

UNIVERSITÉ LAVAL

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

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

CONFÉRENCE CONSTITUTIVE DU RÉSEAU AFICAÏN DU COMPOST

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP

École Nationale Supérieure Universitaire de Technologie

Dakar, Sénégal

**«*La dynamique de l'humus et la
méthode expérimentale: l'apport de
la forêt à l'agriculture par le bois
raméal fragmenté*»**

par le

Professeur Gilles Lemieux

avril 1995

Publication n° 54

<http://forestgeomat.ffg.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

LA DYNAMIQUE DE L'HUMUS ET LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE : L'APPORT DE LA FORÊT À L'AGRICULTURE PAR LE BOIS RAMÉAL FRAGMENTÉ (BRF)

par le
Professeur Gilles Lemieux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Université Laval
Québec G1K 7P4
QUÉBEC
(Canada)

Bien que la forêt et l'agriculture soient perçues comme étant des entités séparées, dont la complémentarité n'est perceptible qu'au niveau de l'utilisation humaine, la réalité est toute autre. Toutes les terres agricoles utilisées par l'Homme, sous tous les cieux sont d'origine forestière et encore plus spécifiquement de la forêt feuillue. Ceci nous a mené à nous interroger sur la raison profonde de cet état de fait. Nous avons été conduit à nous intéresser aux caractéristiques biologiques fondamentales, alors que les connaissances actuelles portent avant tout sur les caractéristiques physiques et chimiques des écosystèmes, avec une emphase sur les dérèglements dits «pathologiques».

Nous avons ainsi reconnu que le seul élément pérenne de tous ces écosystèmes était celui du système biologique édaphique, connu sous le nom de **système humique**. Beaucoup d'auteurs reconnaissent sa complexité, mais peu se sont penchés sur son dynamisme. Les études portant sur les polyphénols et les complexes tanins-protéines montrent l'importance de la lignine et de sa structure dans la dynamique et la gestion de l'eau d'une part, et des nutriments d'autre part, dans les cycles annuels forestiers. De nombreuses études portant sur la dépolymérisation enzymatique de la lignine nous ont mis sur une piste particulièrement favorable à la compréhension du fonctionnement de l'écosystème édaphique. La relation des Basidiomycètes avec la lignine des feuillus est de loin la plus fertile; elle amène la formation d'agrégats composés des fractions humiques et fulviques, sous l'action d'enzymes spécifiques comme la lignoperoxydase.

Toutefois, ces agrégats ont une vie relativement brève, puisqu'ils font l'objet de prédation de la part des micro-organismes et doivent être constamment renouvelés. Ce renouvellement se fera donc à partir des petites racines contenant de la lignine soluble ou peu polymérisée, ainsi que des débris provenant de la cime des arbres (feuilles et ramilles). La disparition de la forêt donnera donc, dans un premier temps, une abondance de fertilité et de productivité, puisque tout le système humique est métabolisé, restituant ainsi les nutriments engagés dans des cycles complexes. Après quelques années sous des conditions tropicales, et quelques décennies sous des climats tempérés, tout s'effondre.

Nous avons regardé quelles pourraient être les sources de matériaux susceptibles de remettre le «système humique d'origine forestière sur les rails». Nous en sommes venus à

la conclusion que sous toutes les latitudes, les résidus de coupe n'avaient jamais été utilisés sous la forme de petits rameaux. Dans les pays les plus pauvres, ils sont laissés pour compte à pourrir ou à brûler.

Ainsi, nous avons décrit sous le nom de **bois raméal**, ces rameaux non utilisés comme bois de chauffe et dont la production mondiale s'élève à des milliards de tonnes annuellement. Pour transformer au sol ce matériau contenant celluloses, lignine et protéines, nous avons imaginé de fragmenter ces rameaux en petits morceaux ou de les défibrer en les écrasant entre des pierres. Ils sont par la suite mélangés avec les premiers centimètres du sol, pour ainsi forcer l'«infection» des Basidiomycètes dans les tissus et transformer la lignine, tout en introduisant l'énergie des parties cellulosiques dans le complexe organo-minéral vivant. La formation des agrégats propres aux sols fertiles s'accompagne, après quelques mois seulement en climat tempéré, d'une mélanisation caractéristique, une augmentation du pH ou une réduction, selon le cas, tendant vers la neutralité, avec une stabilisation du rapport C/N entre 40/1 et 20/1. Il en va de même du taux de matière organique.

