

UNIVERSITÉ LAVAL

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

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

Colloque donné

à

L'Instituto para o Desenvolvimento Agrário da Região Centro
(IDARC)
Escola Superior Agrária de Coimbra
PORTUGAL

«L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière»

par le

Professeur Gilles Lemieux

mai 1992

Publication n° 25

édité par le

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

UNIVERSITÉ LAVAL

Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Québec G1K 7P4

QUÉBEC

Canada

mai1992

édité par

Le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Faculté de Foresterie et de Géomatique

Université Laval

Québec G1K 7P4

QUÉBEC

Canada

publication n° 25

courriel:

gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca

FAX 418-656-3177

tel. 418-656-2131 poste 2837

ISBN 2-550-26521-1

UNIVERSITÉ LAVAL

Faculté de Foresterie et de Géomatique

L'AGGRDATION DES SOLS PAR LE PATRIMOINE MICRO- BIOLOGIQUE D'ORIGINE FORESTIÈRE

colloque organisé par
l'Instituto para o Desenvolvimento Agrário da Região Centro
(IDARC)
rua Padre Estavão Cabral, 84
2º D, 3 000 Coimbra
PORTUGAL

et présenté à
l'Escola Superior Agrária de Coimbra
(ESARC)
Bencanta, 3 000
Coimbra
PORTUGAL

Gilles Lemieux
Professeur au département
des Sciences Forestières

avec
la collaboration de
Alban Lapointe Ing. F.
Service des Techniques d'Intervention Forestière
Ministère des Forêts
Québec

18 mai 1992

**Département des Sciences Forestières
Université Laval
Québec G1K 7P4
Canada**

INTRODUCTION

Le présent travail a été présenté en colloque à l'*Escola Superior Agrária de Coimbra (ESARC)*, au Portugal à l'invitation de M. Abilio Mendes Gaspar, directeur du *Departamento da Fitotecnica, Estação Agronómica Nacional, Instituto Nacional de Investigação Agraria, Ministerio da Agricultura Pescas e Alimentação, Quinta do Marquês, Oiras Portugal*. C'est dans le cadre de l'**Instituto para o Desenvolvimento Agrário da Região Centro (IDARC)** que le colloque s'est tenu dans la matinée du 18 mai dernier.

Il a eu pour but de faire la lumière la plus brillante possible sur l'utilisation des BRF et sur ce que nous connaissons des mécanismes en cause par rapport aux résultats observés. Nous avons fait référence le plus possible aux particularités portugaises qui ont une longue histoire de dégradation du milieu forestier et agricole dans des conditions très variées des points de vue topographique, géologique, climatologique, historique, dans le cadre traditionnel pour obvier à des situations souvent très difficiles dans la régie de l'eau en particulier.

La visite du bassin du Mondégo qui coule au centre de Coimbra et se jette dans l'Atlantique à Figueira da Foz avec M. l'Ingénieur António Santos Veloso et M. l'Ingénieur Agronome Tenreiro Teles Grilo, nous a illustré la situation à la fois forestière et agricole qui est propre au régime des eaux connu depuis plusieurs siècles. L'État portugais y a englouti des sommes colossales avec des résultats souvent médiocres. La régie des sols par les BRF serait sans doute un apport à cet effort tenace et remarquable.

Un plan de recherche sur les BRF est déjà élaboré, mais les travaux de terrain n'ont pas encore débuté. Nous osons espérer que, sous la gouverne de M. Teles Grilo avec l'aide de l'hydrolicien M. Santos Veloso en collaboration avec des pédologues et botanistes, un tel programme de recherche verra le jour sous peu.

Nous tenons ici à rendre hommage à M. le Professeur Ario Lobo Azevedo qui vient de prendre sa retraite de la direction du Département de Phytotechnie et de M. Abilio Mendes Gaspar qui lui succède et qui fait des efforts considérables pour la mise en branle de l'utilisation des BRF. Nos remerciements vont également à M^{me} Maria Luisa de Barros e Sousa, sous-directeur de l'Institut Agronomique National du Portugal, qui nous a aimablement reçu et contribué à notre séjour à Oeiras.

L'AGGRADATION DES SOLS PAR LE PATRIMOINE MICROBIOLOGIQUE D'ORIGINE FORESTIÈRE.

Gilles Lemieux

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

département des Sciences Forestières

Université Laval

Québec G1K 7P4

Canada

RÉSUMÉ

La compréhension du rôle des éléments chimiques a longtemps mis en échec le rôle fondamental de la microbiologie dans la structure et le dynamisme des écosystèmes et particulièrement en agriculture. La "conquête" de la nature avec des productivités sans cesse augmentées touche à sa fin. L'adaptation génétique artificielle des espèces à des conditions de plus en plus dégradées est certainement vouée à l'échec sur tous les plans. L'utilisation des bois raméaux d'écosystèmes forestiers feuillus, à base de Dicotylédones, offre une possibilité d'aggradation à tous les niveaux du système édaphique. L'application de BRF sur des sols agricoles dégradés par les cultures intensives et l'utilisation de pesticides et d'herbicides mène au redressement de la structure et de la dynamique microbiologique basée sur la diversité.

