

UNIVERSITÉ LAVAL

et un
**CONSORTIUM DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT
CANADO-SÉNÉGALAIS**

Avec la coopération financière de
Agence Canadienne de Développement International (Canada)
Centre de Recherche en Développement International (Canada)
Banque Mondiale pour le Développement
(African Soil Fertility Initiative -ASFI)

«LA TECHNOLOGIE DES BRF ET LA PÉDOGÉNÈSE:UNE VISION GLOBALE DANS LE CONTEXTE AFRICAIN»

par le

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

mars 2001

Publication n° 135

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

édité par le
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

3^{IÈME} édition, mars 2002

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

AVANT-PROPOS

Lors de la réunion de concertation Banque Mondiale – CRDI – ACDI - Université Laval tenue à Ottawa le 16 février 2001, les personnes présentes ont senti le besoin d'avoir une vision globale de la technologie des BRF et d'en établir clairement la conception dans le contexte africain pour lequel la Banque Mondiale a créé spécifiquement l'ASFI.

Bien que d'une rédaction extrêmement laborieuse, ce document trace l'historique du cadre biophysique africain, les grandes lignes de la technologie et les résultats qui seront le fruit de son application. Ces considérations mènent à des propositions académiques et professionnelles et indiquent la voie à suivre pour instaurer de nouveaux paradigmes en conciliant agriculture et forêt, et en éliminant les aspects conflictuels que des millénaires de cueillette de chasse et d'écobuage ont infligé à un continent aussi riche et maintenant réduit à la mendicité le plus souvent.

Professeur Gilles Lemieux
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
Université Laval, Québec, Canada

LA TECHNOLOGIE DES BRF ET LA PÉDOGÉNÈSE

UNE VISION GLOBALE DANS LE CONTEXTE AFRICAIN

par le

Professeur Gilles Lemieux

Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Université Laval

QUÉBEC, G1X 7P4

Canada

Introduction

Ce texte qui se veut «visionnaire» est certainement le texte le plus difficile qu'il nous ait été donné de rédiger. Nous devons sans cesse faire appel à des données de base que la science a négligé ou simplement occulté et souligner les résultats que nous avons obtenus et leur interprétation. Nous espérons que les lecteurs seront indulgents et feront les liens entre le passé et le présent. Nous aurions pû facilement mettre de l'avant des propositions bien plus précises mais nous nous sommes cantonnés expressément sur la problématique, l'apport de solutions et les implications sociales et économiques.

Pour rendre la problématique plus compréhensible, nous avons fait allusion abondamment au Consortium Laval-McGill, à la raison de sa structuration de même que la raison des liens entre les différentes disciplines. Enfin pour terminer, nous faisons appel au secteur privé et à la mise sur pied d'un Institut International qui sera appelé à distribuer la connaissance dans les grandes institutions académiques de façon cohérente.

Dans la réalité, c'est au niveau universel qu'il nous faudrait approcher cette réflexion. Nous allons nous restreindre pour l'instant au contexte africain, si particulier et unique qu'il mérite largement que nous lui consacrons l'élaboration d'une vision globale.

Le contexte historique

Pour des raisons qui nous échappent, le continent africain semble avoir donné naissance à l'Homme ainsi qu'à ses nombreuses cultures et caractéristiques. Nous nous devons de considérer le continent africain comme le sol natal de tous les hommes. Toutefois, comme pour toutes les contingences de la vie, les premiers évoluent dans des conditions qui, pour la plupart, ne changent pas comme celles qui se développeront plus tard en Asie, en Europe et en Amérique.

Cet ancien continent, géologiquement plutôt monolithique par opposition aux autres: par sa superficie, son manque de relief, sa fragmentation climatique, sa rudesse thermique et hydrique, est unique. Aussi loin que nous puissions voir et comprendre l'histoire de sa végétation, cet ancien continent possède une histoire forestière et non pas agricole, comme nous serions enclins de penser. Cette vieille histoire forestière a sculpté les paysages mais surtout les animaux et les hommes avec des chaînes de vie complexes et multiples, souvent en compétition féroce les unes avec les autres.

Nous avons donc postulé sur le fait que l'Afrique est avant tout un continent forestier. Les caractéristiques de son sol portant la fertilité, ne correspondent pas aux critères bien connus de ceux de l'hémisphère Nord où l'agriculture a pris son envol. La question ou l'affirmation devient encore plus opaque, de ce fait, il est difficile d'en dire davantage.

Nous devons faire référence à notre expérience des 25 dernières années aussi bien au Canada qu'en Europe ou dans les Antilles, pour apporter des éléments de réponses aux questions soulevées en Afrique. Dans les pays que nous venons de mentionner, les forêts ont des cycles où les conifères sont presque toujours pionniers. Dans l'évolution des espèces, les conifères ou Gymnospermes sont apparus il y a environ 300 000 000 d'années, bien avant les feuillus arrivés il y a environ 60 000 000 d'années. On remarque que les anciens conifères ne sont présents qu'à l'état de trace pour l'Afrique ainsi qu'en Afrique du Nord où règne la cédraie.

Nous en avons conclu que l'absence de conifères dans une forêt la rendait vulnérable aux dégradations et ne la prédisposait pas à sa reconstitution après un choc de perturbation naturel ou anthropique. Plus que dans tout autre continent, le recul de la forêt ne donne pas prise à des cycles de reconstitution. Il fait place à une désertification galopante, au rythme de l'accroissement démographique et d'interventions de techniques productivistes.

L'adaptation des feuillus Angiospermes à l'évolution continentale africaine a eu comme conséquence que la fertilité des feuillus est passée des sols directement dans la ramure des arbres. De ce fait, l'évolution génétique aussi bien que trophique est devenue dépendante de la forêt. Nous pensons à plusieurs facteurs physiques comme les cycles de l'eau, la régulation thermique, etc.

L'autre question lancinante est de savoir quels sont les mécanismes qui ont présidé à ces transferts de fertilité et pourquoi. Ici, il nous faut faire quelques références liées à l'évolution industrielle venue, suite à l'invasion de la planète par les Européens qui venaient d'Afrique auparavant. Ils avaient les mêmes modes de vie; soient ceux de la cueillette, de la chasse ou de la pêche. Dans une Europe tourmentée, avec de fortes variations saisonnières, la disette était monnaie courante, d'où les guerres, les épidémies et autres calamités. C'est ainsi qu'après les razzias et les conquêtes, est survenue une période de développement par l'invention de technologies et la domestication de plantes et d'animaux.

L'absence de technologies performantes a vite contraint certains à conquérir l'Afrique pour se procurer de la main-d'œuvre sous forme de commerce d'hommes; l'esclavage. Ces esclaves ont été les précurseurs du machinisme moderne et de la production de masse dont nous voyons maintenant de partout les effets sur notre planète et dans nos environnements respectifs.

La découverte de von Liebig au milieu du XIXe siècle donna la preuve de l'importance de l'azote dans la croissance et le rendement des récoltes. On allait irrémédiablement orienter la productivité vers l'industrie des fertilisants chimiques; l'un des joyaux de la grande industrie mondiale. La découverte a été de taille: propulser l'agriculture vers des sommets de production qui ont entraîné dans son sillage; l'augmentation de la démographie par une réduction parallèle des

maladies et épidémies «grâce» aux produits toxiques biocides, issus de la technologie industrielle de plus en plus puissante et de plus en plus payante pour la grande industrie.

Dans le contexte forestier de l'évolution biologique de l'Afrique, l'arrivée des techniques productivistes a été d'abord perçue comme salvatrice d'un sort de plus en plus précaire pour des millions d'individus. Ces techniques sont en train de déclarer forfait et nous indiquent les pires calamités dont nous sommes en mesure de prévoir l'arrivée dans moins d'un demi-siècle. L'Afrique est donc passée d'une économie primitive, arboricole, mais saine, à une économie agricole sophistiquée, mais malsaine, inadaptée, comme le démontre tous les jours la dépendance alimentaire déjà instaurée au XIXe par les puissances colonisatrices-mercantiles.

Nous faisons le pari, qu'il est possible de faire les compromis nécessaires pour l'émergence d'un développement tenant compte à la fois du contexte forestier et de la nécessité de faire la promotion d'une agriculture diversifiée et rentable. Pour ce faire, il faut innover dans le cadre africain, non pas dans le cadre industriel du nord, en faisant les compromis forêt-agriculture- forêt nécessaires pour l'ensemble du domaine biophysique. C'est ce que nous allons tenter de démontrer.