Le cycle nécessaire à la gestion de la croissance des plantes est rétabli, donnant ainsi toutes les conditions forestières au sols agricoles, sans la présence des arbres cette fois, mais avec tous les bénéfices qu'ils apportent. Tous les projets mis de l'avant nous ont donné des augmentations allant de 30 % à 300 % selon les cultures. En climat tropical, ces rendements ont augmenté de 100 % à 200 % après deux ans, avec en surprime, une diminution draconienne de parasites comme les nématodes, ainsi que de l'agressivité des mauvaises herbes, sans apport d'engrais ou de produits antiparasitaires.

Nous sommes maintenant certains d'avoir mis au jour un processus fondamental, universel et peu coûteux, utilisant un matériau présent sous tous les cieux, d'une grande complexité, permettant de retrouver les conditions antérieures aux dégradations actuelles et permettant d'assurer aux plus démunis une sécurité alimentaire et forestière. La forêt retourne donc à son rôle primitif en assurant la pérennité de l'écosystème, la gestion de l'eau et la stabilisation des sols. Ceci représente la base de la lutte à la désertification, la perte des sols, le contrôle de l'eau et la sécurité alimentaire pour une grande partie de l'humanité.

Nous pouvons ainsi prétendre à une interprétation fondamentalement différente de la notion de «biomasse», telle que définie depuis deux décennies. Nous mettons actuellement sur le même pied tout ce qui est d'origine organique, en tant que source énergétique ou «fertilisante», après dégradations et pertes énormes sans aucune raison véritable sinon d'imiter les fumiers. C'est une conception inadéquate pour la majorité des pays, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales, voire méditerranéennes. Nous apportons ainsi une nouvelle dimension à l'agriculture, ses techniques et produits «fertilisants», ainsi qu'à la notion de fertilisant même. Nous rejoignons et stimulons tous les processus propres à la **pédogénèse**.

Le projet a été initié au milieu des années 70 par monsieur R. Edgar Guay, alors sous-ministre au ministère des Forêts du Québec, dans le contexte de l'appauvrissement des populations rurales et de leur déplacement, associés à une dégradation des forêts par surexploitation dans un contexte économique frénétique. Constatant le sous-développement

chronique des milieux paysans, forestiers en particulier, il chercha de nouveaux produits et de nouveaux emplois pour ce secteur en voie de déchéance sociale. Il combina donc deux techniques connues. La première est le «sheet composting» développée aux USA, c'est-à-dire l'épandage en surface du sol de déchets ou d'ordures ménagères associés au sol par un hersage léger, sans labour ni enfouissement. La seconde consistait à utiliser le bois de petits rameaux fragmentés en petits morceaux, comme le préconise la méthode initiée par Jean Pain en France, mais sans compostage en tas, en appliquant ces petits morceaux sur le sol selon la méthode du «sheet composting». Les résultats ne furent pas longs à se manifester, et après 90 jours, le champ de blé traité était sauvé de la sécheresse et le sol, transformé en mull.

Nous avons conclu que nous entrions dans un immense processus naturel susceptible de bouleverser les règles actuelles, non seulement au point de vue scientifique, mais également au point de vue économique et social. Il restait à prouver que nous étions en face de mécanismes puissants et que les phénomènes que nous observions étaient universels et qu'ils pouvaient s'appliquer sous tous les cieux de la planète.

Les objectifs que nous poursuivons depuis le début sont toujours les mêmes et se précisent de plus en plus. En agriculture: a) nourrir le sol puisqu'il est vivant et qu'il gère l'ensemble des processus de nutrition végétale, b) favoriser sa structuration, pour en assurer la stabilité de même que la conservation et la gestion de l'eau, c) augmenter la productivité végétale, d) contrôler les principaux prédateurs des cultures, e) diminuer l'agressivité et le nombre de mauvaises herbes. En foresterie: a) diminuer les risques d'incendies forestiers après abattage, b) réintroduire dans l'écosystème édaphique l'ensemble des nutriments et de l'énergie contenu dans la ramure des arbres abattus, c) stopper l'érosion et stimuler la régénération naturelle pour remplacer le coût très élevé des plantations artificielles d) protéger les gisements aquifères et favoriser le cycle naturel de l'eau dans les pays fragiles à ce chapitre.

