

# UNIVERSITÉ LAVAL

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

*«ESSAIS D'UTILISATION DU BOIS RAMÉAL FRAGMENTÉ (BRF)  
POUR LA RÉGÉNÉRATION DES SOLS DANS LES CULTURES EN  
COULOIR EN MILIEU AFRICAIN»*

présenté à l'Agence Canadienne Développement International (ACDI)  
ainsi qu'au  
Centre de Recherche en Développement International (CRDI)

par  
**Gilles Lemieux et Lionel Lachance**

édité par le  
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

**publication n° 58**

12 décembre 1995

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

Québec G1K 7P4  
QUÉBEC Canada

# **ESSAIS D'UTILISATION DU BOIS RAMÉAL FRAGMENTÉ (BRF) POUR LA RÉGÉNÉRATION DES SOLS DANS LES CULTURES EN COULOIR EN MILIEU AFRICAIN**

par  
Gilles Lemieux<sup>1</sup> et Lionel Lachance<sup>2</sup>

## **1- INTRODUCTION**

Le réseau actuel portant sur les cultures en couloir en relation avec la production et mis sur pied en Afrique au cours des 5 dernières années, apparaît comme la meilleure structure pour prendre en charge de nouveaux essais portant cette fois sur une série de principes et à partir de techniques quelque peu différentes. L'expertise développée pour le choix et la culture d'essences ligneuses capables de produire rapidement du bois, des rameaux et des feuilles nous apparaît comme un pré requis incontournable.

Nous désirons attirer l'attention sur le fait que les BRF apportent non seulement des nutriments équilibrés mais stimulent la biodiversité dans la constitution de la biomasse microbienne responsable de la régie à la fois de l'énergie mais également des nutriments lorsqu'ils sont nécessaires pour la croissance des plantes. Ce sont des notions d'économie qui doivent éclairer la compréhension des mécanismes en cause. La rétention des nutriments, et leur libération synchronisée avec la demande pour croissance des plantes du système hypogé, sont certainement la base des fortes augmentations de rendements.

Notre manque de connaissance du terrain et des conditions économiques dans lesquelles les expériences du réseau, composé de 30 instituts de recherche situés dans 22 pays différents ont été poursuivies, nous interdit de porter un jugement sur la valeur des travaux accomplis à ce jour, mais dont nous présumons de leur importance économique et sociale.

---

<sup>1</sup> Professeur au département des Sciences du Bois et de la Forêt, faculté de Forestierie et de Géomatique, Université Laval, Québec G1K 7P4

<sup>2</sup> Agronome et ex directeur du Service des Productions Végétales au Ministère de l'Agriculture du Québec, 904 rue Toronto, Sainte-Foy G1X 3R

Notre but n'est pas de présenter une nouvelle approche agronomique, mais bien de mesurer et de faire ressortir tous les aspects de la dynamique de la pédogénèse telle qu'elle se présente en milieu forestier. Si plusieurs y voient des essais avec un nouvel amendement humifère ou une nouvelle fumure d'origine forestière, il faut les en dissuader dès le départ. Le bois raméal est la base même de la dynamique biologique et de la régie des nutriments par l'intermédiaire des chaînes trophiques dont la source première est l'énergie prélevée à même le système humique. Ce dernier est tributaire de l'apport énergétique et structural des monomères de lignine, des mécanismes de dépolymérisation, de la production d'acide humique et de la constitution des chaînes trophiques dont les Basidiomycètes sont les moteurs principaux.

C'est dans cette optique que nous proposons cette série d'essais, tenant compte de l'expertise des responsables nationaux et scientifiques actuels et de l'implantation diversifié du réseau expérimental. Le matériel à la base de cette nouvelle série d'expériences est le bois raméal tel que défini par **Lemieux (1986)**. L'originalité de ces essais de cultures en couloir sera d'identifier les essences exotiques et indigènes capables de produire rapidement du bois dont l'utilisation sera orientée vers les mécanismes pédogénétiques, mais non pour la production de bois caulinair<sup>3</sup> destiné à des utilisations physiques (construction, bois de feu, etc). Les parties non rigides comme les feuilles et les pousses, seront partie intégrante des BRF.

La production et l'utilisation du bois raméal<sup>4</sup> pour des fins pédogénétiques seront au cœur de toute l'expérimentation. À cette fin une bibliographie complète de la question apparaît en addendum.

## 2- OBJECTIFS

Trois objets principaux sont visés:

---

<sup>3</sup> Terme d'origine grecque qui désigne la tige. Ce bois a une structure et une composition qui lui est propre par opposition à celui des rameaux beaucoup plus complexe et pour lequel nous n'avons aucune utilité jusqu'à tout récemment, mais sous un angle que personne n'anticipait.