Avant de terminer, nous ne pouvons esquiver toute la question sociale puisque la question économique dépend en grande partie de ce que nous venons de décrire. Les prémices du projet que nous présentons à la Banque Mondiale sont avant tout sociaux. La précarité et les perturbations engendrées par la disparition du cadre forestier de vie et de productions, ont donné naissance aux rigidités et distorsions dans les cadres de vie collective devant s'adapter aux contraintes séculaires. Nous pensons pouvoir esquisser un cadre global écoviable qui manque cruellement à des sociétés divisées par l'incohérence historique, sociale et économique. Il faut suggérer des harmonies nouvelles et des solutions de conflits latents.

Cela sera très difficile, mais non impossible, bien que ça dépasse largement nos pauvres personnes. Il faudra tenir compte que l'homme fait partie de longues chaînes de vie et que l'arrivée d'une nouvelle prospérité pourrait avoir

comme conséquence, d'inviter à table de nouveaux acteurs du monde animal venant concurrencer directement les efforts des hommes. Il y aura là des choix déchirants à faire pour lesquels nous n'avons aucune expérience collective et qui en feront grincer des dents plusieurs. La faible productivité et la pauvreté endémique ont évité de faire de tels choix ; ce qui sera bien différent dans un contexte plus opulent et plus technologique.

Le sol, la pédologie et la pédogénèse ou comment la fertilité se loge dans les arbres.

Nous ne pouvons passer sous silence notre étonnement face aux premiers résultats obtenus début des années 80. Nous avons noté et décrit de fortes variations entre différentes parcelles situées sur un même site. Ces variations affectaient la composition végétale, la régénération forestière sans autres nutriments et cela sur des sites particulièrement pauvres. Plus encore, cette augmentation de la fertilité apparaissait à partir de la seconde année après épandage. Plus intrigant encore, c'était la différence de fertilité induite par les feuillus au détriment des conifères appliqués au sol lors de l'expérience.

Nous nous sommes donc précipités sur la littérature scientifique du dernier quart de siècle pour nous rendre compte de choses fort étonnantes comme:

- a) Toute la littérature était basée sur des prémices agricoles, descriptifs pour des motifs productivistes à partir de la disponibilité des nutriments.
- b) Le terme de pédogénèse était inconnu dans la plupart des grandes banques de données scientifiques.
- c) Que l'étude des sols était strictement orientée vers la production ou la cartographie
- d) Que la biologie des sols était également scientifiquement négligée, voire presque inconnue
- e) Que seules les bactéries faisaient l'objet de quelques intérêts
- f) Que le rôle des champignons Basidiomycètes n'était connu que pour des raisons culinaires ou pathologiques

- g) Que la biochimie des lignines et polyphénols polymères était pratiquement inconnue dans les sols
- h) Pour terminer, la dynamique biologique des sols était pratiquement inconnue, et tous voyaient dans la «matière organique», dans les composts, dans les détritiques industriels et dans la pharmacopée fécale, les sauveurs du monde agricole et le support alimentaire de l'humanité.

Devant un tel paradigme d'ignorance il y avait de quoi rebuter les plus rusés et les plus déterminés. Nous nous sommes vite rendu compte que la somme des incohérences formant le paradigme sol était si grande, qu'il nous fallait regarder le tout de très près. C'est en examinant l'approche sol et fertilité en Afrique, que nous avons compris le drame qui se jouait, faute de connaissances appropriées et de raisonnements raffinés au fil de la culture.

La plupart des travaux des 20 dernières années, démontrent que la richesse biologique, propre aux sols forestiers des milieux tempérés, a migré du sol vers la ramure des arbres au fil des millions d'années. Les raisons sont assez simples si vous comprenez le rôle des polyphénols et, en particulier, celui des lignines et tannins condensés dans la gestion et l'initiation de la biodiversité. C'est ainsi que nous concevons maintenant le rôle des arbres dans la productivité de richesses et leur conservation. Nous regardons avec angoisse les paysans utiliser les rameaux d'une richesse incroyable en protéines, pour cuire des aliments pauvres en ces dernières.

Tout récemment, des travaux portant sur la biodiversité des forêts pluvieuses du Panama, ont montré que 90% des insectes vivant dans la canopée étaient inconnus de la science. Voilà une preuve irréfutable du point de vue que nous avançons ici. Ces observations ont été corroborées par de nombreux travaux portant sur la canopée tant au Brésil, en Guyane française qu'en Indonésie. Dans la mesure où la savane se développe et où la désertification s'amorce, cette fertilité ne descend pas des cimes vers le sol, mais reste inaccessible le plus souvent, sinon sur de très courtes périodes. Une fois encore, il faut se référer à la biochimie des polyphénols pour comprendre la très grande résistance des arbres à la sécheresse. Elle leur permet de s'accaparer de la totalité des ressources du milieu

en période sèche, l'amorce même du désert parfois réversible, au détriment des récoltes et des autres types de végétation.

Nous savons tous qu'en l'absence de tout arbre, le phénomène de désertification devient permanent et irréversible ; une catastrophe humaine d'une extrême cruauté, mais qui permet aux hommes de survivre, le plus souvent à cause de leur intelligence et en l'absence de compétition entre niveaux de vie, c'est-à-dire une résistance par la pauvreté.

Permettez-moi d'espérer que cette réflexion permettra de saisir l'importance de la forêt dans la régulation de la fertilité alors que la majorité des spécialistes répètent que les sols tropicaux sont pauvres puisque nul phénomène, telle la glaciation, ne permet de renouveler les horizons et les enrichir de matériaux allochtones comme c'est le cas avec le volcanisme. C'est plutôt du côté de la biologie de la forêt qu'il faut porter son regard pour comprendre que le contrôle de la biodiversité se fait par des apports ponctuels de substances nutritives au sol. Ceci est important pour éviter une prolifération d'espèces végétales et animales qui auraient tôt fait de réduire la forêt en un désert et où l'eau ne serait plus accessible.

Les sources de la technologie des BRF

Les nouvelles connaissances apportées dans la littérature des années 80 nous ont mis sur plusieurs pistes intéressantes. Nous avons, par le fait même, constaté une régulière absence de connaissances, en ce qui a trait au sol au-delà de la fertilisation chimique, des insectes pléthoriques, des maladies à virus, bactériennes et fongiques. Nous aurions tant à dire sur notre philosophie et la perception guerrière de notre monde, mais laissons là ces considérations d'une autre essence.

C'est ainsi que sont apparues, en filigrane, la structure des lignines, la panoplie des polyphénols et leurs relations avec les éléments biologiques de la dynamique du sol, principalement du sol forestier. Assez curieusement, ce sont les travaux biologiques de scientifiques pour le blanchiment du papier, qui nous ont mis sur cette piste: la relation fungus Basidiomycètes lignines. Des sommes

colossales ont été débloquées de la grande industrie pour les torts causés à l'environnement. L'utilisation de mercure dans ce processus chimique de blanchiment du papier était le chemin à suivre.

C'est ainsi que nous avons compris que c'est de la pédogénèse qu'il s'agissait, de ses effets multiples sur tous les aspects de la régénération de la vie et de la dynamique des équilibres biologiques, biochimiques et chimiques tout comme les équilibres hydriques.

Le bois raméal

Si beaucoup a été dit et écrit sur le bois du tronc des arbres en général, en revanche, ce n'est pas cas pour les rameaux. Rien n'a été dit ou écrit sur les caractéristiques du bois de rameaux, qui, jusqu'à 1986 n'avait même pas de nom, bien que nous en produisons des milliards de tonnes annuellement de par le monde. À l'inverse du bois de tronc, dit bois caulinaire, où la partie écorce n'occupe qu'un volume insignifiant par rapport au bois, le bois raméal possède une grande partie d'écorce, contenant entre autres; des tanins condensés souvent hydrolysables, un polyphénol polymère en plus des lignines guaïcyl et syringyl, un autre polyphénol polymère. Il nous semble de plus en plus évident que la jonction de ces deux groupes de polymères soit à la base de la structuration des sols, particulièrement lorsqu'ils sont associés aux nombreuses protéines (souvent plus de 20% dans le bois raméal) et où on retrouve d'autres polymères comme les celluloses associées aux sucres ... responsables de la vie à court terme cette fois.

La combinaison tannins/lignines/terpènes.

