

UNIVERSITÉ LAVAL

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

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

FAO
Rome
Italie

« L'aggradation pédogénétique, un processus universel sous l'influence des BRF: les effets sur la biodiversité et la productivité »

par le

Professeur Gilles Lemieux

décembre 1993

Publication n° 35

édité par le
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
UNIVERSITÉ LAVAL
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Québec GIK 7P4
QUÉBEC Canada

décembre1993

édité par

Le Groupe de Coordination sur les Sois Raméaux

Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Faculté de Foresterie et de Géomatique

Université Laval

Québec G1 K 7P4 QUÉBEG Canada

publication n° 35a courriel: gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca .

FAX 418-656-5262

tel. 418-656-2131 poste 2837 ISBN 2-921728-04-4 (1995)

L'aggradation pédogénétique, un processus universel sous l'influence des BRF: les effets sur la biodiversité et la productivité.

La presque totalité des terres agricoles actuelles ont une origine forestière mises a part les steppes asiatiques, la pampas sud américaine et les prairies de l' Amérique du Nord. Ces écosystèmes sont principalement constitués de graminées et de plantes herbacées sous des conditions climatiques a faible pluviométrie donnant ainsi des sols profonds.

A bien y regarder lorsque les tissus végétaux atteignent le sol forestier, ils sont rapidement transformés en énergie et en nutriments par les microorganismes. Toutefois, la plupart du temps, ces nutriments sont partie intégrante de composés organiques liés au complexe humique qui est a la fois organique et minéral. Ce complexe organo-minéral est particulièrement stable sous la forêt feuillue tempérée, mais devient très vulnérable sous les conditions tropicales. Ce complexe organo-minéral a plusieurs fonctions; c'est pourquoi on doit y porter une attention spéciale .

Mon propos ici n'est pas de rappeler ce que nous connaissons déjà, mais plutôt de souligner quelques concepts nouveaux ainsi que des observations et découvertes. C'est ce que mes collègues et moi avons fait et publié durant la décennie qui s'achève. Au milieu des années '70, mon collègue Guay, alors sous-ministre au ministère des Terres et Forêts du Québec, entama des recherches sur de nouveaux produits de la forêt. Des usines d'extraction d'huiles essentielles de conifères avaient des milliers de tonnes de rameaux fragmentés.

Un premier essai de caractérisation chimique montra des analyses riches en protéines, acides aminés sucrés, cellulose, pectine et amidon avec un rapport carbone/azote (C/N) variant de 30/1 a 150/1. Des premiers essais d'utilisation de ces drèches en compost de surface. Toutefois, lorsqu'on utilisait des rameaux fragmentés de feuillus les résultats étaient bien supérieurs allant jusqu'à doubler une récolte de blé.

C'est ainsi qu'on me demanda un jour d'identifier les mécanismes en cause puisque le scepticisme le plus total fusait de toutes parts de la bouche des scientifiques devant des résultats non orthodoxes mais bien vérifiables. Je me mis donc a la tâche, mais fut rapidement d'au des résultats après des semaines de vaines recherches. La littérature scientifique était complètement muette. Personne à l'exception de **Koslowsky** et **Winget** (1964) n'avait prêté attention au contenu en nutriments des arbres et encore bien moins à la contribution organique potentielle du bois aux sols agricoles. Il se révéla rapidement qu'aucune description du contenu en nutriments des rameaux mis à part les nutriments chimiques n'existait. Ceci ne contribuait guère à éclaircir le mystère portant sur les mécanismes de transformation des rameaux fragmentés.

C'est en 1986 que nous donnâmes pour la première fois une description et un nom a ce «nouveau» matériau (**Lemieux 1986**) le nommant Bois Raméal Fragmenté 00 BRF. Ces BRF sont constitués de rameaux dont le diamètre est inférieur à 7cm pour les fins agricoles, simplement parce que ces rameaux sont les plus riches en nutriments et ne sont généralement pas utilisés comme bois de chauffe. La raison pour laquelle les Gymnospermes ne sont pas aussi efficaces que les Angiospermes ligneuses tient a la structure même de la lignine (Swift, 1991, Larochelle, 1993). La dépolymérisation de la lignine chez les conifères est imparfaite et donne des composés aliphatiques, alors que celle des feuillus donne des acides fulviques et humiques a cause de l'action des Basidiomycètes qui effectuent une bien meilleure dépolymérisation (Leisola & Garcia 1989).