<sup>4</sup> Néologisme proposé en 1985 pour désigner le bois des rameaux de moins de 7 cm de diamètre dont la composition est beaucoup plus complexe que celle du bois caulinair. En outre de posséder toutes les caractéristiques du bois caulinair on y retrouve tous les nutriments, protéines, sucres et autres, auxquels s'ajoute la lignine peu polymérisés le plus souvent sous la forme de monomères.

- a) Le premier est à la fois pratique et théorique et il vise à identifier les mécanismes existant dans la transformation des BRF en système tellurique productif, et à mieux comprendre les paramètres en cause.
- b) Le second but est de favoriser et maintenir la productivité des milieux de culture en couloir, c'est-à-dire augmenter les rendements, réduire les intrants tout en maintenant et améliorant la qualité des productions vivrières.
- c) Le troisième but est de reconstituer des sols dégradés et d'en maintenir la fertilité par les mécanismes propres aux sols forestiers, mais intégrés à des sols agricoles

### 3- MATÉRIAUX ET MÉTHODES

#### a) Choix des essences

Comme tous les mécanismes qui seront mis à contribution auront comme origine les BRF appliqués au sol, l'origine des essences, leur mode de reproduction, de culture ou d'origine sont d'une importance capitale. Dans un premier temps toutes les expérimentations seront tributaires des connaissances accumulées à ce chapitre par les instituts de recherche locaux. Il y a beaucoup à dire, comme le suggèrent un grand nombre d'auteurs (voir bibliographie) mais une chose est claire, toutes les essences ne sont pas égales et les BRF ne doivent pas être perçus comme un «**matériau homogène**» d'où la nécessité de ne pas identifier les BRF à la «matière organique», car ce terme générique n'a aucune connotation dynamique mais se réfère à des effets et actions physiques, physico-chimiques ou purement chimiques.

Le choix des essences ne doit pas être basé uniquement sur les volumes produits mais sur les mécanismes pédogénétiques qu'ils engendrent et maintiennent en vue d'une plus grande productivité et d'une meilleure qualité des cultures. Il y donc un choix difficile à faire de la part des techniciens formés uniquement au productivisme. Nous touchons, pour une première fois, aux concepts et aux bases de ce que les agences internationales considèrent comme le **développement durable**.

En favorisant la réinstallation de tous les mécanismes biologiques, nous retournons à ce qui est indispensable en milieux tropicaux. La productivité a chuté dramatiquement et l'expérience du siècle qui s'achève nous démontre amplement que la santé et la vitalité du sol doivent être assurées.

### **b) La fragmentation**

L'originalité de cette série d'essais tient à la fragmentation ou au broyage, selon les coutumes langagières régionales, des rameaux récoltés pour en faire des BRF. Sans la fragmentation les mécanismes pédogénétiques ne sont pas amorcés et la métabolisation des rameaux ne se fait qu'au profit des microorganismes qui les colonisent sans apport au sol. C'est la différence fondamentale entre les techniques actuelles en couloir et celles que nous proposons. Ainsi, l'énergie contenue dans les BRF est transférée à l'écosystème hypogé en même temps que les nutriments. Ce sont ces transferts qui sont à la base de l'aggradation<sup>5</sup>, du rétablissement des chaînes trophiques et de la fertilité en générale.

La fragmentation se fera sans doute de façon mécanique par des appareils fabriqués à cette fin ou en utilisant des fourragères lorsqu'elles sont disponibles. Toutefois, si la main d'œuvre est abondante il est possible de procéder à cette étape en utilisant de simples machettes comme dans les expériences de Notto et de Ziguinchor au Sénégal. Nous avons proposé en outre la défibration entre des pierres par écrasement des rameaux en République Dominicaine, ce qui fonctionne très bien également.

### **c) Les volumes nécessaires**

Tous les essais conduits à ce jour montrent que la quantité de BRF optimum pour obtenir des résultats pendant trois années, varie de 150 à 200m<sup>3</sup>/ha soit une épaisseur au sol de 1,5 cm à 2 cm., soit de 1500 à 2000 cm. cu. au mètre carré. Ce sont des volumes

---

<sup>5</sup>Néologisme désignant un enrichissement en même temps qu'un changement de statut physique et énergétique. C'est l'antonyme de dégradation qui s'écrit avec deux g pour en affirmer le caractère positif.

considérables et ils doivent être évalués sur plusieurs cultures et sous des angles que nous discuterons plus loin.

#### d) L'incorporation au sol

Nous touchons ici une autre caractéristique fondamentale de la technique proposées. Il est essentiel que le contact entre les BRF et le sol soit assuré: c'est le critère visuel différentiel entre le paillis et cette méthode. Le mélange intime des 2 cm de BRF avec les 10 premiers centimètres du sol a pour but de favoriser une entrée massive des Basidiomycètes du sol à l'intérieur des BRF par les plaies laissées par le broyage ou la fragmentation.