Toutes les hypothèses et observations nous portent à conclure que ce sont ces produits de la photosynthèse qui sont responsables de la fertilité à moyen et long terme. Ils règlent la mise en circuit de l'azote, souvent à partir de sources réputées inaccessibles mais, dont la mise en disponibilité, peut être synchronisée avec les besoins de la plante à ses divers stades de croissance.

Nous pensons avoir ainsi trouvé le moteur de la stabilité et de la fertilité; les deux ingrédients de base d'un développement agricole et

durable. Toute la littérature scientifique nous indique que c'est en présence de ces polyphénols polymères que nous retrouvons une flore fongique d'une richesse sans pareille, largement dominée par les Basidiomycètes, capables de produire les enzymes nécessaires à transformer, en partie, les noyaux aromatiques, en tirer les acides humiques et fulviques; composantes secondaires mais primordiales dans le processus pédogénétique.

Il y a beaucoup à faire au point de vue biochimique pour comprendre et identifier les produits dérivés des lignines et tanins qui varient selon les espèces d'arbres; domaine dans lequel la science est à peu près muette. Il nous faudra des injections de fonds importants et le montage de laboratoires spécialisés dans le domaine. À ce chapitre, nous devons remercier nos collègues allemands, avec qui nous avons de bonnes relations dans le domaine de la chimie des lignines ainsi que nos collègues italiens qui ont développé une grande expertise dans le domaine des substances humiques et avec qui nous sommes en relation constante.

Les sols tropicaux et l'énergie nécessaire aux chaînes trophiques

Il nous semble de plus en plus évident que le grand désastre sous les tropiques est l'absence d'énergie disponible pour faire marcher cette complexe «machine biologique» qu'est le sol. Cette «machine» est composée de milliers d'espèces depuis les virus jusqu'aux mammifères qui interagissent, créant autant de niches et où les communications se font en bonne partie via des systèmes enzymatiques simples ou complexes, mais fugaces et ponctuels.

À ce niveau, l'exemple le plus connu est certainement la fixation de l'azote sous toutes ses formes. Un autre exemple est celui du phosphore récupérable à partir de formes complexes et inertes par des enzymes particulières comme les phosphatases. À partir de ces phosphatases, le phosphore peut être stocké dans les tissus de mycorhizes sous forme de phospholipides, pour être mis à la disposition des plantes, qu'importent les conditions du sol au moment de la croissance.

Tous ces transferts nécessitent de l'énergie, souvent non disponible à partir des sucres ou des autres polysaccharides dégradés par la flore bactérienne. Il reste les polyphénols qui agissent de plusieurs manières, compte tenu de leur aptitude à former des composés complexes en modifiant les chaînes carbonées ou autres: nous connaissons plus de 4 000 000 000 de composés, tous différents.

L'intensité de la radiation UV, les hautes températures en surface et l'évaporation rapide de l'eau en absence de couvert forestier, réduisent presque à néant l'activité biologique et, de ce fait, la fertilité qui doit se réfugier dans la cime des arbres avec ses composantes biologiques.

En l'absence d'arbres, le sol se retrouve avec un support physique d'une maigre disponibilité en nutriments. Ainsi, une niche spéciale est créée, envahie par des formes de vie souvent allochtones, comme les nématodes, certains virus (quelquefois pathogènes pour l'homme), ou encore favorisant le développement de criquets dans les zones semi-désertiques envahissant des continents entiers. Les polyphénols, dans ce cas, nous apparaissent comme les régulateurs de la vie, plus particulièrement en milieux tropicaux. Les chaînes de vie ne peuvent ni se développer, ni se complexifier sans régulateurs également complexes et souples.

Ces molécules complexes que sont ces polyphénols polymères, «traités» de déchets industriels et nuisances de toutes sortes, seraient donc en fait le support biochimique sans lequel le sol ne peut exister, pas plus que la biodiversité des écosystèmes terrestres par les apports de la forêt.

Les chaînes trophiques

Beaucoup a été dit et écrit sur les chaînes trophiques, mais presque toujours dans un contexte agricole, c'est-à-dire dans un contexte de réduction de la biodiversité et le plus souvent dans un contexte de dégradation avancée pour des besoins, le plus souvent industriels. C'est ainsi qu'au fil des ans, la forêt a été perçue comme une variante agricole de l'industrie de l'alimentation et que tous les aspects que nous venons de décrire ont été occultés au profit de la filière chimique, plus malléable au point de vue économique et industriel. C'est par la suite que l'industrie de la phytopharmacie et celle des biocides multiples se sont

développées, mais incompatibles avec les milieux tropicaux qui voient leur agriculture se dégrader à vue d'œil en regard de leurs besoins les plus élémentaires.

Les Basidiomycètes

Toute la gestion biologique des sols se fait à partir de ces champignons que l'on connaît par leurs carpophores sous le nom de champignons à chapeaux. Comme nous venons de voir, ils sont capables de produire un grand nombre de systèmes enzymatiques différents, formant un ensemble digestif différentiel attaquant les tissus morts pour en refaire des tissus vivants. Cette fois, ils seront sous des formes de vie plus élémentaires avec des fonctions qui, de prime abord, nous semblent insignifiantes.

Les arthropodes

Ces petits animaux qui apporteront bien des changements, sont tributaires du mycélium des Basidiomycètes pour leur nourriture. Ils participent au stockage des nutriments dans leur biomasse tout comme du métabolisme de l'azote dans le sol par certains mécanismes de fixation qui leur sont propres.

Les lombrics

Ils sont particulièrement intéressants par leur aptitude à pouvoir séparer les polyphénols des protéines, en libérant de grandes quantités d'azote, qui autrement serait bloqués dans la relation polyphénols-protéines, phénomène propre aux sols riches en substances humiques.

La «matière organique»

Comme vous le constatez, on ne fait aucunement allusion à ce terme qu'on retrouve *ad nauseam* dans toute la littérature agronomique et forestière puisqu'il ne couvre aucune réalité biochimique pas plus que biologique. C'est un terme fourre-tout qui a fait l'agriculture depuis plus de 150 ans, sans avoir recours à une connaissance quelconque portant sur l'origine des substances humiques pas

plus que des polyphénols polymères. Notre réflexion et la technologie qui en découle nous ont obligé à porter notre attention sur ce terme qui justifie toutes les fantaisies. Nous en tirons la conclusion qu'agronomie et foresterie se sont développées à l'intérieur d'un paradigme productiviste à base de raisonnements économiques cantonnés à l'intérieur de cycles ne dépassant guère 20 ans. Voilà une autre source de dégradation sous tous les cieux et particulièrement significative sous les tropiques et dont l'Afrique souffre le plus sans contredit.

La technologie des BRF

L'agriculture traditionnelle, tant en Afrique que dans les Amériques tropicales, est largement basée sur l'écobuage et la jachère. Nous avons donc imaginé une technologie qui joindrait les avantages de la forêt à ceux de la productivité agricole. Plutôt que brûler, pourquoi ne pas utiliser les rameaux des arbres pour réintroduire la fertilité dans le sol ? Des fragments de rameaux sont produits à l'aide d'une machine spécialisée qu'on retrouve de plus en plus en milieux urbains. Nous les avons disposés sur le sol (en paillis) pour ensuite les mélanger avec les premiers centimètres du sol.

Voici les résultats obtenus qui sont de plusieurs ordres. En milieu tempéré, l'utilisation de ces fragments que nous avons appelés spontanément **«bois raméal fragmenté» ou BRF**:

- a) Bien que riches en nutriments, les BRF de Gymnospermes n'ont que très peu d'efficacité sur la promotion de la fertilité du sol: ils sont riches en lignine gαiacyl.
- b) Les BRF de feuillus Angiospermes, bien que moins riches en nutriments, induisaient une bonne fertilité, particulièrement la seconde année et permettaient du point de vue forestier, la germination presque exclusive de semis d'arbres Angiospermes.
- c) La première année étant consacrée à l'établissement des Basidiomycètes et des arthropodes, la productivité n'était pas augmentée de beaucoup mais plutôt au cours de la seconde année.
- d) Les augmentations de rendements se manifestaient de plusieurs façons, en particulier par une augmentation de la teneur en matière sèche de 30% chez la pomme de terre ou en triplant les rendements en volume chez les fraisiers.