Bien que les champignons du sol soient essentiels, leur action est encore plus importante lorsqu'ils sont associés a la pédofaune fungivore. Si on ajoute le rôle joué par les bactéries, protozoaires et algues microscopiques, nous avons en gros le processus de mise en disponibilité des nutriments lorsque la croissance des plantes l'exige. Bien que ceci semble simple et cohérent, nous savons tous que la réalité est fort différente. La question est posée de savoir pourquoi les rameaux de petits diamètres sont efficaces alors que ceux du bois caulinaires ne le sont pas? Il semble bien que la réponse réside dans le degré de polymérisation de la lignine et le contenu en polyphénols (**Larochelle 1993**).

Après plus de quinze années d'expérimentation sur le terrain tant en foresterie qu'en agriculture, nous pouvons soutenir les faits suivants:

- 1° La lignine du bois raméal est nettement moins polymérisée que celle du bois caulinaires.
- 2° Le contenu en lignine du bois raméal, en relation avec la cellulose, est plus élevé que dans le bois caulinaires.

3° La fragmentation a pour but de favoriser une infection rapide par les microorganismes du sol en captant l'énergie disponible ainsi que les nutriments qui sont immédiatement associés au complexe humique.

4° Ce processus donne naissance à trois types de matière organique: la matière organique héritée, la matière organique soluble ainsi que des agrégats bactériens organo-minéral (**Toutain** 1993).

Permettez-moi de ne pas pousser plus avant sur l'histoire des BRF, mais je ne crois pas révéler ici aucun secret. Nous avons consacré la dernière décennie à rassembler les parties connues des processus pédogénétiques qui sont dispersés çà et là dans la littérature scientifique. Chaque année nous avons obtenu beaucoup de données de nos expériences sur le terrain, mais relativement peu de la communauté scientifique.

AGRICULTURE

Comme il a été dit, l'aventure des BRF commença en agriculture à la fin des années '70. C'est ainsi que **Guay** rassembla trois idées principales qui sont: la bioconversion, le compostage de surface (sheet composting) et le compostage de broussailles d'après Jean Pain en France. C'est ainsi qu'apparaît, pour la première fois une méthode d'amélioration du processus d'humification par un effet sur tous les volets de la vie du sol. Les effets de la minéralisation outrancière peuvent maintenant être combattus par un processus naturel d'aggradation basé sur des mécanismes pédogénétiques.

Les expériences menées sur le blé, l'avoine, les pommes de terre et les fraises ont donné des augmentations de rendement spectaculaires, tout permettant d'améliorer la régulation de l'eau, la résistance au froid et aux maladies et insectes, le contenu en matière organique du sol ainsi qu'une augmentation des valeurs du pH et une plus grande disponibilité de l'azote. Après plus de dix années, les effets du premier traitement peuvent encore être perçus.

Lors d'expériences africaines récentes au Sénégal (Seck, 1993), les résultats obtenus sont encore plus importants sur les cultures de tomate amère (*Solanum rethiopicum*). Le Dr Seck de l'Université Cheikh Anta Diop, a obtenu des rendements doubles des parcelles témoins en ce qui regarde la production de fruits ainsi que la biomasse totale à l'intérieur d'une période de 43 jours. Il a également observé une flore adventice beaucoup moins agressive que dans les parcelles témoins, un taux d'humidité du sol sans pareil et plus encore, la disparition des nématodes du système racinaire, l'un des plus importants parasites racinaires en culture maraîchère.