Le projet consiste à utiliser les rameaux de Dicotylédones ligneuses de moins de 7 cm de diamètre de préférence, qui ne sont jamais utilisés comme bois de feux et le plus souvent laissés à la pourriture ou à une alimentation partielle du bétail bovin ou caprin. Ceci a donc fait du **BOIS RAMÉAL** un symbole de pauvreté, bien qu'il soit l'un des matériaux biologiques les plus riches de la terre; ceci s'est vérifié sur tous les continents que nous avons visités. Après fragmentation, nous avons donné le nom de **BRF** à ce nouveau matériau (**Bois Raméal Fragmenté**). «Ramial Chipped Wood ou **RCW**» en anglais (1992), «Fragmentiertes Zweigholz ou **FZH**» en allemand (1992), «Madera Rameal Fragmentada ou **MRF**» en espagnol (1994), «Aparas de Ramos Fragmentados ou **ARF**» (1993) en portugais, et «Ramoscelli Frammentati ou **RF**» en italien (1993).

Méthodologie

Nous avons fragmenté et appliqué les rameaux directement au sol pour forcer l'infection par la microflore, permettant ainsi le développement de la microfaune édaphique, seule capable d'intégrer le matériau au sol et d'en faire de l'humus. (**Anderson, J.M.** [1988],

Anderson, R.V., Coleman, & Cole [1981], Boddy, [1983] Swift, Heal & Anderson, J.M. [1979], Larochelle [1993], Lemieux [1994], Lemieux & Toutain [1992], Pagé [1993], Toutain [1993]).

Au début, la fragmentation a été réalisée à l'aide d'appareils destinés à la fragmentation des rameaux en milieux urbains. Puis, nous avons fait appel à des appareils plus spécialisés pour finalement, mettre l'emphase sur l'utilisation d'appareils d'origine agricole comme les fourragères. En milieux tropicaux, nous avons favorisé la fragmentation manuelle à l'aide de machettes en utilisant une méthode plus simple, le défibrage par écrasement des rameaux entre de simples pierres.

Malgré des résultats spectaculaires à tous les points de vue, ce n'est que récemment que nous avons pu poser les bases fondamentales des mécanismes en cause, puisque les découvertes ne datent que de quelques années à peine. L'hypothèse de travail, qui ne cesse de se vérifier, repose sur l'utilisation par les Basidiomycètes de la lignine jeune ou peu polymérisée des rameaux de feuillus ligneux Dicotylédones pour élaborer deux facteurs fondamentaux, les acides fulvique et humique (**Garcia, Latge, Prévost & Leisola [1987], Lewis, Razal & Yamamoto [1987], Kirk & Farrell [1987], Leisola & Garcia [1989], Tien & Kirk [1983]**). Ainsi, les rameaux transformés en BRF doivent-ils être mis en contact avec le sol, par hersage en milieu agricole (méthode «SLVAGRAIRE») ou sous la forme de paillis ou litière artificielle en milieu forestier (méthode «Sylvasol»).

Les résultats attendus sont la restructuration du sol par la formation de nouveaux agrégats, une réduction des polyphénols, des substances aliphatiques ainsi que des acides aminés libres du sol, un changement complet du métabolisme microbien avec augmentation ou réduction du pH par une plus grande capacité de chélation du fer en particulier, d'où un impact positif important sur les processus de podzolisation en climat tempéré et de feralisation en climat tropical. La réversion du processus de podzolisation a été observée (**Lemieux & Toutain [1992]**).