C'est ainsi que nous avons compris que nous n'influencions pas le flux de nutriments mais plutôt l'ensemble des facteurs physiques, chimiques et biologiques; ce qui était notable par le changement de texture du sol et sa couleur qui vire au marron. Aucune déficience, pas plus que de maladies n'ont été observées. Toute la dynamique était orientée vers une série d'équilibres; ce qui ne s'est jamais démenti plus tard.

À la recherche de controverse

Les résultats obtenus et l'absence totale de référence dans la littérature scientifique nous ont laissés, pendant quelques années, songeurs face à la valeur des résultats obtenus, faute d'opposition de la part de nos collègues. Ainsi, avons-nous parcouru l'Europe et quelques pays africains, puis les Antilles sans que personne ne soulève la moindre question sur ce que nous venions d'exposer. En 1993, nous faisons un exposé devant les responsables de la FAO à Rome. Après quelques mois, on nous a dit que personne ne croyait en un tel «récit». Un peu plus nuancée fut la réception devant les 12 pays du Club du Sahel en 1995 mais sans enthousiasme, si ce n'est de la part d'une seule personne au CRDI, M. Jean H. Guillemette.

Sous les tropiques

Très conscient de la valeur de nos observations et mesures et avec l'appui de l'ACDI et la coopération de Mamadou Seck, maître-assistant à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar au Sénégal, nous avons entrepris une série d'essais avec des BRF de filao (*Casuarina equisetifolia*) dans la région des Niayes à l'est de Thiès. Les résultats obtenus ont été immédiatement très impressionnants en particulier pour l'aubergine, la tomate et la tomate amère avec des rendements dépassant de 4 à 10 fois ceux des parcelles témoins. En Côte d'Ivoire et en République Dominicaine, les essais avec le maïs donnèrent des rendements de 4 fois supérieurs aux témoins en utilisant des BRF d'Angiospermes Dicotylédones.

Nous nous limiterons à ces faits, mais bien d'autres paramètres ont été améliorés; une réduction de la consommation en eau, une réduction de la salinité et une tendance à ramener le pH vers la neutralité, tout en éliminant plusieurs mauvaises herbes. etc. Des résultats analogues ont été obtenus en Ukraine, mais à une échelle inférieure à cause de la rigueur du climat continental de ce pays.

Cela nous a fait dire que:

- a) La technologie BRF a des applications agricoles et forestières universelles.
- b) Que nous intervenons positivement en rétablissant les mécanismes de pédogénèse d'origine biologique mais dans un contexte biochimique particulier, celui des polyphénols polymères.
- c) Que la fertilité durable provenait de la cime des arbres et non pas des nutriments qui sont tributaires de l'activité biologique pour être disponible (azote et phosphore)

Un changement de paradigme agricole fondamental en Afrique

En proposant cette technologie, nous sommes parfaitement conscients de proposer une «révolution agricole» complète, mais nous croyons que l'honnêteté scientifique nous impose de mettre de l'avant une telle technologie basée sur les équilibres forestiers dans la pédogénèse. Les vingt dernières années nous ont souligné la difficulté de changer un tel paradigme, aussi bien dans les pays industriels que dans les pays en voie de développement. Les promesses de succès sont telles, que nous n'avons reculé devant aucun sacrifice pour faire connaître les avantages de procéder à l'inverse de la tradition, en prenant la forêt comme le principal allié de l'agriculture, plutôt que son «ennemi».

Ainsi, avons-nous la prétention justifiée de proposer **la clé d'une agriculture et d'une foresterie durables** pour que les deux soient intimement associés à maintenir les équilibres du sol tant chimiques que biologiques, tout en rétablissant les cycles de l'eau propres à tous les systèmes forestiers. Compte tenu des dégradations de plus en plus sévères et de plus en plus étendues, la technologie seule ne peut réussir. Il faut que nous parlions aux hommes

directement, à travers leurs problèmes sociaux actuels ou ancestraux, d'ordre économique ou ethnique.

Structure et justification du projet BRF-Sénégal

Ce n'est qu'en 1997 que le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux du département des Sciences du Bois et de la Forêt de l'Université Laval, Québec, Canada, a vu la nécessité d'une association plus large avec une autre institution universitaire canadienne. Du même souffle, la question sociale étant posée, nous avons vu la nécessité d'apporter les ressources d'une science trop souvent négligée qu'est l'anthropologie dans les domaines agricoles et forestiers. Cependant, c'est la biochimie des polyphénols et de certains composés plus spécifiques, comme les tannins condensés et les lignines, qui sont au sein même de l'innovation scientifique et technologique. Suivront les volets agronomiques, forestiers, économiques et administratifs.

L'anthropologie

Le changement de paradigme que nous proposons ne peut se faire seul et au petit bonheur la chance. L'intervention avant, pendant et après les premières expériences sur le terrain, nécessite une juste appréciation, de vives perceptions pour identifier les échecs sociaux comme les succès et en suivre les dédales dans les populations paysannes, politiques et intellectuelles. Cette tâche relève du Professeur Serge Genest du Département d'Anthropologie de l'Université Laval.

La biochimie des polyphénols

Il va sans dire que la plus grande innovation est l'arrivée d'un secteur de la science presque toujours tenu à l'écart des sciences biologiques au profit des innovations industrielles. Par le biais de la technologie des BRF, ce champ de recherche que représente la chimie des polyphénols a des intérêts dans l'œnologie, l'industrie des médicaments et de la dépollution; un nouvel essor, insoupçonné il y a peu encore. Ce domaine scientifique a été confié à M^{me} la Professeure Tatjana Stevanovic-Janezic, spécialiste des lignines de renommée internationale. Elle est professeure titulaire de chimie du bois au département des

Sciences du Bois et de la Forêt de l'Université Laval. Elle est responsable de tous les liens biochimiques depuis le bois raméal, dans l'ensemble du processus pédogénétique. Son rôle est capital et servira à identifier la justesse des recommandations et surtout à expliquer par la biochimie les effets des polyphénols polymères dans toutes les chaînes trophiques. Nous pensons que cet aspect sera une contribution majeure à la science, à l'agriculture et à l'économie.

L'agronomie

Toute la question agronomique repose entre les mains de M^{me} la Professeure Joann Whalen, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, McGill University¹, Montréal, Québec, qui fera les tests nécessaires à la mesure des effets de l'application des BRF sur tous les aspects en agriculture depuis la croissance en passant par les rendements, le parasitisme et la qualité des productions. Elle devra tirer les leçons scientifiques, techniques et économiques des résultats obtenus et faire les ajustements nécessaires. Ainsi, nous pensons que des recommandations importantes seront faites, tant au niveau des techniques que des innovations nécessaires au choix des variétés, de leur amélioration génétique pour mieux se plier au nouvel environnement agroforestier. **À partir de ce point, tout l'environnement devient agroforestier, le terme n'étant plus alors restreint à la technologie des BRF.**

La foresterie

Bien qu'au centre de tout le développement à venir, la foresterie joue un rôle bien modeste dans le projet BRF-Sénégal, ce qui ne sera pas le cas dans l'avenir. Le projet BRF-Sénégal utilisera presque exclusivement les rameaux issus de l'exploitation nécessaire des filaos plantés le long du littoral depuis Dakar jusqu'à Saint-Louis. Comme des essais préliminaires ont été effectués au préalable par l'UCAD dans les Niayes, nous connaissons la qualité des BRF que nous obtiendrons. C'est le professeur Gilles Lemieux qui s'occupera de ce volet et qui assurera la coordination de tous les aspects scientifiques et techniques du projet BRF-Sénégal.

¹ Malheureusement, pour des raisons qui sont demeurées nos collègues de l'Université McGill se sont désistés *in extrémis*.

Nous verrons plus loin l'importance de la forêt et de sa régénération dans le cadre du développement agricole par la technologie agroforestière des BRF. Ce volet sera bien plus important dans tout le développement de la technologie sur l'ensemble de l'Afrique.

L'économie

Voilà un volet qui présente quelques difficultés d'implantation au stade où nous en sommes. Des essais préliminaires, faits au Canada, nous ont démontré que la technologie a des effets sur plusieurs plans qu'il faut mesurer et où les sommes pour les faire sur de longues périodes ne sont jamais disponibles. C'est également le cas ici où nous n'aurons accès qu'aux performances des récoltes en termes de rendement et vente et d'apports économiques. Toutefois, un tel projet n'est pas conçu ni financé pour mesurer les effets positifs apportés par le redressement de la qualité de l'eau, la stabilité des sols, la diminution de l'impact de tel ou tel insecte. Nous allons tenter de faire ce qui sera possible dans un tel projet.