Il est à remarquer que les résultats en climats tempéré et tropical sont semblables, même supérieurs sous les tropiques. Il nous est maintenant permis de dire sans ambages que les **BRF peuvent maintenant être perçus comme un matériau permettant l'aggradation pédogénétique universelle. Ce sont les systèmes humiques à travers les processus biologiques d'humification qui en sont responsables. Ils ont un effet sur le synchronisme et la mise en disponibilité des nutriments.**

FORESTERIE

Les résultats que nous avons obtenus en agriculture sont incontestables, mais quelle peut être l'influence des BRF sous le couvert forestier ou sur l'ensemble des pratiques sylvicoles? Lors de la mise sur pied de nos premières expériences en 1983, nous savions que les difficultés qui nous attendaient étaient considérables en ce qui regarde le financement et les années nécessaires pour obtenir les premières données. Dans la réalité, ce fut le cas. Nous avons encore de grandes difficultés et l'avenir ne se présente guère mieux, mais les résultats que nous obtenons en valent la peine. Nous avons perçu les BRF comme un matériel expérimental sans comparaison, puisqu'à ce jour, toutes les techniques et les expériences forestières ont l'agriculture ou les travaux de laboratoire comme base de comparaison. On doit, ajuste titre me semble-t-il, espérer que les questions forestières reçoivent des réponses écologiques. n en va de même au sujet des problèmes relatifs à la complexité des écosystèmes forestiers qui se déroulent dans un espace de temps bien différent de celui des cycles agricoles.

Nous avons donc mis sur pied deux types de parcelles expérimentales forestières dont l'une sous couvert forestier de l'érablière (*Aceretum sacchari*) et l'autre sur un sol dégradé presque stérile, connu comme tel depuis plus d'un demi siècle. Il serait trop ennuyeux de détailler nos observations et mesures, mais quelques points d'importance majeure méritent d'être soulignés:

Sol dégradé presque stérile

L° Des semis d'essences forestières viables apparaissent entre la troisième et la cinquième année après l'application.

2° Tous les semis d'arbres sont d'espèces variables, mais toutes appartenant à l'écosystème pionnier régional.

3° Les BRF provenant d'essences d'écosystèmes riches ont donné de bien meilleurs résultats à la régénération que ceux provenant d'écosystèmes pauvres.

4° Dans les mêmes conditions et provenant du même écosystème, les BRF de certaines essences ont donné une régénération de conifères tandis que d'autres favorisaient les feuillus.

Sous le couvert de l'érablière

Des changements sont apparus dans la composition végétale et dans la fréquence de certaines espèces mais le plus important se manifeste dans le changement radical de la structure de l'humus. Après cinq ans un moder très épais s'est transformé en un mull caractérisé alors que la litière annuelle est maintenant totalement intégrée à l'écosystème hypogé. Ici également les **BRF** d'essences provenant d'écosystèmes riches donnèrent de meilleurs résultats.

On doit s'interroger sur de telles transformations, mais certaines réponses peuvent être apportées en partie, même si, à l'échelle d'un écosystème forestier, 5 années représentent une période relativement courte. Il semble bien que dans chaque cas, ce soit le système humique qui soit responsable des changements. Dans les faits, l'humus n'est jamais perçu comme un aspect fondamental dans l'établissement d'un plan d'aménagement forestier. La réalité veut qu'après l'exploitation des grumes, seuls le sol et l'humus restent. de ce qui était.

Partout sur la planète, les branches et les broussailles ont été de tout temps, perçues comme des signes de pauvreté. Depuis le début de l'exploitation industrielle de la forêt au XIX^e siècle, ce matériel est clairement identifié à un rebut dont il faut se débarrasser au plus haut coût. Une estimation grossière nous montre que pour le Québec seul, il y aurait une production annuelle de l'ordre de 100 000 000 de tonnes. À l'échelle mondiale, la production serait de l'ordre de plusieurs milliards de tonnes annuellement. L'expérience nous a démontré que ces petits rameaux n'avaient pas d'usage sous les tropiques. Ceci permet donc de transformer des petits rameaux en «nourriture du sol» plutôt qu'en celle du bétail. En nourrissant la microflore et la microfaune du sol, on investit pour des bénéfices à moyen et long terme, à la fois pour l'agriculture et la forêt, tout en réduisant les coûts et en augmentant les bénéfices des travaux. À ma connaissance, l'utilisation des BRF représente la seule technologie d'aggradation possible économiquement à grande échelle. Les BRF peuvent être constitués de milliers d'espèces d'arbres et d'arbustes donnant des réponses variables, mais toutes positives à l'égard de l'amélioration du système humique. Il est plausible d'espérer ainsi donner aux sols agricoles toutes les caractéristiques des meilleurs sols forestiers à un coût que même les peuples les plus démunis peuvent assumer. Des plantations forestières locales ou régionales peuvent maintenant être mises en place pour la production de BRF à des fins maraîchères.