Ces contacts sont assurés soit par le passage d'une herse, d'une bêcheuse rotative ou d'un simple râteau. Toutefois il pourrait s'avérer nécessaire de déposer ces BRF sous quelques centimètres de sol pour assurer une meilleur conservation de l'eau et une moindre exposition au rayonnement ultraviolet capable de stériliser la surface du sol empêchant ainsi la transformation des BRF en biomasse microbienne et en humus.

#### e) Les fertilisants supplétifs

Jusqu'à ce jour en milieu tropical aucun fertilisant composé ne s'est montré utile, alors qu'une légère fumure azotée s'est avérée intéressante lors de la première application de BRF en période de croissance.

Il nous est difficile de prétendre qu'aucune fumure supplémentaire ne soit utile mais nous sommes très hésitants à cet égard. Seule l'expérience apportera une réponse à cette question. Les BRF par essence contiennent tout ce qu'il faut pour maintenir un équilibre entre les nutriments sans provoquer de carences. C'est en partie à cause de la dynamique intrinsèque de la pédogénèse qui par des systèmes enzymatiques astucieux permettent des transferts à travers la biomasse microbienne vers les racines de la plante cultivée. À notre avis, toutes les tentatives ne tenant pas compte de ces phénomènes fondamentaux sont à la base des difficultés actuelles.

### ***f) Les témoins***

Les parcelles témoins sont essentielles à la compréhension et aux mesures comparatives nécessaires pour évaluer les impacts et comprendre les phénomènes. Ces parcelles doivent être représentatives de tous les paramètres du milieu (texture et origine du sol, microclimat, régime hydrique, etc.). Le nombre et la répartition de ces dernières doit faire l'objet d'une évaluation et une décision pour chaque dispositif expérimental.

## 4- PLAN D'ACTION

Il nous semble évident que le réseau actuel de cultures en couloir est tout désigné pour confirmer la valeur et promouvoir l'utilisation des BRF. Il nous semble également que les différents instituts de recherche aient les connaissances nécessaires pour réaliser les protocoles d'essais. Une telle prise en charge ne ferait que conférer plus de crédibilité et de rigueur aux résultats obtenus.

Il faut définir les éléments suivants en des termes clairs:

- a)** Description des sites choisis
- b)** Caractéristiques physiques et chimiques des sols.
- c)** Le potentiel naturel de ces sols
- d)** les superficies retenues
- e)** les caractéristiques climatiques locales surtout en ce qui regarde le régime hydrique
- f)** Les caractéristiques des essences choisies pour la fragmentation
  - Les aspects physiques et chimiques de ces dernières
  - La répartition des volumes de BRF produits
- g)** La fragmentation
  - la dimension des BRF (fragments)
  - les quantités nécessaires au mètre carré
  - la fréquence des applications
- h)** L'incorporation au sol
  - Profondeur
  - température du sol
  - humidité du sol

- i) Le lit de semence
  - ses qualités
- j) Les cultures: feuilles racines, fruits.
- k) Semis selon les pratiques courantes
- l) Irrigation
- m) Analyse des échantillons relative à:
  - Conservation
  - Maturation
  - Rendements

## 5- LES DONNÉES À RECUEILLIR

Les données à vérifier sont de plusieurs ordres, car elles vont apporter des réponses claires, parfois ambiguës aux hypothèses posées en fonction de l'expérience que nous avons;

### a) Au niveau du sol

- État et diversité de:
  - la microflore (bactérienne, fongique<sup>6</sup> [mycorhizes], phycologique<sup>7</sup>)
  - la microfaune (protozoaires, lombricidés, Nématelminthes, acariens, insectes. de même que toutes les formes sporulées ou des tades transitoires (cocons, pupes, nymphes etc...))
- Taux d'humus
- Énergie totale.
- Phosphatase alcaline
- Indices d'entraînement du fer et de l'aluminium
- Les diverses formes du fer et ses localisations
- Le bilan du calcium
- La forme, la fréquence et la stabilité des agrégats
- Les différentes argiles et leur saturation en bases
- L'état de la solution du sol; la salinité
- La dynamique du pH
- L'évolution cyclique du rapport C/N
- La CEC

---

<sup>6</sup>Les plus importants et probablement les plus difficiles à cerner seront sans doute les Basidiomycètes.

<sup>7</sup>Terme qui désigne le mon des algues, micro ou macroscopique

**b) Les plantes**

- La croissance
- La couleur
- La rapidité de croissance
- Le port
- La résistance à différents parasites
- Résistance à la sécheresse ou à l'inondation

**c) Les rendements**

- Les différents stades à la récolte
- Les qualités:
  - Physiques
  - Chimiques
  - Organoleptiques
- Les volumes récoltés à l'unité de surface
- La valeur économique
  - locale
  - régionale
  - internationale
  - de transformation industrielle

## 6- ANALYSE ET DISCUSSION

**a) Régénération des sols**

Les résultats recherchés sont avant tout de régénérer le sol par des techniques forestières pour lui redonner la même fertilité qu'il avait sous le couvert de la forêt climacique originale. Le premier but recherché atteint il faut poursuivre le second qui sera de maintenir cette fertilité.