L'administration

Dans un tel projet, le volet administratif revêt une importance cruciale en créant de nouvelles règles et en les rendant acceptables aux institutions nationales ou internationales qui apportent les capitaux nécessaires à un tel projet. Cet aspect est assumé par le Professeur Michel Dessureault, directeur du département des Sciences du Bois et de la Forêt à la faculté de Foresterie et de Géomatique de l'Université Laval.

Quelques suggestions pour l'ASFI

Dans le projet africain de la Banque Mondiale pour faire la promotion de la fertilité, l'ASFI vient combler un vide que nous avons identifié il y a plusieurs années, mais le fruit n'était pas mûr.

Nous proposons donc que les volets suivants soient retenus

a) Sociologie-anthropologie

- b) Biochimie des polyphénols.
- c) Biologie des sols (virus, bactéries, champignons-mycorhizes, algues, arthropodes-acariens...)
- d) Agronomie (vivrière et industrielle)
- e) Foresterie (sylviculture, plantations, gestion de la production de BRF...)
- f) Économie (forestière et agricole)
- g) Implication du secteur privé
- g) Administration (institutions nationales, internationales et académiques)

L'implication incontournable du secteur privé

Autant l'implication des grandes institutions internationales et nationales est importante, l'apport du secteur académique l'est également comme le démontre l'élaboration de nouvelles technologies à partir du savoir universel. Toutefois, aucune de ces institutions, si honorables soient-elles, ne peut mettre en place et gérer une telle technologie comme celle des BRF dans tous les pays du continent africain. Il faut que le secteur privé s'implique dans toutes les conséquences d'une telle technologie; comme la production, la distribution de fragmenteuses spécifiques à la production de BRF, la formation des paysans, des techniciens et des professionnels, en gestion des surplus de production, des techniques de conservation, etc..

Tout le secteur production de BRF par la voie de plantation et de reforestation systématique doit également être pris en charge, et encore une fois ni les organismes internationaux ou nationaux ne peuvent prétendre agir dans ce champ de compétence. Seule une institution commerciale et industrielle peut prétendre s'attaquer à une telle tâche et obtenir des résultats positifs. Pour ce faire, il faut un financement de base, là où la Banque Mondiale peut intervenir avec l'appui d'autres pays comme le Canada, le Japon, l'Allemagne... Au Canada, une telle société vient de naître avec l'appui du secteur académique pour effectuer ce transfert de technologie vers les pays qui le nécessitent.

Déjà, l'expérience de cette société laisse anticiper des effets largement positifs à partir des expériences de terrain à Madagascar, où les initiatives locales de paysans ont rapidement débouché sur les plantations d'arbres pour la

production de BRF, avec des effets notables sur la production de riz, de vanille et thé. Des premiers tests sur des larves de criquets montrent sans ambiguïté l'effet létal des BRF sur le développement de ces dernières. Il en va de même pour la gestion des surplus de production maraîchère qui sont déshydratés pour être utilisés en période de disette après réhydratation.

La mise sur pied d'une institution internationale; une réalisation pressante.

Nous croyons avoir bien démontré les aspects novateurs et les lacunes scientifiques d'une taille qui nous laisse songeur tant elles sont immenses à partir de l'apport de la technologie des BRF. La tournée que nous avons faite dans plusieurs pays ne laisse aucun doute sur la méconnaissance de l'importance de la biochimie des polyphénols polymères en tant que régulateurs de la vie et de la fertilité du sol.

Il revient donc aux institutions internationales avec l'appui des pays donateurs de voir à mettre sur pied un ***Institut International de Pédogénèse*** qui aura des impacts aussi bien dans les pays tropicaux que ceux des climats tempérés comme nous le montre nos travaux en Ukraine. Cela consoliderait un virage à 180° qu'il nous faut faire pour nous écarter de l'agriculture traditionnelle inadaptée aux tropiques de manière durable, tout comme elle génère des flux importants de pollution aérienne comme hydrique dans les pays industrialisés. Il faut mettre nos grandes institutions académiques et de recherche dans la diffusion de ce concept de pédogénèse à partir de la forêt mais sans la présence d'arbres sur le terrain immédiat pour régénérer le flux de la biodiversité et en contrôler sciemment les paramètres. Dans le monde d'aujourd'hui où tant de nouveautés scientifiques sont apparues, nous dépendons toujours d'une agriculture de dégradation des sols alors que nous pourrions faire tellement mieux pour les hommes qui naissent et chassent la détresse alimentaire et celle de l'eau par où la mort et la maladie se présentent avec le plus d'insistance.

Il faut utiliser ce que la science nous apprend, ce que la technologie nous indique et ce que les capitaux peuvent concrétiser pour changer le paradigme agricole actuel, éculé et désuet et où les paramètres industriels

modernes n'apportent plus guère d'espoir puisqu'ils sont le plus souvent inscrits dans une philosophie de guerre et de confrontation plutôt que dans une philosophie de paix et de concertation.

Que peut-on conclure!

Devant de telles évidences nous nous voyons obligés de porter la réflexion plus loin et en tirer enseignements et propositions d'avenir. Comment en sommes nous arrivé à une disette alimentaire et hydrique et à ne penser qu'en termes agricoles importés à même des technologies inadaptées à l'Afrique, sans sourciller ni pleurer sur la vie perdue de millions d'êtres humains? Les réponses ne sont pas dans les gémissements ni dans le passé mais bien dans l'avenir.

Inventer une bio-ingénierie à l'intérieur des règles de l'écologie.

Il est presque incroyable qu'après de telles vicissitudes collectives qui s'étendent sur plus d'un siècle, nous en soyons encore à chanter les vertus de professions productivistes à tous crins dans un contexte de confrontation, modèle qui a été exporté vers l'Afrique en même temps que les technologies du même acabit venant des pays tempérés. Nous sommes enclins à penser que l'agriculture développée dans les pays tempérés, alliée à l'écobuage, sont la source de la pauvreté absolue qui se développe sous les cieux d'Afrique à une vitesse presque inimaginable. Plusieurs s'objectent à une telle assertion, mais alors pourquoi la productivité n'est que de 30% de ce qu'elle est dans les pays tempérés?

La grande industrie suggère que les OGM sont la source de l'avenir, ce qui nous semble d'un ridicule achevé mais conforme à la philosophie de guerre où il faut combattre les «ennemis» en devenant les plus forts. Mais comment peut-on être fort dans un désert de fertilité, faute de connaître et utiliser les mécanismes qui en sont responsables? Voilà la dérive du paradigme agricole en terre d'Afrique. Nous sommes contraints à regarder la situation par le bout de la lorgnette forestière, ce qui oblige à mettre de côté les rivalités professionnelles et industrielles entre l'agronomie et la foresterie pour des raisons que la présente technologie des BRF nous indique.

Promouvoir la formation d'ingénieurs-écologues.

C'est par une formation conforme à la demande de la situation africaine que les hommes devront avoir une formation très différente de celle qui prévaut actuellement dans tous les pays. Il faut redessiner le paradigme de la vie en modifiant nos perceptions traditionnelles de l'agriculture, de l'élevage et de la foresterie. **LA SCIENCE NOUS MET MAINTENANT AU DÉFI DE TISSER DES LIENS PRODUCTIFS ENTRE LA TERRE ET LES ARBRES, ENTRE L'AGRICULTURE ET LA FORESTERIE EN RÉTABLISSANT LES CYCLES DE L'EAU PLUTÔT QUE DE LA VOIR DISPARAÎTRE.**

Cette tâche n'appartient pas aux grandes institutions internationales, mais plutôt aux universités qui doivent être soutenues et encouragées dans ce qui est l'un des grands métiers du monde: ***façonner les hommes par la connaissance***. C'est ici que les Nations Unies, la FAO, L'UNESCO, et la Banque Mondiale doivent intervenir positivement. Le défi est de taille, mais la technologie est maintenant disponible pour générer et maintenir des équilibres qui, par leur absence, nous entraînent vers le chaos absolu, celui de l'alimentation et de l'eau, intimement associés.

Un «plan Marshall» pour la reforestation de l'Afrique

Bien que toutes les grandes organisations internationales battent leur coulpe sur la place publique face aux problèmes gigantesques qui se développent en Afrique, il n'y a que des propositions partielles et souvent inadaptées au contexte qui apparaissent de temps à autre. Toutefois, nous reconnaissons une volonté qui s'exprime de jour en jour pour apporter des solutions à des situations désespérantes.