Un grand nombre de pollutions agricoles ont pour cause la dégradation du système humique qui devient incapable de retenir l'eau, les nutriments et chélater les métaux lourds. Les systèmes humiques, après les écosystèmes marins, sont les plus puissants sur terre et ceux auxquels on ne porte aucune attention véritable. Ces deux systèmes sont maintenant en danger à cause de l'intervention inconsidérée de l'homme.

Nous connaissons maintenant combien sont positifs les résultats obtenus en transformant les BRF en humus fortement réactif, mais changer les habitudes n'est pas une mince tâche. L'agriculture a des racines très profondes dans nos cultures et fait de lents progrès dans l'utilisation de nouvelles techniques. Il faut des changements profonds dans les mentalités pour accepter l'aide d'un très vieil adversaire, la forêt!

Du côté forestier, les choses sont encore plus difficiles puisque des pays comme le Brésil ou le Canada qui mènent des exploitations forestières à grande échelle, ne se soucient que des profits immédiats sans aucun souci véritable de l'avenir. Ceci est le fait de notre perception de la forêt et de la mer comme étant des ressources sans fin donnant des bénéfices également sans fin. Nous savons bien

maintenant que te! n'est pas le cas, mais aucune proposition réaliste n'est apparue a ce jour pour protéger et maintenir le capital forestier 011 qu'il se trouve.

Les BRF, qui n'ont jamais été perçus comme une valeur fondamentale, demandent qu'on y regarde a deux fois dans les pays du Tiers Monde tout comme dans les pays développés de l'hémisphère nord Les BRF représentent le seul matériau capable de stimuler et d'augmenter le processus humique. L'effet des BRF se fait sentir sur la régulation et la disponibilité des nutriments ainsi que la biodiversité du sol depuis les virus jusqu'aux mammifères. L'importance de cette découverte est pleine d'espoir, mais il y a un urgent besoin de recherche scientifique, d'organisation sociale et de promotion. Les BRF nous amènent au seuil d'un nouveau monde biologique a l'échelle universelle. Les BRF deviendront rapidement une matière première. Un tel matériau biologique universel aura un effet direct a court et long terme sur le sol, les cultures, l'économie ainsi que sur les sociétés animales et humaines. (FAO, Rome 1er décembre 1993. Université Laval, Québec (Canada))

Les temps actuels ne sont pas propices a la mise sur pied de grandes organisations internationales portant sur les problèmes a l'échelle planétaire. Néanmoins, nous devons réfléchir a l'avenir d'une telle richesse au niveau international. Mon expérience ne me laisse aucun doute sur la grande valeur universelle des BRF, bien qu'ils n'aient pas été encore expérimentés a grande échelle. Les BRF seront sans doute perçus dans l'avenir comme l'une des plus importantes contributions biologiques de notre siècle biotechnologique.

En terminant, je tiens a remercier M. le Président Saintraint pour son invitation à la FAO en me permettant la diffusion publique des connaissances que nous avons acquises sur les BRF. Je suis redevable également à M. le Ministre Conseiller Andrigo de l'ambassade du Canada de ses conseils et de son assistance.

Bibliographie

- Beauchamp, C. (1993) «La caractérisation et la valorisation agricole des BRF et leurs impacts sur le sol et les cultures». Les Actes du Quatrième Colloque International. sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétreaul.t, Université Laval pp 42-48.
- Comelis, Jean (1993) «L'évolution du recyclage des déchets verts en Belgique» Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétreaul.t, Université Laval pp. 56-67.
- Koslowsky, G. & Winget, C.B. (1964) «The role of reserves in leaves, branches, stems and roots on shoots growth of Red Pine». Amer. Jour. Bot. 52: 522-529.
- Larochelle, L. (1993) «L'influence de la qualité des bois raméaux fragmentés (BRF) appliqués au sol: effets sur la dynamique de leur transformation». Les Actes du Quatrième Colloque International. sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétreaul.t, Université Laval pp 77-84.
- Leisola, M.S.A. & Garcia S. (1989) «The mechanisms of lignin degradation» In «Enzymes systems for ligno-cellulose degradation», Galway, Ireland Published by Elsevier Applied Science, London 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. @ ISBN 2-550-21340-8 Publication no. 3226
- Lemieux, G. (1986) «Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol». Département des Sciences Forestières Université Laval, Québec 17 pages. @ISBN 2-550-21338-1.. Publication no. ER89-1211.
- Lemieux. G. (1987) «L'importance du bois raméal dans la "synthèse" de l'humus» Département des Sciences Forestières, Université Laval, Québec, 29 pages. @ISBN 2-550-21341-6. Publication no. ER89-1250.
- Lemieux, G. (1990) «L'intersuffisance des systèmes épigé et bypogé» (Bootstrapping in ecosystems). Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux. Département des Sciences Forestières, Université Laval 35 pages. @ISBN 2-550-21445-5 publication no. ER90-3140