**b) Maintien de la productivité**

Il est probable qu'il faudra retenir d'autres techniques et faire appel à des connaissances que nous n'avons pas encore, mais qui se révéleront cruciales dans l'avenir. Nous faisons affaire avec la vie d'un grand nombre d'espèces microscopiques comme macroscopiques, toutes intégrées dans un réseau que nous avons

qualifié d'«intersuffisant» (**Lemieux, G., Lachance, L. et Lapointe A, [1989]**). Tout système vivant, d'une telle complexité, est soumis à des variations et des rythmes qu'il faut respecter et comprendre. Il faudra rapidement s'attaquer à cette question qui semble n'avoir jamais été considérée avec assez d'attention.

### ***c) Augmentation des rendements***

L'expérience nous montre qu'il faut s'attendre à de fortes augmentations de rendements tant en Afrique, en Europe que dans les Antilles et au Québec. Ces augmentations varient de 300% à 1000% selon les cultures. Elles ont soulevé beaucoup de controverses voire même des sarcasmes, mais à l'étranger c'est de l'étonnement et de la surprise.

Nous connaissons, en bonne partie, les causes car elles tirent leur origine dans le rétablissement d'équilibres séculaires d'origine forestière; mais qui, au fil des ans et de l'augmentation de la connaissance dans le domaine de la chimie, ont basculées dans un monde artificiel, automatisé et déresponsabilisé.

## **8- LES ASPECTS SOCIAUX DE L'APPROPRIATION**

Voilà un volet qui se retrouve que très rarement à l'intérieur d'un projet de recherche, mais qui nous semble à la fois la raison d'être et le résultat final à atteindre. Il nous faut admettre que les agrosystèmes que la technique et la science nous proposent sont tout à fait artificiels et ne peuvent prétendre à des équilibres stables et productifs à l'infini. Nous désirons souligner fortement le fait que c'est en «posant un déficit» à la nature par des moyens naturels, non conventionnels, que nous avons eu les premières réponses positives, mais que nous étions incapables d'interpréter en regard de l'expérience agricole ou forestière collective du millénaire qui s'achève. Il nous a fallu plus de dix années pour trouver une piste fiable et prometteuse. .

Ce n'est pas le laboratoire bardé d'études statistiques qui apporte les résultats, mais c'est à lui que nous avons recours pour obtenir les explications. Nous croyons pouvoir bouleverser la perception que

nous avons tous de l'agriculture tout comme de la foresterie. Le fait est que nous avons commencé à faire la preuve que les mécanismes en cause sont universels aussi bien dans nos milieux que sous les tropiques. Il faut donc convenir qu'ils apporteront des changements considérables à condition que, dès le début, ces techniques simples soient incluses dans la vie paysanne et industrielle.

Les conditions d'appropriation de ces techniques et surtout de la compréhension de l'interrelation pratique forêt-agriculture par le sol interposé nous semblent cruciales. Il faut donc laisser une grande place au volet «social» dont nous ne maîtrisons pas la science, mais auquel nous sommes extrêmement sensibles en ce qui regarde les implications futures.

Nous ne sommes pas assez naïfs pour croire que l'industrie chimique n'essaiera pas de poser quelques chausse-trappes le long de la route, surtout dans la prochaine décennie. Nous pensons que notre démarche est unique à l'heure actuelle; nous faisons appel à des équilibres voulus, connus et contrôlés, alors que la tendance industrielle est à l'inverse, tirant de grands bénéfices de tous les déséquilibres produits par les systèmes actuels de production agricole.

Ce sont les travaux et la réflexion qui nous ont permis de persévérer dont nous faisons preuve depuis près de 20 ans. Nous sommes tout à fait conscients du changement de perspectives et de pensée que nous suscitons. Il va de soi qu'on ne change pas les conceptions de base de ce vieux système qu'est l'agriculture, sans quelques quolibets et commentaires désagréables. Il faut dès le début impliquer l'Homme celui à qui nous destinons nos travaux. Il faudra plusieurs décennies avant que ces techniques ne provoquent des réactions sociales et économique nécessaires. Associer la forêt à l'agriculture est sans doute, pour la majorité, un «sacrilège» dont il faut démontrer la rationalité de tous les aspects économiques et sociaux. C'est là une tâche qui nous dépasse largement dont nous sommes conscients de l'importance.