Nous pensons sincèrement, qu'en quelques années, l'utilisation systématique de la technologie des BRF pourrait amorcer une productivité positive à même les ressources africaines. Toutefois, l'accoutumance à la pauvreté et à la disette devra être combattue et une nouvelle culture de la richesse et de la productivité favorisée. Nous pensons que le défi est aussi grand au niveau culturel et économique qu'il l'est à celui de l'agronomie et de la foresterie. Avec une telle

approche, non seulement de nouveaux paradigmes agricoles apparaîtront mais également de nouveaux paradigmes économiques et culturels inconnus pour l'Afrique et une large partie des hommes vivant en terres tropicales dans le monde.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme (2000)** «D'autres signes inquiétants révélés par une étude globale: la dégradation des sols agricoles met en cause notre capacité de production agroalimentaire» IFPRI - «La démographie galopante nous condamne à la soif sous tous ses aspects» WWI La Banque mondiale pour le développement
- Anonyme (1996)** «New ideas on soil formation, soil fertility» Agroforestry TODAY. ICRAF Nairobi Kenya 8 (3) pp 23-24 ISSN 1013 3225.
- Anonyme (2000)** «Utilisation de la technologie des Bois Raméaux Fragmentés (BRF) en Estrie dans un concept de revalorisation des sols forestiers» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 12 pages.
- Anonyme (2001)** «Amélioration et maintien de la fertilité des sols en Afrique: le rôle de la technologie du Bois Raméal Fragmenté» ACIDI-CRDI (Document d'approbation de projet) édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, ISBN 20911728-55-9, 21 pages.
- Anonymous (2000)** «Global Study Reveals New Warning Signals: Degraded Agricultural Lands Threaten World's Food Production Capacity» IFPRI - «Population growth sentencing millions to hydrological poverty» WWI -The World Bank.
- Bacher, Rémy (1996)** «Une approche nouvelle à expérimenter», Terre vivante. août 1996, page 86, France
- Banque Mondiale (2000)** «A proposal for Accelerating the Soil Fertility Initiatives and Establishment of a Core Funding Mechanism» - «Proposition visant à susciter une initiative portant sur la fertilité des sols et la mise en place de mécanismes de financement (IFS)» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, publication n° 127, 13 pages.
- Bourgeois, R. (2000)** «La fertilité des sols agricoles et forestiers» tiré-à-part de "LA TERRE DE CHEZ-NOUS" semaine du 17 au 23 février p.18 Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec 2 pages.
- Caron, C. (1995)** «Ramial Chipped Wood: a basic tool for regenerating soils». Lincoln University, IFOAM Meeting, Christchurch, New-Zealand.8 pages. ISBN 2-921728-07-9.
- Caron, C., Lemieux, G. & Lachance L. (1998)** «Regenerating soils with ramial chipped wood» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada 11 pages, ISBN 2-921728-32-X
- Caron, C., Lemieux, G. & Lachance L. (1998)** «Regenerating soils with Ramial Chipped Wood» Reprint from THE MAINE ORGANIC FARMER & GARDNER, Augusta, Maine USA, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 10 pages
- Chervonyj, A. (1999)** «Rapport d'étape sur la technologie des BRF, utilisant le seigle (*Secale cereale*) comme référence pour les années 1997-98. Université Agricole Nationale d'Ukraine, et la Station de Recherche Forestière

- Expérimentale de Boyarska. Université Laval, Québec Canada, 63 pages, ISBN 2-921728-50-8.
- Chervonyj, A. (1999)** «Research project on RCW technology on rye (*Secale cereale*)». Boyarska Forestry Research Station (Kiyv) Ukraine and Université Laval, Québec, Canada. 60 pages, ISBN 2-921728-49-4.
- Dill, I, Kraepelin, U. Schultze, U. Reh, U. and Weissleder, I. (1987)** «The role of nitrogen in white- brown-rot decay: presentation of an ecological model» Les colloques de l'INRA, n° 40, Paris -Lignin enzymatic and microbial degradation. 4 pages
- Furlan, V. & Lemieux, G. (1996)** «Méthode d'application et d'évaluation pour l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés» Université Laval, Québec, Canada, 7 pages ISBN 2-921728-21-4
- Furlan, V. & Lemieux, G. (1997)** «Metodo de aplicacion y de evaluacion para et uso de la madera rmeal fragmentada» Traduction du Professeur José Marcano, Université Pedro Henriques Ureña, Santo-Doming, République Dominicaine
- Godron, M. & Lemieux, G. (1998)** «Le bois des raméaux, un élément crucial de la biosphère» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 29 pages, ISBN 2-921728-35-4.
- Götsch, E (1994)** «La réhabilitation des sols dégradés par la succession naturelle des espèces» Traduction de l'anglais Groupe de Coordination sur les Bois raméaux, Université Laval 20 pages
- Guay, E, (1993)** «Rapport de mission au Portugal du 10 au 30 avril 1993». Université Laval, Québec, 3 pages.
- Guay, E, Lachance, L, & Lapointe, R,A, (1982)** «Emploi des bois raméaux fragmentés et des lisiers en agriculture» Québec, 76 pages
- Guay, E. (1993)** «L'usage du bois raméal et ses implications socio-économiques». Université Laval, Québec 8 pages ©ISBN 2-550-27119-X
- Guay, Edgar (1996)** «Un dicton africain: la fertilité dépend de l'arbre» Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Université Laval 4 pages.ISBN 2-921728-20-6
- Held, M, Kümerer, K, & Brandt, K. (1998)** «Preserving Soil For Life» TUTZING proposal "Convention on sustainable Use of Soils" to United Nations, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 22 pages.**Lalande R., Furlan V., Angers D.A. & Lemieux G. (1998)** «Soil Improvement Following Addition of Chipped Wood from Twigs» Amer. Journ. Alt Agri. **13**: 3 pp 132-137
- Larochelle, L, Pagé, F. G.J. Beauchamp G.J et Lemieux G. (1998)** «Papel de la mesofauna en la dinamica de la transformacion de la materia liñosa aplicada al suelo» Traduction du Professeur José Marcano, Université Pedro Henriques Ureña, Santo-Doming, République Dominicaine
- Larochelle, L. (1997)** «L'impact du bois raméal fragmenté sur la dynamique de la mésofaune du sol» Mémoire de maîtrise, Université Laval, 56 pages ISBN 2-921728-27-3
- Larochelle, L., Pagé, F. Beauchamp, G.J. & Lemieux, G (1993)** «Rôle de la mésofaune dans la dynamique de la transformation de la matière ligneuse appliqués au sol» réédition de AGROSOL ISSN-0840-9900 p 36-43.

