innovation par rapport au broyeur à rotor avec couteaux et contre-couteaux. Ce dernier, construit sur le principe de l'ensileuse, ne supporte pas la présence d'obstacles durs (pierres, barres de fer, souches, etc.).*

Le broyeur Ménart n'est pas sensible aux obstacles durs. Il est composé d'un rotor sur lequel sont montées des chaînes, avec à leur bout des fléaux, pouvant atteindre une vitesse de rotation de 60 mètres/seconde. Le fond du broyeur est mobile et les obstacles facilement évacués. Ces dispositifs permettent un chargement mécanique et par le fait même de volumes plus importants. L'intérêt de ce système est de permettre le broyage d'herbe, feuilles et composés ligno-cellulosiques.

RÉPONSE: Nous connaissons la plaque d'alimentation mais le système de broyage à chaînes et fléaux me semble original et intéressant. Il s'agit d'un véritable système de broyage, non pas de fragmentation comme nous le pratiquons. Nous faisons face à des contraintes particulières au Québec, mais la tâche de la fragmentation peut être facilitée par des froids intenses alors que les rameaux éclatent facilement dans les fragmenteuses.

QUESTION 6: *Le Sénégal connaît des problèmes d'acidification et d'avancée de la salinité dans les sols. Quel est l'objectif du projet dans le bassin arachidier du Sénégal?*

RÉPONSE: Le projet s'inscrit dans un vaste programme financé par le Canada sous le titre de Conservation des Terroirs du Littoral (CTL). Il consiste à fixer les dunes entre Dakar et St-

Louis. Ce projet connaît un succès certain après plusieurs années et les populations locales commencent à retourner à ce qui avait été abandonné depuis longtemps.

Comme vous le suggérez, le Sénégal fait face à un déficit de plus en plus marqué de sa pluviométrie et à une remontée de la salinité dans la nappe phréatique. Avec l'École Nationale Supérieure Universitaire de Technologie de l'Université de Dakar et le financement de l'Agence Canadienne de Développement International, nous mettrons en marche un projet sous le titre de «*Fertilisation organique des cuvettes maraîchères de la région des Niayes (Sénégal)*». Nous y ferons trois types d'essais: soit avec les BRF de filao (*Casuarina equisetifolia*), le compost de coques d'arachides et celui de balles de riz. Le responsable sénégalais sera le D^r Amadou Mamadou Seck, maître-assistant à l'ENSUT.

Les recherches actuelles s'orientent vers la récupération des ordures ménagères afin d'obtenir une humification et une fertilisation du sol comme l'utilisation des chutes de poisson ou des fientes de l'industrie avicole. Peut-on utiliser le BRF en complément des ordures ménagères?

Dans cette perspective il faudrait consulter M. Seck, mais rien de tel n'est prévu dans le projet actuel.

QUESTION 7: *Serait-il judicieux de faire une parcelle témoin avec en plus un apport minéral?*

RÉPONSE: C'est un calcul économique qu'il nous faut tenter, Il nous est difficile de le réaliser dans la mesure où une telle recherche demande une collaboration étroite avec nos collègues agronomes qui ne sont pas toujours prêts à la collaboration dans le domaine des BRF, bien nous notons depuis plus d'un, an un changement de fond à cet égard.

QUESTION 8: *Dans le cadre du Niger et des pays du sud-est asiatique, que faut il penser des conséquences apportées par le recul des forêts sur la qualité des sols agricoles?*

RÉPONSE: L'exposé que je viens de faire n'a pas pour but d'apporter des solutions pratiques et définitives à des problèmes aussi vieux que le monde lui-même, mais plutôt de susciter une réflexion profonde sur la perception que nous avons du monde agricole et du peu d'estime dans lequel nous tenons le monde forestier par rapport à notre ego.

Les processus microbiologiques propres aux sols, tout comme aux systèmes digestifs des animaux, sont aussi vieux que le monde et propres à chaque niveau trophique. Ils sont responsables des équilibres vitaux qui nous gouvernent, en tenant compte de toutes les contraintes. À titre d'exemple, on peut citer la garrigue méditerranéenne qui fut, il y a plus de deux millénaires, une magnifique chênaie. Elle fut exploitée à un point tel que le chêne n'y vient plus, et les hommes considèrent ces paysages comme naturels et harmonieux. Or, il n'en est rien car il s'agit d'un paysage complètement dégradé, à un point tel, qui ne peut retrouver son équilibre, même après des millénaires.

Nous reconnaissons que les sociétés de tous temps se sont confrontées aux équilibres des grands écosystèmes, ce qui a eu un impact à court terme mais également à long terme comme pour la garrigue. La productivité a donc été détournée au bénéfice de l'homme mais également à son détriment, comme c'est maintenant le cas dans toute l'Afrique sahélienne.

Les expériences que nous menons avec les BRF ne visent que l'acquisition de connaissances nouvelles sur un des processus les plus fondamentaux de notre planète: *la pédogénèse*. Jusqu'à ce jour toutes les techniques développées par l'Homme n'ont visé qu'à produire le plus possible, sans jamais véritablement prendre en compte les dégradations causées au sol. Tous prennent pour acquis que le sol se régénère avec le temps et qu'il y a des sols pauvres ou riches naturellement.