## 9- LA DIFFUSION DES FAITS ET DES DÉCOUVERTES AU NIVEAU SCIENTIFIQUE

Les nombreuses rencontres et les conférences données dans plusieurs pays, y compris la grande agence internationale qu'est la FAO, nous ont montré clairement combien nous étions novateurs dans notre approche. La réaction de l'auditoire, lors de notre exposé du 5 octobre dernier devant les délégations nationales du Club du Sahel est tout à fait caractéristique. Les réactions du Portugal, de la Belgique, de la France, de l'Italie (FAO) et de la République Dominicaine ont été semblables: surprise totale, absence de questions pertinentes, et aucune réfutation.

Il en fut de même lors des colloques de 1985, 1987, 1989, 1991. Lors du Colloque International de Val d'Irène en 1993, plusieurs communications ont été présentées provenant du Québec, de la Belgique et de la France et toutes les discussions ont été positives et ont démontré l'aspect novateur et positif de la technique des BRF. Un cours récent sur les BRF à l'Université Laval montre également l'intérêt ainsi que la difficulté d'assimiler et de saisir tous les paramètres impliqués.

Nous tirons la conclusion que nous sommes largement en avance pour le moment. Il nous semble donc indispensable d'être appuyés auprès des instances scientifiques internationales lors de colloques, symposium ou autres pour mettre sur la place publique les aspects scientifique propres à cette technique des BRF. Toutefois, les structures administratives parallèles entre forêt, agriculture et environnement posent problème dès le départ.

Nous suggérons que des scientifiques itinérants compétents en matière de BRF soient disponibles, afin de permettre les échanges entre les instituts de recherche. À ceci devra s'ajouter une série de conférences et de rencontres pour que la technique puisse être reconnue et intégrée aux niveaux scientifiques, techniques et administratifs. Nous croyons qu'il faut à la fois des compléments et des appuis financiers convenables.

## 10- INTÉGRER LES TRAVAUX FORESTIERS ET AGRICOLES EN COURS DANS UN SYSTÈME NORD-SUD

La grande caractéristique de cette découverte est son universalité. Les mécanismes sont les mêmes sous les tropiques qu'en forêt boréale avec des variantes propres aux conditions locales. Les mécanismes pédogénétiques sont les mêmes partout mais toujours d'une lointaine origine forestière.

Il nous faut donc considérer des associations, entre forêt naturelle et agriculture ou, comme au Sénégal, forêt artificielle, reforestation et agriculture. Nous plaidons en faveur de l'intégration de tout le système agroforestier des Niayes dans le cadre du Programme de Conservation des Terroirs du Littoral du Sénégal, au réseau en voie de transformation. Il en va de même des expériences tentées par le groupe dirigé par Malick Diallo en Casamance et les expériences menées à Bouaké en Côte d'Ivoire, qui sont les plus rapprochées du réseau de culture en couloir actuel.

Il faut également pouvoir relier, d'une façon ou d'une autre les expériences faites au Canada à celles des pays tropicaux car elles sont à la base de ce qui a été fait en Afrique et ailleurs. Il sera difficile là aussi relier forêt et agriculture dans une même «aventure», car les perceptions économiques et académiques actuelles contribuent à les isoler. Pourtant c'est dans ce creuset que naîtront les résultats les plus intéressants découlant d'une logique que nous commençons à évaluer.

Enfin, il faut être conscient que des changements profonds doivent être apportés au niveau de l'enseignement tout comme à celui de la formation universitaire. Il faudra «convertir» les intervenants, tant en forêt qu'en agriculture parce que les méthodes traditionnelles, souvent périmées, doivent être révisées à la lumière de connaissances et de techniques nouvelles liant la forêt et l'agriculture dans la régénération des sols et le maintien de leur vitalité et de leur fertilité.

En résumé, nous sommes condamnés à introduire des concepts forestiers en agriculture et à extraire les concepts agricoles de la foresterie. Nous le sommes d'autant plus que c'est par le sol, commun aux deux, que l'innovation arrive. L'Histoire nous le commande et la science nous le confirme.