- Lemieux G. (2000)** «Compte-rendu de la réunion du 25 juillet 2000, ACIDI, Hull, Québec, Université Laval, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 19 pages.
- Lemieux, G (1993)** «A new wealth for soil : ramial wood». (FAO) Université Laval, Rome, 1 page.
- Lemieux, G, & Germain, D, (2000)** Ramial Chipped Wood: the Clue to a Sustainable Fertile Soil» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 17 pages.
- Lemieux, G, (1995)** «Passer de l'enthalpie à l'entropie». Écodécision, Royal Society of Canada , hiver 1995, pp 72-73. ISSN 1183-2355 © 1991
- Lemieux, G, (1995)** «Rapport de mission en Afrique (Sénégal)». ACIDI et Université Laval, décembre 1994. 48 pages, ISBN 2-921728-08-7 1995.
- Lemieux, G, (1997)** «Rapport de mission à l'ICRAF: l'approche des ONG "Une perspective sur le retablissement de la fertilité des sols en Afrique et au Moyen-Orient» Université Laval et CRDI, 28 pages.
- Lemieux, G, Genest, S. & Hamel, C. (1998)** «Mission exploratoire au Sénégal et au Bénin sous la commandite du CRDI, réalisée entre le 27 juillet et le 7 août 1998 pour effectuer le transfert de la technologie des BRF» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval. 123 pages ISBN 2-921728-45-1
- Lemieux, G, Lachance, L, & Genest, S. (1998)** «Projet d'implantation de la technologie des BRF en Afrique: développement et recherche en agroforesterie appliquée à l'agriculture et à la forêt», Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval , 15 pages, ISBN 2-921728-33-8.
- Lemieux, G, Lachance, L. & Stevanovic-Janezic, T. (1999)** «La structure des sols et le bilan du carbone: une analyse sommaire en fonction de l'effet de serre». Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 15 pages, ISBN 2-921728-48-6
- Lemieux, G. & Germain, D. (2001)** «Le Bois Raméal Fragmenté: la clé de la fertilité durable du sol» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 23 pages
- Lemieux, G. & Goulet, M. (1992)** «Sylvagraire" und "Sylvasol", neue Wege zum Aufgradieren von Acker -und Waldböden». Université Laval, Düsseldorf, Allemagne, 4 pages © ISBN 2-550-26540-8.
- Lemieux, G. & Lachance, L. (1995)** «Essais d'utilisation du Bois raméal fragmenté (BEF) pour la régénération des sols dans les cultures en couloir en milieu africain» Université Laval -CRDI, 16 pages ISBN 2-921728-14-1.
- Lemieux, G. & Lachance, L. (2000)** «Une tentative d'évaluation de la technologie BRF pour des fins maraîchères» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université laval 34 pages ISBN 2-921728-52-4.
- Lemieux, G. & Lapointe, A. (1992)** «La structuration humique des sols». Ministère des Forêts, Québec. 14 pages © ISBN 2-550-22289 -X
- Lemieux, G. & Lapointe, A. (1992)** «Les actes du troisième colloque sur les bois raméaux fragmentés, octobre 1991» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 57 pages, deuxième édition ISBN 2-550-22796-4.
- Lemieux, G. & Tétreault, J-P. (1993)** «L'origine forestière des sols agricoles: la diversification microbiologique par aggradation sous l'effet des bois raméaux fragmentés». Université Laval, Bruxelles, 33 pages. ISBN 2-550-27481-4

Lemieux, G. & Tétreault, J-P. (1994) «Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés»:

43 Lemieux, G. & Tétreault, J-P. (1994) «Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés»:

Mamadou, Amadou Seck: *Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (Casuarina equisetifolia) dans les cuvettes maraîchères des Niayes (Sénégal).*

Chantal Beauchamp: *La caractérisation et la valorisation agricole des BRF et leurs impacts sur le sol et les cultures.*

Marcel Michaud: *Les bois raméaux fragmentés: un amendement organique pour les sols en production horticole.*

Jean Cornelis: *L'évolution du recyclage des déchets verts en Belgique.*

Fernand Pagé: *L'apport des bois raméaux fragmentés en sols cultivés: le rôle de la pédofaune sur la transformation de la matière ligneuse.*

Louis Laroche: *L'influence de la qualité des bois raméaux fragmentés (BRF) appliqués au sol: effets sur la dynamique de leur transformation.*

François Toutain: *Biodégradation et humification des résidus végétaux dans le sol: évolution des bois raméaux fragmentés (étude préliminaire).*

Gilles Lemieux: *Le bois raméal fragmenté et la méthode expérimentale: une voie vers un institut international de pédogénèse.*

Amqui et Québec, 195

pages. ISBN 2-550-28792-4 1994

Lemieux, G. & Tétreault, J.P. (1995) «Le bois raméal, le système humique et la sécurité alimentaire» FAO et Université Laval, 16 pages, ISBN 2-921728-10-9, 1995.

Lemieux, G. (1986) «Compte rendu du colloque d'évaluation sur les bois raméaux» Premier colloque. Université Laval, Québec, 59 pages.

Lemieux, G. (1986) «Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol». Québec, 17 pages. ©ISBN 2-550-21338-1.

- Lemieux, G. (1987)** «Dix ans de travaux sur le cyclage biologique du bois raméal». Université Laval, Québec, 7 pages.
- Lemieux, G. (1988)** «Actes du colloque restreint sur les Bois Raméaux Fragmentés»
- Lemieux, G. (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.
- Lemieux, G. (1989)** «La régénération forestière et les bois raméaux fragmentés: observations et hypothèses». Université Laval, Québec, 223 pages. ©ISBN2-550-21342-4.
- Lemieux, G. (1990)** «Le bois raméal et la pédogénèse: une influence agricole et forestière directe». Université Laval, Québec, 35 pages. ©ISBN 2-550-21267-3.
- Lemieux, G. (1990)** «Projet Séminaire: rapport d'étape» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, ISBN 2-550-21356-4 10 pages
- Lemieux, G. (1991)** «La perte de nutriments par la récolte des grumes: une absurdité» (*traduction et commentaire sur B. Freedman :Nutrient Removals during Forest Harvesting: Implications for Site Fertility*). Université Laval, Québec, 14 pages. ©ISBN 2-550-22280-6
- Lemieux, G. (1991)** «Le rôle des bois raméaux dans la pédogénèse des sols forestiers». Université Laval Département des Sciences Forestières, Québec, 46pages, ©ISBN: 2-550-22693-3
- Lemieux, G. (1991)** «Mémoire portant sur la problématique des bois raméaux dans les contextes agricoles, forestiers et environnementaux». Québec.10 pages. ©ISBN 2-550-21827-2
- Lemieux, G. (1992)** «L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière». Université Laval, Coimbra, Portugal. 10 pages. ISBN 2-550-26521-1.
- Lemieux, G. (1992)** «L'introduction des bois raméaux fragmentés dans le plan de relance de la vallée de la Matapédia». Québec, 24, pages © ISBN: 2-550-22851-0
- Lemieux, G. (1992)** «Les actes du troisième colloque sur les bois raméaux fragmentés». Université Laval, Québec, 57 pages, ©ISBN 2-550-22796-4
- Lemieux, G. (1992)** «Rapport de la deuxième mission en Europe du 1^{er} au 18 octobre 1992 Belgique et Allemagne» Université Laval, 127 pages.
- Lemieux, G. (1992)** «Rapport de mission en Europe du 6 mai au 16 juin 1992: Portugal, Belgique et France» Université Laval, Québec, 13 pages.
- Lemieux, G. (1993)** «A universal pedogenesis upgrading processus: RCWs to enhance biodiversity and productivity» Université Laval, Rome, 6 pages. (version anglaise) ISBN 2-921728-05-2
- Lemieux, G. (1993)** «Harvesting a new crop from forest: ramial wood for forest and agricultural soils».(FAO) Université Laval, Rome, 1 page.
- Lemieux, G. (1993)** «L'aggradation pédogénétique, un processus universel sous l'influence des BRF: les effets sur la biodiversité et la productivité». Université Laval, Rome, 6 pages. ISBN2-921728-04-4, 1995.
- Lemieux, G. (1993)** «Rapport de la 2^{ième} mission européenne, Belgique et Allemagne, du 2 au 19 octobre 1992». Université Laval,15 pages.
- Lemieux, G. (1993)** «Rapport de mission au Sénégal du 5 au 15 décembre 1992». Université Laval, Québec, 25 pages.