L'importance des processus auxquels nous nous sommes attaqués a nécessité beaucoup de réflexion, perspicacité et patience. Ainsi, les débuts ont été facilités par les ministères québécois de l'Agriculture et des Forêts, avec l'appui de la société Hydro-Québec, fournissant les premiers matériaux et de nombreux sites expérimentaux. Plus tard, à partir de 1989, la société d'état REXFOR nous appuyait dans la mise sur pied de plusieurs expériences forestières qui sont toujours en cours et qui permettront les premières publications à compter de 1996. En Europe, nous avons la complicité du Prof. Kilbertus de l'Université de Nancy, celle du Professeur Toutain du Centre de Pédologie Biologique au CNRS de Nancy, ainsi que celle du D^r Ponge du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nos coopérations s'étendent également en Belgique avec le Comité Jean Pain, et au Portugal avec le ministère de l'Agriculture à Oeiras dans la banlieue de Lisbonne.

En milieu tropical, nous bénéficions de l'appui de l'ACDI avec un projet initié au Sénégal sous la double responsabilité de l'Université de Dakar et de celle de Laval. Un second projet vient de prendre corps à travers l'Institut Africain des Savanes à Bouaké en Côte

d'Ivoire où nous espérons une coopération d'une université anglophone au Québec. Le Professeur Badibanga, de l'Université de Moncton au Nouveau Brunswick (Canada), est à mettre sur pied un autre projet au Bénin. En Amérique latine, plusieurs projets ont vu le jour en République Dominicaine sous l'égide d'associations locales et financés en partie par la Fundación Falconbrige, sous la responsabilité de l'Université Pedro Henriquez Ureña de Santo-Domingo. Nous y avons l'appui du Dr Ortiz Quezada, doyen de la faculté d'Agriculture, ainsi que du Professeur José Marcano du Département des ressources naturelles.

Le projet a ceci d'original qu'il a pris naissance sous nos conditions de climat tempéré; puis, après plusieurs années, s'est transposé en climat tropical étant donné l'universalité des mécanismes en cause. Il y a en plus deux volets tout à fait complémentaires que sont la forêt et l'agriculture.

En climat tempéré

a) l'expérimentation agricole

Les premières expériences remontent à la fin des années 70 et ont fait l'objet de deux rapports publiés simultanément en 1982 (Emploi des bois raméaux fragmentés et des lisiers en agriculture, (**Guay, Lachance et Lapointe**, [1982], **Tremblay** [1985]). En 1994, **Laroche** dépose son mémoire de maîtrise portant sur la stimulation de la mésofaune en agriculture.

b) l'expérimentation forestière

L'importance et la nouveauté du matériau et des résultats incitèrent à monter un dispositif plus élaboré et surtout plus diversifié en milieu forestier, ainsi qu'à délimiter des parcelles plus vastes sur le terrain (**Dunnigan** [1987]). De 1985 à 1994, près d'une cinquantaine de publications virent le jour portant sur la question des BRF dans le cadre technique, scientifique, économique et social dérivant directement de nos travaux, dont plusieurs touchent les pays tropicaux. Les publications sont faites en français, quelques unes en anglais, allemand ou espagnol. Dans tous les cas, l'expérimentation agricole et forestière a été faite chez des paysans ou des forestiers sans appui financier de l'État. Le caractère «insolite» de nos résultats nous ont confiné à la portion congrue en ce qui regarde le financement des travaux. Tout a été accompli d'une façon spontanée et sans financement. La coopération et les observations ont été les moteurs de tout ce développement entre individus et entre institutions.

Au Québec, il nous est difficile de mesurer l'impact de nos travaux si ce n'est que par les programmes de distribution des BRF financés par Hydro-Québec ou encore l'acceptation de financer la fragmentation des résidus de coupe dans les programmes d'aménagement forestiers actuels. Aucun programme d'évaluation n'a été institué à notre connaissance malgré les fortes sommes investies.

En climat tropical

a) Sénégal

Le premier programme de recherche et de diffusion, convenablement identifié et financé, a pris naissance au Sénégal dans le cadre du programme canadien *Conservation des Terroirs*

du littoral à Notto à l'est de Dakar. De petite envergure, il a été amorcé par des paysans qui ont tout de suite réalisé l'effet des BRF sur la culture de la tomate amère (*Solanum aethiopicum*) Ce projet, entrepris conjointement avec l'Université de Dakar, et sous la responsabilité du D^r Seck de l'École Nationale Supérieure de Technologie, a fait l'objet d'une première publication lors du colloque international de Val d'Irène au Québec (Seck [1993]). Des discussions sont en cours pour un financement plus adéquat par le Centre de recherche en développement international du gouvernement canadien. Nous espérons que M. Larochelle pourra ainsi faire sa recherche de doctorat sur les mécanismes en cause, tant au Sénégal qu'au Québec. Le projet sénégalais sur les BRF est fortement intégré au programme canadien dans ce pays et est assuré d'un financement pour les sept prochaines années.