## BIBLIOGRAPHIE

- Allen, T.F.H. and Starr, T.B.** (1982) "*Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity*". University of Chicago Press, Chicago.
- Aman, S. & Despatie, S.** (1995) «Effets des bois raméaux fragmentés (BRF) sur la croissance et les rendements du maïs en zone de transition forêt-savane de la Côte d'Ivoire». Institut des Savanes (IDESSA)
- Amaranthus, and 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.
- Amaranthus, and D.A. Perry.** «Interaction between vegetation type and madrone soil inocula in the growth, survival and mycorrhizal formation of Douglas-fir». *Can. J. For. Res.*
- Amaranthus, M.P., C.Y. Li, and D.A. Perry** (1987) «Nitrogen fixation within mycorrhizae of Douglas-fir seedlings». Page 79 in D.M. Sylvia, L.L. Hung and J.H. Graham eds. *Mychorrhizae in the Next Decade: Practical Applications and Research Priorities*. University of Florida, Gainesville.
- 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.
- Bachelier, G.** (1978) «La faune des sols, son écologie et son action». Document technique n° 38. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outremer (ORSTORM), route d'Aulnay, 93140 Bondy, France, 391 pages.
- Boddy, L.** (1983) «Carbon dioxide release from decomposing wood: effect of water content and temperature». *Soil. Biol. Biochem.* **15 (5)** : 501-510.
- Borman, F.H. & Likens, G.E.** (1979) «Pattern and Process in a Forested Ecosystem». Springer Verlag, New York,
- Breznak, J.A.** (1982) «Intestinal microbiota of termites and other xylophagous insects». *Ann. Rev. Microbiol.*, **36**: 323-343.
- Caron, C.** (1994) «Ramial Chipped Wood: a basic tool for regenerating soils». Lincoln University, IFOAM Meeting, Christchurch, New-Zealand. Université Laval, QUÉBEC, 8 pages, ISBN 2-921728-07-9, 1995.

- Dordick, J.S., Marletta, M.A. et Kilbanov, A.M.** (1986) «Peroxidases depolymerise lignin in organic media but not water». Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **83**: 6255-6257.
- Eamus, D. & Jennings, D.H.** (1986) «Water, turgor and osmotic potentials of fungi». In *Water, Fungi and Plants* (P.G. Ayres et Boddy, L. éditeurs) pp. 27-48, Cambridge Univ. Press.
- Erikson, K.E.L., Blanchette, R.A. & Ander, P.** (1990) «Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components». Spingler-Verlag, Berlin, 407 pp.
- Flaig, W.** (1972) «Contribution of soil organic matter in the system soil-plant». In: Krumbein, W.E. éditeur. "*Environmental Biogeochemistry*" , vol 2, Ann Arbor Science Pub., USA.
- Furlan, V. et Lalande R.** (1993) «Discussion générale, Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux Fragmentés, Val d'Irène, Québec, Canada, septembre 1993, p.145-148. in *Les Actes du colloque* .G. Lemieux et J.P. Tétreault éditeurs, Université Laval, Québec, Canada.
- 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.
- Glenn, J.K. & Gold, M.H.** (1985) «Purification and characterisation of an extracellular Mn (II) -dependent peroxidase from the lignin-degrading by the Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* ». Arch.Biochem Biophys. **242**: 329-341
- Gosz, J.R. & Fisher, F.M.** (1984) «Influence of clear-cutting on selected microbial processes in forest soils» in *Current Perspectives in Microbial Ecology*, Proceedings of the Third International Symposium on Microbial Ecology (Klug, M.J. & Reddy, C.A. éditeurs), pp. 523-530.
- Gosz, J.R., Holmes, R.T., Likens, G.E. & Bormann F.H.** (1978) "Le flux d'énergie dans un écosystème forestier". in *Pour la Science*, juin 1987 pp. 101-110.
- 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.
- Harvey, A.E., Jurgensen, M.F. & Larsen, M.J.** (1983) «Effect of soil organic matter on regeneration in northern Rocky Mountain forests.» pages 239-242 in R. Ballard et S.P. Gessel édité. *International Union of Forest Research Organization Symposium on Forest Site and Continuous Productivity*. USDA Forest Service General Technical Report PNW-163, Portland, Org. USA.
- Hintikka, V.**, (1982) «The colonisation of litter and wood by basidiomycetes in Finnish forest». In: (Frankland, J.C., Hedger, J.N. & Swift, M.J. éditeurs),