- Lemieux, G. (1992) «L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière». Colloque de l'Escola Superior Agrária de Coimbra, Portugal. 10 pages. Département des Sciences Forestières, Université Laval @ ISBN 2-550-26521-1 Publication n° FQ 92-3099.
- Lemieux, G. (1993) «Le bois raméal fragmenté et la méthode expérimentale: une voie vers un institut international de pédogénèse». Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux publiés par G. Lemieux et J.P. Tétréault, Université Laval, pp. 124-138.
- Lemieux, G. & Goulet, M. (1992) «Sylvagraire" und "Sylvasol", neue Wege zum Aufgradieren von Acker -und Waldboden». Colloque tenu à la Maison du Québec à Düsseldorf, Allemagne. Département des Sciences Forestières, Université Laval, 4 pages @ ISBN 2-550-26540-8 publication no FQ 92-3102.
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1989) «La régénération forestière et les bois raméaux fragmentés: observations et hypothèses». Département des Sciences Forestières de l'Université Laval, Québec, 223 pages. @ISBN2-550-21342-4. Publication no. ER89-1276.
- 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 (Forêts) Québec. 35 pages. @ISBN 2-550-21267-3. Publication no. ER90-3136
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1991) «Le rôle des bois raméaux dans la pédogénèse des sols forestiers». Département des Sciences Forestières, Université Laval, 46 pages, @ISBN: 2-550-22693-3 publication no. FQ91-3106
- Lemieux, G. & Lapointe R.A. (1992) «Les actes du troisième colloque sur les bois raméaux fragmentés» Département des Sciences Forestières, Université Laval, 57 pages @ISBN 2-550-22796-4 publication no. FQ92-3010
- Lemieux, G. & Tétréault, J.-P. (1993) «L'origine forestière des sols agricoles: la diversification microbiologique par aggradation sous l'effet des bois raméaux fragmentés» Comité Jean Pain International, Bruxelles, octobre 1992, Département des Sciences Forestières Université Laval, 33 pages. @ ISBN 2-550-27481-4 publication no. FQ93-3052.
- Lemieux, G. & Toutain F. (1992) «Quelques observations et hypothèses sur la diversification: l'aggradation des sols par l'apport de bois raméal fragmenté». Colloque du Muséum National d'Histoire Naturelle, Brunoy, 16 juin 1992.- Département des Sciences Forestières Université Laval, 13 pages. @ ISBN 2-550-26541-6 publication no 92-3103.
- Pagé, F. (1993) «L'apport des bois raméaux en sols cultivés: le rôle de la pédofaune sur la transformation de la matière ligneuse». Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétréault, Université Laval pp. 68-76.
- Seck, M.A. (1993) «Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de *Casuarina equisetifolia* dans les cuvettes maraîchères des Niayes (Sénégal)». Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétréault Université Laval pp 36-41.
- Swift, R.S. (1991) «Effects of Humic Substances and Polysaccharides on Soil Aggregation». Advances in Soil Organic Matter Research W.S Wilson Edit. Royal Society of Chemistry, Cambridge U.K., 400 pages 1991.
- Toutain, F. (1993) «Biodégradation et humification des résidus végétaux dans le sol: évolution des bois raméaux (étude préliminaire)». Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux édités par G. Lemieux et J.P. Tétréault, Université Laval pp 103-111.

.ISBN 2-921728-04-4.

Dépôt légal: Bibliothèque Nationale du Québec, 1995

FAO, Rome 1er décembre 1993.
Université Laval. Québec (Canada)