Nous pensons pouvoir maintenant proposer une véritable méthode d'**aggradation** par opposition aux méthodes de dégradation avec lesquelles nous sommes si familiers. Le terme d'aggradation est emprunté à la géologie. Il signifie maintenant le

maintien d'un ensemble de mécanismes propres à augmenter l'énergie et la diversité biologique dans un sol donné par opposition au terme de *dégradation* qui atteint les buts inverses. Il n'y a donc pas de relation avec les nutriments présents, sauf dans des cas exceptionnels comme pour certains halogènes.

Pensez-vous que l'utilisation des BRF ait un avenir au Niger?

Je ne connais pas le Niger en particulier, mais ce que je sais du Sahel en général ne me permet pas beaucoup d'optimisme où le surpâturage, le recul de la forêt et l'avancée du désert ne laissent que peu d'espoir véritable du côté des BRF, sauf pour des projets particuliers et ponctuels.

QUESTION 9: *La critique faite au manque d'intérêt des agronomes ne peut être faite aux agronomes belges qui sont très ouverts et s'intéressent de près aux méthodes nouvelles en agriculture.*

RÉPONSE: Cela n'a pas été le cas jusqu'à tout récemment au Québec où l'hostilité a été palpable à plusieurs reprises. Les contraintes de l'assurance-récolte interdisent le plus souvent toute innovation.

QUESTION 10: *N'y a-t-il pas un risque lorsqu'on incorpore des broyats frais au sol?*

RÉPONSE: En agriculture, l'épandage se fait en mélange avec les 5 premiers centimètres du sol. Du côté forestier, on utilise les BRF comme nouvelle litière artificielle qui nous donne les meilleurs résultats à long terme, mais également en mélange avec les premiers centimètres: ce qui nous donne des résultats de régénération légèrement inférieurs. Nous prenons garde de ne pas dépasser 20% de la masse de BRF avec des résineux à cause des terpènes et des résines plus difficilement attaquables.

Avez-vous essayé le compost de broussailles?

Non, nous n'avons jamais essayé le compost de broussailles bien que nous connaissions bien la méthode Jean Pain. Nous l'avons modifiée en évitant le compostage en tas au profit du compostage dit de surface (sheet composting).

Jean Pain conseillait de ne pas incorporer le bois frais car il n'a pas perdu toutes ses matières phytotoxiques.

Jean Pain a certainement eu de mauvaises expériences avec des rameaux fraîchement broyés et incorporés au sol, ce qui ne nous est jamais arrivé; bien au contraire les BRF frais ne montrent aucune inhibition ou phytotoxicité au Québec, même au niveau de la germination d'un très grand nombre d'espèces de plantes cultivées.

Il faut également reconnaître que le compostage coûte très cher à cause des pertes énormes durant le processus qui nécessite en outre des contrôles thermiques onéreux. Au Québec, la majorité de nos BRF proviennent d'essences climaciques qui s'intègrent très bien au sol alors qu'un pays comme la Belgique possède plus d'essences allochtones, dont un grand nombre d'arbustes et de conifères dont la compatibilité avec la "microbiologie locale" n'est pas évidente.

QUESTION 11: *Existe-t-il des chantiers de compostage au Québec?*

RÉPONSE: Il existe de nombreux chantiers de compostage au Québec dont certains spécialisés dans les herbes et les feuilles, d'autres dans les boues d'épuration des eaux usées ou encore celui des Composts du Québec, près de Québec, qui manipule quelques centaines de milliers de tonnes annuellement incluant plus de 100,000 tonnes de boues de désencrage. Toutefois, les marchés ne sont pas encore assurés pour de telles productions qui ne sont qu'une infime partie des possibilités. Je sais que des travaux de recherche sont en cours afin d'identifier, à coup sûr, l'état de maturité d'un compost.

Toutefois, l'ampleur du domaine forestier demande des traitements adaptés au problème, tant du point de vue technique qu'économique. Des essais de compostage des sciures se sont soldés par des échecs. Bien que je connaisse peu ces techniques de compostage, il me semble évident que le traitement des ordures ménagères soit à la fois un problème et une voie d'avenir. À ce chapitre, il faut reconnaître que les quelques millions de tonnes d'ordures ménagères préoccupent beaucoup plus l'opinion publique et les politiciens que les dizaines de millions de tonnes qui se perdent annuellement en milieu forestier. Je me permets de souligner le fait que les ordures puissent avoir un avenir économique, en dit long sur notre société de consommation...