- Lemieux, G. (1993)** «Rapport de mission au siège international de la FAO à Rome du 1^{er} au 4 décembre 1993». Université Laval, Québec, 11 pages.
- Lemieux, G. (1994)** «Mémoire portant sur un projet de recherche sur les BRF en République Dominicaine en 1994». Université Laval, Québec, 4 pages.
- Lemieux, G. (1994)** «Rapport de mission en République Dominicaine du 26 avril au 8 mai 1994, *Informe sobre la mission realizada en la República Dominicana*, del 24 abril al 8 mayo 1994». 37 pages. ISBN 2-921728-06-0 1994
- Lemieux, G. (1994)** «Seule la vie du sol est le siège de la fertilité de la forêt et des champs: le bois raméal en est la clef». Département de Foresterie, Université Laval, et Université de Moncton, Nouveau-Brunswick, 37 pages. ISBN 2-921728-00-1 1994
- 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». 13 pages, Université de Dakar, Sénégal ISBN 2-921728-12-5 1995.
- Lemieux, G. (1995)** «La lignine des Dicotylédones ligneuses: son influence universelle sur le système humique», 56 pages. Université Pedro Henriquez Ureña. Santo-Domingo, République Dominicaine, ISBN 2-921728-11-7, 1995.
- Lemieux, G. (1995)** «Le bois raméal pour rebâtir les sols» *Agriculture* 53:1 pp 3-7. ISSN 0002-1687
- Lemieux, G. (1995)** «Les germes économiques et scientifiques de la révolution verte au Sahel» ACIDI et Université Laval, 23 pages, Pointe au Pic ISBN 2-021728-13-3.
- Lemieux, G. (1995)** «Rapport de mission en Europe (Belgique France)». Université Laval, décembre 1994. ISBN 2-921728-09-5, 1995.
- Lemieux, G. (1995)** «The basics of the economical and scientific green revolution of Sahel» CIDA, & Laval University 26 pp ISBN 2-921728-13-3 (English translation).
- Lemieux, G. (1996)** «Cet univers caché qui nous nourrit: le sol vivant» Université Laval-CRDI (Centre de Recherche en Développement International), 51 pages ISBN 2-921728-15-X 1996.
- Lemieux, G. (1996)** «Discussions sur la proposition d'un projet utilisant les BRF pour l'Ukraine de la part du CRDI. Université Laval, 37 pages.
- Lemieux, G. (1996)** «El mundo oculto que nos alimenta: suelo viviente» Traduction en espagnol du Professeur José Marcano République Dominicaine, 49 pages, ISBN 2-921728-30-3
- Lemieux, G. (1996)** «Rapport des missions internationales de 1996: Sénégal, Kenya, République Dominicaine, Ukraine, France, Belgique. Université Laval, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 284 pages ISBN 2921728-22-2.
- Lemieux, G. (1996)** «The hidden world that feeds us: the living soil» 49 pages Laval University and IDRC (International Development Research Centre) ISBN: 2-921-728--17-6 (version en langue anglaise).
- Lemieux, G. (1997)** «Esquisse conceptuelle...Concept Paper, CRDI, Ottawa
- Lemieux, G. (1997)** «Fundamentals of Forest Ecosystem Pedogenetic: An Approach to Metastability Through Tellurian Biology» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux Université Laval, ISBN 2-921728-24-9 (anglais).

- Lemieux, G. (1997)** «Fundamentos de Pedogenesis en el ecosistema forestal: Una aproximacion a la metastabilidad a traves de la biologica telurica» Traduction, Prof. José Marcano Santo-Domingo 44 pages ISBN 2-921728-36-2
- Lemieux, G. (1997)** «Les fondements pédogénétiques des écosystèmes forestiers: une approche de la métastabilité par la biologie tellurienne». Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 73 pages ISBN 2-921728-25-7.
- Lemieux, G. (1997)** La régie des écosystèmes forestiers par le sol et les mécanismes qui y président» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 65 pages ISBN2-921728-23-0
- Lemieux, G. (1998)** « A new forested technology for agricultural purposes; the RCW technology» Agrarian University of Kiev. Ukraine & Université Laval, Québec, Canada, 8 pages, ISBN 2-921728-42-7.
- Lemieux, G. (1998)** «La tempête de verglas de janvier 1998: que faire du bois raméal.Texte de l'entrevue du 19 mars à Radio-Canada Québec. Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 5 pages
- Lemieux, G. (1998)** «Les biocides dans notre société industrielle: une approche positive plutôt que réglementaire» Ministère de l'Environnement, Université Laval, 3 pages ISBN 2-921728 -41-9
- Lemieux, G. (1998)** «Une nouvelle technologie pour des fins agricoles: la pédogénèse par les BRF.» Université Agricole de Kiev, 9 pages ISBN 2-921728-43-5
- Lemieux, G. (1998)** «Une ressource révélée par le verglas: Le «bois raméal» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval , 53 pages, publication n° 92 ISBN 2-21728-39-7.
- Lemieux, G. (1999)** «An overview of RCW technology on the process of humus formation based on lignin and polyphenols» 9 pages, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada.
- Lemieux, G. (1999)** «L'influence des mécanismes forestiers sur la biologie et la fertilité des sols agricoles» Conseil des Productions Végétales du Québec, Université Laval, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 6 pages, ISBN 2-921728-47-8.
- Lemieux, G. (1999)** «Une structuration de l'agriculture par rapport à de nouvelles connaissances» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 2 pages.
- Lemieux, G. (2000)** «Aggradation et restauration des sols» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada ISBN 2-921728-51-6, 7 pages
- Lemieux, G. (2001)** «Définition du consortium LAVAL-McGILL. Compte rendu de la réunion 22 janvier 2001» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval ISBN 2-911728-54-0 18 pages.
- 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.
- Lemieux, G. et Toutain, F. (1992)** «Quelques observations et hypothèses sur la diversification: l'aggradation des sols par l'apport de bois raméal fragmenté». Québec, 13 pages. ISBN 2-550-26541-6

- Lemieux, G. Lachance, L. & Genest S. (1998)** «Project to introduce RCW technology in Africa: Development and Research in Agroforestry applied to agriculture and Forestry (translation from french language) Laval University ,17 pages, ISBN 2-921728-34-6 (version anglaise)
- Lemieux, G., Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1990)** «"L'intersuffisance des systèmes épigé et hypogé", (*Bootstrapping in ecosystems*)». Université Laval, Québec 35 pages. ©ISBN 2-550-21445-5.
- Lemieux, G., Lachance, L. Genest S. & Hamel, C. (1998)** «La technologie pédogénétique du Bois Raméal Fragmenté (BRF), une source naturelle qui contribue à l'établissement et au maintien de la fertilité des sols au Sénégal et au Bénin» Université Laval; proposition au CRDI, 74 pages, ISBN 2-921728-46-X.
- Lemieux, G., Lachance, L. Genest, S. et Hamel, C. (2000)** «Amélioration et maintien de la fertilité dans les sols en Afrique: le rôle de la technologie du Bois Raméal Fragmenté» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval Québec , Canada ,42 pages.
- Lemieux. G. (1993)** «Les actes du 2^{ième} colloque régional sur les bois raméaux fragmentés, Amqui, Vallée de la Matapédia». Université Laval. Québec, 39 pages, ISBN: 2-550-27536-5
- Noël, B. (1996)** «Étude comparative de l'apport au sol en conditions contrôlées de Bois Raméaux Fragmentés (BRF) et de Bois Raméaux compostés, appliqués en mulch». Université Catholique de Louvain, Belgique, 81 pages, ISBN 2-921728-26-5
- Noël, B. (1997)** «Mémemorandum de l'usage du B.R.F.: Le comment et le pourquoi» Université Laval, 11 pages,ISBN 2-921728-29-X
- Sauer, L.G. (1999)** «Soil as a living system», Arnoldia, Harvard University, Boston USA summer 1999 p 35-43. Comment by Professeur Gilles Lemieux, Laval University, Québec, Canada
- Sauer, L.J. (1999)** «Le sol ,un système vivant avant tout» Arnoldia, été 1999 pp.35-43 Traduction et commentaires du Professeur Gilles Lemieux, Groupe de Coordinaion sur les Bois Raméaux,Université Laval ,publication 109, 16 pages
- Seck, M.A. & Lemieux G. (1996)** «Fertilisation organique par l'utilisation des Bois Raméaux Fragmentés (BRF) de filaos (*Casuarina equisetifolia*) dans les cuvettes maraichères des Niayes (Sénégal). conférence de l'IFOAM, Copenhague, Danemark août 1996 Université Cheikh Anta Diop Dakar, 19 pages.
- Smeesters, É.(1997)** «Comment améliorer le sol avec le bois raméal fragmenté (BRF). Commission Canadienne du Compostage, 4 pages ISBN 2-921728-28-1.
- Smeesters, E., Larochelle, L. & Lemieux, G. (1998)** «Que faire avec les branches après le verglas: les BRF un cadeau du ciel?». Université Laval, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, 7 pages
- Tissaux, J.C. (1996)** «Une revue bibliographique des principaux mécanismes pédogénétiques pour caractériser le rôle du bois raméal fragmenté (BRF) dans le processus d'humification». 34 pages, Université Laval, ISBN 2-921728-18-4. Université Laval, deuxième colloque, octobre 1987 Québec, 55 pages.

oo

Publication n° 135
3^{ième} édition mars 2002
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
UNIVERSITÉ LAVAL
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Québec G1K 7P4
QUÉBEC
CANADA
courriel
gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca
<http://forestgeomat.ffg.ulaval.ca/brf/>
FAX 418-656-5262
tel. 418-656-2131 poste 2837
ISBN: 2-921728-56-7

AVERTISSEMENT

Pour des raisons qui sont propres à cette institution,
l'Université McGill n'a pu se joindre à ce projet in
extremis. Nous souhaitons vivement que les difficultés
s'aplanissent pour qu'elle puisse se joindre à nos travaux
très bientôt.