b) Côte d'Ivoire

Un autre projet en est à ces débuts à Bouaké en Côte d'Ivoire concernant la culture du maïs et éventuellement du riz sur les hauts plateaux. Il est initié par M^{me} Despatie et par le D^r Aman de l'Institut Africain des Savannes. Ici également, nous cherchons le financement des travaux de terrain par le CRDI, dans le cadre du doctorat de M^{me} Despatie de concert avec le D^r Furlan d'Agriculture Canada.

c) République Dominicaine

Un série de rencontres et de conférences, suivies d'un séminar à l'Université Pedro Henriquez Ureña s'est concrétisée grâce au financement de la Fundación Falconbride dirigée par M^{me} Erelis Rodriguez et l'appui indéfectible du Chargé d'affaires canadien, M. Louis Guay..Pendant plus de deux semaines, nous avons rencontré les groupes suivants sur le terrain :

D^r Roberto Berges, recteur, D^r Rafael Ortiz Quezada, doyen, et le Prof. José Marcano de l'Université Pedro Henriquez Ureña.

M. Adan Mendez Gomez, FAO, Republica Dominicana.

Sr. Raúl Pineda -*Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura.*

Instituto Agronomico Salesiano de La Vega.

Enda Caribe.

Asociacion para el Desarrollo de San José de Ocoa

Banco Comercio de Neiba.

Fundacion Dominicana del Desarrollo.

Fundacion de Apoyo al Sureste (FUNDASUR).

Fundacion de Desarrollo Agropucuario.

Fundacion Progressio.

Fundacion para el Desarrollo de la Comunidad Integral de Pedernales (FUNDACIPE).

Comision Nacional Tecnica Forestal (CONATEF).

Plan Sierra.

Les rencontres ont eu lieu au début de 1994 et les projets sur le terrain, au nombre d'une trentaine, ont été mis en place dès mai 1994. Nous nous sommes entretenu sur le terrain avec plus de 200 paysans et techniciens. Les résultats après 90 jours sont semblables à

ceux obtenus au Québec, au Sénégal et en Côte d'Ivoire, tout particulièrement en ce qui regarde le maïs. Les projets seront revus en novembre 1994 et en février 1995.

Les conclusions que nous apportons ici sont de plusieurs ordres et les leçons apprises plus nombreuses encore. Plusieurs rencontres internationales et discussions avec des spécialistes corroborées par une étude de la littérature scientifique des cinquante dernières années, nous confortent dans les énoncés suivants:

- a)** pour la première fois, nous observons un ensemble de phénomènes traitant de la pédogénèse plutôt que de la fertilisation,
- b)** le phénomène pédogénétique enclenché par les BRF est universel,
- c)** il tient de l'entropie exprimée dans le vocabulaire de la thermodynamique en augmentant l'énergie du sol, sa biodiversité ainsi que celle de l'écosystème épigé,
- d)** pour la première fois, nous pouvons mettre l'emphase sur l'humification à court et long terme, par opposition à la minéralisation invoquée dans toutes les techniques actuelles,
- e)** nous ouvrons une porte à la compréhension du rôle de la lignine et de sa qualité dans les mécanismes intimes de la pédogénèse,
- f)** par des techniques simples, nous permettons l'utilisation d'une production végétale de plusieurs milliards de tonnes annuellement, particulièrement dans les régions chaudes de la planète, et qui n'a jamais été perçue comme une valeur dans tous les pays du monde,
- g)** ce «nouveau matériau», en plus d'augmenter la qualité du sol sa productivité permet de modifier les points suivants:
 - 1)** correction positive du rapport C/N,
 - 2)** formation des agrégats du sol sous la forme d'un mull,
 - 3)** rééquilibrage du pH vers la neutralité,
 - 4)** diminution de l'occurrence de certains insectes, maladies ou prédateurs,
 - 5)** augmentation de la biomasse des cultures au regard du taux matière sèche ou de leurs qualités organoleptiques,
 - 6)** diminution sensible de l'érosion du sol.
 - 7)** réduction des risques d'incendies forestiers après abattage,
 - 8)** augmentation des réserves d'eau dans le sol,
 - 9)** évite les pertes de nutriments et d'énergie du sol en systèmes forestiers,
 - 10)** remet en cause la notion de «matière organique» telle que nous la concevons actuellement.