QUESTION 12: a) *L'incorporation des BRF au sol ne risque-t-elle pas de créer une faim d'azote?*

b) *Pourrait-on en savoir plus long avec les expériences menées avec du blé?*

RÉPONSE: a) Il apparaît généralement une légère faim d'azote mais elle est sans conséquence pour la croissance ou le rendement éventuel de la plante. Cette faim se corrige d'elle-même après quelques jours ou quelques semaines comme je l'ai mentionné plus tôt. Il faut remarquer que le rapport C/N des BRF suggère un taux d'azote relativement élevé, mais qui se trouve sous forme protéique. Il nous semble évident que de l'azote protéique en présence d'une source de carbone importante que représentent celluloses et héli-celluloses, est apte à amorcer les phénomènes naturels de fixation et de transfert de l'azote à tous les niveaux trophiques. Cette légère faim d'azote ne se présente que lors de la première application, jamais lors des applications subséquentes. Ces commentaires sont valables sans lisier de porc pour l'application de BRF à raison de 150 à 200m³/ha.

L'une des sources importantes de BRF au Québec provient de l'entretien du réseau de distribution électrique de la société Hydro-Québec qui en produit annuellement plus d'un million de mètres cubes et qui doit consacrer des sommes considérables à la disposition de cette matière.

b) Concernant la première expérience positive sur la culture du blé sur la ferme Carrier en 1978, la parcelle traitée avec 150m³ de BRF a été sauvée de la sécheresse par rapport à la parcelle témoin qui a été complètement perdue. Une deuxième saison montra une augmentation du tiers du nombre de grains par épi et une réduction importante du contenu des pailles en nutriments par rapport au témoin.

Nous avons constaté quelques échecs alors que les producteurs n'ont pas respecté les techniques proposées. L'un des points sensibles se trouve au niveau de l'utilisation des engrais azotés et particulièrement de l'urée. L'autre point important se trouve au niveau des méthodes culturales où les BRF sont enfouis à 20 ou 30cm par des labours profonds. **Il est impérieux que tout le processus de transformation pédogénétique des BRF se fasse en aérobiose.**

A l'inverse de l'approche «fertilisation chimique» dont la disponibilité des nutriments est immédiate sans autre forme de procès, l'approche «pédogénétique» nécessite que le temps fasse son œuvre, en favorisant tous les mécanismes enzymatiques, chimiques physico-chimiques, physiques et microbiologiques. Il n'y a donc que le temps qui permette une réorganisation de ce qui a souvent été détruit par des fumures excessives sur de longues périodes. Toutefois il faut souligner que les effets positifs d'une seule application se font encore sentir après plus de 7 années, ce qui n'a rien de commun avec des applications annuelles d'engrais ou de fumiers compostés.

QUESTION 13: *L'épandage de broyat frais va à l'encontre du processus de minéralisation avec comme base la lignine; le compostage ne présente-t-il pas une meilleure avenue et des résultats plus fiables?*

RÉPONSE: Nous observons certainement ce qui caractérise le processus d'humification ,mais sans s'opposer au processus de minéralisation comme vous le suggérez. Nous savons depuis quelques mois que la lignine se dépolymérise sous l'action de lignoperoxydase, enzyme associée au manganèse. En présence d'hyphes de basidiomycètes, les macromolécules adhèrent au mycélium (fractions humiques) et les molécules d'un poids plus faible (fractions fulviques) sont libérées dans la solution du sol (Leisola & Garcia 1990). Ce mécanisme fondamental permet d'amorcer la diversification microbiologique, allant des virus aux mammifères.

Il est évident que le compostage se limite à l'élimination de substances du groupe des polyphénols ou autres qui interviendraient dans l'efficacité de la minéralisation et de l'assimilation des nutriments par les plantes. Pour ce faire, il faut sacrifier plus de la moitié de la masse du matériel initial. Nous ne voyons pas pourquoi nous devrions perdre les éléments les plus précieux et les plus vulnérables des BRF. Il va de soi que nous sommes en présence d'un processus dynamique aussi difficile à saisir et comprendre que la vie elle-même. Je n'ai pas la prétention de faire changer des siècles de culture basés sur la minéralisation et la disponibilité de l'azote, en quelques années. Il faut toutefois réaliser que, pour la première fois, nous faisons face à de nouveaux défis issus mêmes des technologies liées à la minéralisation. Le temps me semble venu de mettre en place les rouages de la magnifique machine biologique qu'est le sol.

Au Québec, petit pays, nous estimons entre 50,000,000 et 100,000,000 de tonnes de bois raméal qui se perdent annuellement, soient plusieurs milliards de tonnes par toute la planète qui disparaissent annuellement en pure perte.

En terminant, je désire souligner une fois de plus que les BRF représentent une piste de réflexion extrêmement profonde et de possibilités presque infinies dans le domaine à la fois agricole et forestier. Je pense que ce débat n'en est qu'à ses balbutiements et qu'il est porteur de changements profonds dans les décennies à venir. Nous nous adressons à un

processus universel qui caractérise les sols aussi bien des tropiques que de la grande forêt boréale.

Voilà une occasion d'unir les Hommes du Sud et du Nord en quête d'une sagesse universelle accessible à tous.

oo

publication n° 29
février 1993
édité par
Le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Faculté de Foresterie et de Géomatique
Université Laval
Québec G1K 7P4
QUÉBEC
Canada

courriel: gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca
<http://forestgeomat.for.ulaval.ca/brf>
FAX 418-656-3152
tel. 418-656-2131 poste 2837
ISBN 2-550-27481-4