- Decomposer basidiomycetes, their biology and ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 227-239.
- Jones, A. & O'Carroll L.** (1989) «Biotechnological modification of lignin». Alberta Research Council, Technical Report, Edmonton, Canada, 18 pages photocopiées.
- Kirk, T.K. & Farrell, R.L.** (1987) «Enzymatic combustion: The microbial degradation of lignin». *Ann. Rev. Microbiol.* **41**: 465-505.
- Kirk, T.K. & Fenn, P.** (1982) «Formation and action of ligninolytic system in Basidiomycetes). in: *Decomposer Basidiomycetes: their Biology and Ecology* (Franklin, J.C., Hegger, J.N. & Swift, M.J. éditeurs) p. 67-90, Cambridge Univ. Press.
- Kristeva L.A.** (1953) «The participation of humic acids and other organic substances in the nutrition of higher plants». *Pochvivedenie* **10**: 464-469.
- Larochelle, 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.
- Larochelle, L., Pagé, F., Beauchamp, C., & Lemieux, G.** (1993) «La mésofaune comme indicateur de la dynamique de la transformation de la matière ligneuse appliquée au sol». *AGROSOL* **6** (2): 36-43.
- Leatham, G.F. & Kirk, T.K.** (1982) «Regulation of lignolytic activity by nutrient nitrogen in white-rot basidiomycetes». *FEMS Microbiol. Lett* **16**: 65-67.
- Leisola, M., & Waldner, R.** (1988). «Production, characterization and mechanism of lignin peroxidases». In: Zadrazil, F., Reiniger, P. éditeurs., *Treatment of lignocellulosics with white rot fungi*. Elsevier Appl. Sci. Pub, New York. p. 37-42.
- Leisola, M.S.A & Garcia, S.** (1989) "The mechanism of lignin degradation " in *Enzyme systems for lignocellulose degradation.- Atelier tenu à Galway, Irlande dans le cadres de la Communauté économique européenne* Publié par Elsevier Applied Science pp.89-99
- Leisola, M.S.A. & Garcia, S.** (1989) «Le mécanisme de dégradation de la lignine» traduction française du texte anglais original publié dans *Enzyme Systems for Lignocellulose Degradation*, Galway Irlande, p. 88-89. Publié dans «Le bois raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe». Université Laval, Québec. © ISBN 2-550-21267-3. Publication n° ER90-3128.
- Lemieux, G, Lachance, L. et Lapointe, A.** (1989) «L'intersuffisance des écosystèmes épigé et hypogé». Texte original, traduction française et commentaires de Perry. D.A., Amaranthus, M.P., Borchers, J.G. Borchers, S.L. et Brainerd, R.E. «Bootstrapping in Ecosystems» *BioScience* **39** (4): 230-237 (1989) Université Laval, Département des

- Sciences Forestières, 41 pages. © ISBN 2-550-21445-5 Publication n° ER90-3140.
- 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. & Goulet, M.** (1992) «"Sylvagraire" und "Sylvasol", neue Wege zum Aufgradieren von Acker -und Waldböden» 4 pages, Düsseldorf. Université Laval, ISBN 2-550-26540-8 FQ 92-3102.
- Lemieux, G. & Lapointe R.A.** (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. & Lapointe, R.A.** (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. & Lapointe, R.A.** (1988) «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. & 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. ©ISBN 2-550-21342-4. 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. & Tétreault, J-P.** (1993) «L'origine forestière des sols agricoles: la diversification microbiologique par aggradation sous l'effet des bois raméaux fragmentés». Présenté en conférence à Bruxelles. octobre 1992. Université Laval, 31 pages y compris les discussions © ISBN 2-550-27481-4. Publication n° FQ93-3052.
- 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. & Tétreault, J.-P.** (1994) «Le bois raméal, le système humique et la sécurité alimentaire». Université Laval, Québec, 16 pages, ISBN 2-921728-10-9.
- 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.

- 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.
- 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) «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.** (1993) «L'aggradation pédogénétique, un processus universel sous l'influence des BRF: les effets sur la biodiversité et la productivité». FAO, Rome, décembre 1993. Université Laval, Département des Sciences Forestières. 6 pages.
- Lemieux, G.** (1993) «Le bois raméal fragmenté et la méthode expérimentale: une voie vers un institut international de pédogénèse» in *Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux Fragmentés*, p. 124-138. G. Lemieux et J.P. Tétrault éditeurs, Université Laval, Québec, Canada. © ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014.
- Lemieux, G.** (1994) «La lignine des Dicotylédones ligneuses: son influence universelle sur le système humique», séminaire donné à l'université Pedro Henriquez Ureña, Santo-Domingo, République Dominicaine. Université Laval, Québec, 56 pages. ISBN 2-921728-11-7, 1995.
- Lemieux, G.** (1995) «La dynamique de l'humus et la méthode expérimentale: l'apport de la forêt à l'agriculture par le bois raméal fragmenté». Texte présenté à la conférence constitutive du Réseau Africain du Compost, Dakar, 26 avril. Université Laval, Québec, 13 pages, ISBN 2-921728-12-5.
- Lemieux, G.** (1995) «Passer de l'enthalpie à l'entropie». *Écodécision*, hiver 1995, pp. 72-73, Royal Society of Canada Université Laval, Québec.
- Lemieux, G.** (1995) «Rapport de mission en Afrique (Sénégal)». ACIDI et Université Laval, décembre 1994, 48 pages, ISBN 2-921728-08-7.
- Lemieux, G.** (1995) «Rapport de mission en Europe (Belgique et France)». Université Laval, Québec, 37 pages, ISBN 2-921728-09-5.
- Lemieux, G.** (1995) «Les germes économiques et scientifiques de la révolution verte au Sahel» Université Laval, Québec 23 pages, ISBN 2-921728-13-3
- Levy, J.F.** (1979) «The place of Basidiomycetes in the decay of wood in contact with the ground». In (Frankland, J.C., J.N., Hedger & Swift.M.J. éditeurs.) *Decomposer Basidiomycetes: Their biology and ecology*. 346 pp., Cambridge University Press. Cambridge.