Au chapitre des leçons apprises, la première est sans doute celle de notre perception du sol, en cette fin de millénaire, basée uniquement sur l'utilisation agricole que nous en faisons, et plus précisément sur la minéralisation. La transposition de cette perception en forêt a vraisemblablement stérilisé toute l'approche scientifique de ce siècle. L'utilisation et le développement du concept de BRF nous forcent à véritablement regarder l'origine des sols agricoles et d'en déduire un grand nombre de règles fondamentales mais inconcevables jusqu'ici.

L'universalité de la ressource «bois raméal» permet d'espérer la mise en place de techniques simples, basées sur la pédogénèse, plutôt que sur une «fertilisation» le plus

souvent perçue comme «miraculeuse», avec toutes les dépendances qu'une telle vue suscite.

Restent les techniques de production du «bois raméal» et de l'organisation sociale nécessaire qui, à notre expérience, seront très variables d'un pays, voire d'un continent à l'autre. Ainsi, l'utilisation du bois de baobab (*Adansonia digitata*) à la tige gorgée d'eau en période de grandes sécheresses en l'enfouissant au sol, peut être un exemple à utiliser auprès des paysans sénégalais pour promouvoir cette technique des BRF. Au Burkina Faso, un frein peut être posé à l'implantation de cette technique: la plantation d'arbres ou d'arbustes signifie que le paysan réclame et obtiendra le droit de possession exclusive de ce lopin de terre, d'où la grande difficulté de produire des BRF localement, sans perturbations sociales importantes par rapport à la tradition communautaire de la possession du sol.

Il en sera autrement en Amérique latine, où la notion de propriété privée existe et même exagérée à certains points de vue. Il sera plus facile de faire la promotion d'un matériau que tous s'empresseront de produire chez eux, à travers le système coopératif ou autrement.

Conclusions

En conclusion, nous ne pouvons passer sous silence l'importance universelle des techniques reliées aux BRF, de la disponibilité, quoiqu'inégale en terre africaine, et de la possibilité de production, la voie royale au combat de la désertification et de l'insécurité alimentaire. Nous avons ici toutes les assises d'une véritable révolution verte où l'entropie remplacera l'enthalpie de nos techniques agricoles et forestières actuelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, J.M.** (1988) «Spatio-temporal effects of invertebrates on soil processes» Biol. Fertil. Soils. **6** : 216-227.
- Anderson, R.V., Coleman, D.C. & Cole, C.V.** (1981) «Effects of saprotrophic grazing on net mineralization» In Clark F.E. & Rosswall T. edit. Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. **33** : 210-216.
- Boddy, L.** (1983) «Carbon dioxide release from decomposing wood: effect of water content and temperature» Soil. Biol. Biochem. **15 (5)** : 501-510.
- Garcia, S., Latge, J.P., Prévost, M.C. & Leisola, M.S.A.** (1987) «Wood degradation by white-rot fungi: cytochemical studies using lignin peroxidase-immunoglobulin-gold-complex», Appl. Environ. Microbiol. **53** : 2384-2387.
- Guay, E. Lachance, L. & Lapointe R.A.** (1982) «Emploi des bois raméaux fragmentés et des lisiers en agriculture» Rapports techniques 1 et 2, Ministère des Terres et Forêts du Québec, Québec. 74 pages.
- Guay, E. Lapointe, R.A. & Lemieux, G.** (1991) «La restructuration humique des sols» Ministère des Forêts du Québec et Université Laval, ISBN 2-550-22289-X FQ91-3070 , 14 pages.