- 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.
- Lynch, J. M. & Bragg, E** (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.
- Mourey, A.** (1989) «La lipolyse en milieux naturels et manipulés». Thèse de doctorat, Université de Nancy 1.
- 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.
- Parkinson, D.,** (1988). «Linkage between resource availability, microorganisms and soil invertebrates». *Agriculture, Ecosystems and Environnement*. 24: 21-32.
- Perry, D.A., Amaranthus. M.P., Borchers, J.G., Borchers, S.L. & Brainerd, R.E.** (1989) «Bootstrapping in Ecosystems» *BioScience* 39 (4): 230-237.
- Phuong, H.K. & Tichy V.** (1976) «Activity of humus acids from peat as studied by means of some growth regulator bioassays». *Bio. Plant. (Prague)* 18: 195-199.
- Prigogine, I & Stengers I.** (1978) «Order out of chaos». Bantam édit. Toronto, Canada.
- Ratnayake, M. Leonard, R.T. & Menge, J.A.** (1978) «Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation». *New Phytol.* 81: 543-552.
- Rayner, A.D.M & Boddy, Lynne** (1988) «Fungal Decomposition of Wood». John Wiley & Sons. 597 p.
- Rayner, A.D.M. & Coates, D.** (1987) «Regulation of mycelial organization and responses», In *Evolutionary Biology of the Fungi* (Rayner, A.D.M., Brasier, C, M. & Moore D, éditeurs) Cambridge University Press, Cambridge.
- Sauvesty, A., Pagé, F. & Giroux, M.** (1993) «Impact des milieux pédologiques en bosses et creux sur les teneurs en composés phénoliques et en éléments minéraux dans les feuilles d'érable à sucre en déperissement au Québec» *Can. Jour. For. Res.* 23: 190-198.
- Seck, M.A.** (1993) «Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (*Casuarina equisetifolia*) dans les cuvettes maraîchères des Niayes (Sénégal)». in *Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux Fragmentés*, p. 36-41. G. Lemieux et J.P. Tétreault éditeurs, Université Laval, Québec, Canada. © ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014.

- Stott, D.E., G. Kassim, M. Jarrell, J.P. Martin & K. Haider.** (1993) «Stabilisation and incorporation into biomass of specific plant carbons during biodegradation in soil». *Plant and Soil* **70**:15-26.
- Swift, M.J.** (1976) «Species diversity and structure of microbial communities» in (J.M. Anderson & A. MacFaden, éditeurs) *-Decomposition processes-* Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 185-222.
- Swift, M.J.** (1977) «The role of fungi and animals in the immobilisation and release of nutrient elements from decomposing branch-wood». In *Soil Organisms as Components of Ecosystems* (Lohm, U. & Persson, T. éditeurs) p. 193-203. *Ecol. Bull.* **25** Swedish Natural Science Research Council, Stockholm.
- Swift, M.J. Heal, O.W, & Anderson, J.M.** (1979) «The influence of resource quality on processes». in *Studies in Ecology, vol.5. •Decomposition in Terrestrial Ecosystems.* Univ. of California Press Berkeley, p 118-167.
- Tate, R.L.** (1987). «Soil organic matter: biological and ecological effects». 291pp. Wiley-Interscience Pub. New York. USA
- Thompson, W.** (1984) «Distribution, development and functioning of mycelial cord systems of decomposer basidiomycetes of the deciduous woodland floor». In *The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium* (Jennings, D.H. & Rayner A.D.M. éditeurs) p. 185-214 Cambridge University Press, Cambridge.
- Tien, M., & Kirk, T.K.** (1983) «Lignin-degrading enzyme from Hymenomycete *Phanerochæte chrysosporium*» *Burds. Science* **221**: 661-663.
- 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 p
- Vaughan, D. & Ord, B.G.** (1985). «Soil organic matter : a perspective on its nature, extraction, turnover and role in soil fertility». In: (Vaughan, D & Malcolm R.E., éditeurs) *"Soil Organic Matter and Biological Activity"*. pp. 469. Martinus Nijhoff & W. De Junk Pub., Dordrecht, Hollande.
- Vicuna, R** (1988) «Bacterial degradation of lignin». *Enzyme Microb. Technol.* **10** : 646-655.
- Visser, S.A.** (1986) «Rôle de l'humus dans un sol» in *Comptes rendus du colloque AMENDEMENTS DES SOLS, PERSPECTIVES D'AVENIR.* Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts) pp 11-33, Québec.

ISBN 2-921728-14-1

Dépôt légal: Bibliothèque National du Québec 1995

publication n° 58

décembre 1995

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](mailto:gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca)

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

FAX 418-656-5262

tel. 418-656-2131 poste 2837

ISBN 2-921728-14-1