- Kirk, T.K. & Farrell, R.L. (1987)** «"Enzymatic combustion": The Microbial degradation of lignin» *Ann. Rev. Microbiol.* **41** : 465-505.
- Laroche, L. (1993)** «L'influence de la qualité des bois raméaux fragmentés (BRF) appliqués au sol: effets sur la dynamique de leur transformation». In "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec.(Canada) 187 pages, ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. page 77-84.
- Leisola, M.S.A & Garcia, S. (1989)** «Lignin degradation mechanism» in «Enzyme systems for lignocellulose degradation» Galway, Ireland, Elsevier publication pp 89-99.
- Lemieux, G. (1986)** «Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol» Université Laval, 17 pages ISBN 2-550-21338-1 ER89-1211.
- Lemieux, G. (1992)** «L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière» Escola Superior Agrária de Coimbra PORTUGAL, Université Laval, ISBN 2-550-26521-1 publication n°: FQ92-3099 10 pages.
- Lemieux, G. (1993)** «Le bois raméal fragmenté et la méthode expérimentale: une voie vers un institut international de pédogenèse». In "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec.(Canada) 187 pages, ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 124-138.
- Lemieux, G. (1993)** «A universal pedogenesis upgrading processus: RCWs to enhance biodiversity and productivity» Food and Agriculture Organization (FAO) Rome, ISBN 2-921728-05-2, 6 pages. (traduction du français).
- Lemieux, G. & Goulet, M. (1992)** «"Slyvagraire" und "Sylvasol", neue Wege zum Augradieren von Acker -und Waldböden» 4 pages, Düsseldorf. Université Laval, ISBN 2-550-26540-8 FQ 92-3102.
- Lemieux, G, Marcano, J, & Gonzalez A. (1994)** «Rapport de mission en République Dominicaine du 26 avril au 8 mai 1994) Université Laval, 56 pages français/espagnol .
- Lemieux, G. & Tétreault, J.-P. (1992)** «L'origine forestière des sols agricoles: la diversification microbiologique par aggradation sous l'influence des bois raméaux fragmentés». Bruxelles 31 pages. ISBN 2-550-27481-4- FQ92-3103.
- Lemieux, G. & Tétreault, J.-P. (1993)** «Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés». Édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada, 187 pages. ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014.
- Lemieux, G. & Toutain, F. (1992)** «Quelques observations et hypothèses sur la diversification: l'aggradation des sols par l'apport de bois raméal fragmenté» Université Laval, 13 pages ISBN 2-550-26541-6 FQ92-3103.
- Lewis, N. G., Razal, R.A. & Yamamoto, E. (1987)** «Lignin degradation by peroxidase in organic media: a reassessment». *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 7925-7927.
- Pagé, F. (1993)** «L'apport des bois raméaux en sols cultivés: le rôle de la pédofaune sur la transformation de la matière ligneuse». In "Les actes du quatrième colloque

international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec.(Canada) 187 pages, ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 68-76

Seck, M.A. (1993) «Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (*Casuarina equisetifolia*) dans les cuvettes maraichères des Niayes (Sénégal) in Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés» édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada). ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 36-41.

Swift, M.J. (1976) «Species diversity and structure of microbial communities» in J.M. Anderson & A. MacFaden editors -*Decomposition processes*- Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 185-222.

Swift, M.J., Heal, O.W., & Anderson, J.M. (1979) « The influence of resource quality on decomposition processes». In Anderson D.J., Greig-Smith, P. & Pitelka, F.A. edit, *Studies in Ecology* vol. 5 *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*, Univ. Calif. Press Berkeley p.118-167.

Toutain, F. (1993) «Biodégradation et humification des résidus végétaux dans le sol: évolution des bois raméaux (étude préliminaire)» In "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec.(Canada) ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 103-110.

Tremblay, Y. (1985) «Essais comparatifs de l'utilisation de la biomasse forestière et du lisier de porc dans la culture des pommes de terre par le compostage de surface (sheet composting) avec apports variables d'engrais de synthèse» Ministère de l'Agriculture, Québec rapport interne, 8 pages.

oo

avril1995
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
publication n° 54
courriel:
gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca
<http://forestgeomat.for.ulaval.ca/brf>
FAX 418-656-5262
tel. 418-656-2131 poste 2837
ISBN 2-921728-12-5