L'acquisition de nouvelles connaissances sur le rôle des divers éléments tirés du tableau périodique de Mendéléïeff dans le métabolisme vivant, a provoqué sans conteste une révolution pacifique fondamentalement non seulement la croissance de l'économie mondiale mais l'établissement de classes sociales plus égalitaires

Il faut cependant reconnaître que la connaissance du rôle des divers éléments et leur application artificielle nous a complètement rendus aveugles sur les mécanismes fondamentaux qui président à leur régulation, à leur cyclage et à leur rôle dans les stades perçus comme non-productifs pour l'homme. Cette méconnaissance, liée à la "prédation" humaine sur la presque totalité des écosystèmes, a contribué très largement à la prolifération d'un grand nombre d'insectes, maladies fongiques, bactériennes ou virales, associées à de nouveaux équilibres trophiques. Il faut ajouter à cela les efforts largement triomphants de la génétique qui a modifié un ou plusieurs caractères des êtres vivants afin de les rendre plus productifs, ou encore plus résistants aux dégradations engendrées par l'artificialisation des techniques et de la compréhension des phénomènes fondamentaux de la vie.

La perception que nous avons des écosystèmes et particulièrement forestier, est bien pauvre, parcellaire et tronquée, puisque la vie de tels système s'étend sur des siècles, bien au-delà d'une génération humaine. À titre d'exemple, nous sommes assez peu sensible au fait que tout le bassin méditerranéen a perdu sa chênaie au profit de la garigue pour faire des navires de guerre et de commerce. Il en va de même pour la Pologne qui a permis l'odyssée commerciale hollandaise de la dernière moitié de ce millénaire. Il ne reste plus de souvenirs de cette immense richesse dans notre mémoire, que des faits d'armes et des conquêtes militaires ou commerciales.

En cette fin de millénaire, nous devons admettre que les "conquêtes" sur la nature tirent à leur fin et que l'inverse se profile à l'horizon. Nous tentons de passer de la conquête brutale à un "*modus vivendi*" plus harmonieux avec celle qui nous tolère dans nos turpitudes, même les plus infâmes. Cette quête du compromis met en lumière le peu d'effort que nous avons consenti à l'acquisition de connaissances nouvelles sur

la dynamique des systèmes naturels complexes, en dehors des lois de la physique et de la chimie.

Si on excède la perception physique et chimique de notre environnement, force nous est de constater que, de tous les écosystèmes sur terre, les écosystèmes forestiers climaciques et inéquiennes sont les plus diversifiés et les plus stables, ce qui, pour plusieurs, représente un paradoxe de taille. Parmi ces écosystèmes, ceux dominés par les Dicotylédones sont les plus évolués, les plus complexes et les plus stables sous toutes les latitudes. Nous en arrivons à la conclusion que les arbres Dicotylédones, associés en plusieurs espèces, tolérant de nombreux compromis avec les Monocotylédones, les résineux, les fougères, les lycopodes et les Bryophytes, donnent ce qu'il y a de plus évolué biologiquement et de plus complexe sur terre.

En y regardant de plus près, il faut admettre que ces ensembles montrent des signes évidents de transformation dans le temps pour revenir à l'équilibre premier avec le maximum de diversité possible. Sous nos conditions de climat, l'élément qui nous a semblé le plus stable, le plus méprisé et le plus méconnu est le sol, bien qu'étant la mémoire, le moteur et le régulateur fondamental de la vie et où l'ensemble de la partie épigée devra être transformée, passant ainsi de la mort à la vie en permanence.

Il nous a semblé bien clair que l'évolution des techniques agricoles et forestières depuis des décennies ne tiennent aucun cas de cette "machine microbiologique" à faire de la vie, à partir de la mort qu'est le sol forestier. L'écosystème forestier a toujours une influence, même après la disparition des plantes qui constituent la partie épigée. Il reste le sol dont les caractéristiques physiques persistent et surtout celles d'ordre microbiologique qui, tout en se modifiant, demeurent quand même fondamentalement affectées par des millénaires d'adaptation à des relations avec la flore climacique. Cela nous a donné les sols les plus productifs en occident et où a pris naissance l'agriculture moderne. Si tel est le cas comme tout nous l'indique, quelles sont donc les caractéristiques propres aux arbres qui vivent souvent plus d'un siècle et entretiennent vie et diversité? Voilà la question qui nous est venue à l'esprit il y a plusieurs années. Si les arbres sont à la base de la fertilité en forêt, pourquoi ne le seraient-ils pas en agriculture? Pourquoi nous bornons-nous à donner aux sols agricoles que des excréments d'animaux, des extraits du tableau périodique des éléments de Mendéléïeff ou toute une série de poisons, servant à **détruire animaux nuisibles et pathogènes agressifs**. Nous nous voyons obligés de conclure que nous nous sommes contentés depuis fort longtemps de procéder par "conquête" en utilisant les armes que nous possédions, faute de connaissances et de réflexion; *prima vivere* ! Nous avons consacré au sol la somme de nos connaissances doublée de celle de notre ignorance.

Il nous a semblé que les peuplements forestiers, composés de plusieurs espèces de Dicotylédones, avaient élaboré une **stratégie** bien particulière en acceptant le mutualisme et le commensalisme à tous les niveaux de la vie et en instaurant des complémentarités et des stockages énergétiques utiles à tous. À l'inverse, les peuplements de résineux souvent monospécifiques ont développé avant tout une **stratégie de résistance à l'envahisseur**, en installant des barrières et des obstacles comme la production de terpènes et de résines fortement allélopathiques, alliés à la flore fongique mettant un frein au développement des longues chaînes de vie. C'est la stratégie développée par les eucalyptus d'Australie, stratégie de la "terre brûlée", le plus souvent par la fabrication de produits fortement bactéricides comme l'eucalyptol.

En fait, les écosystèmes forestiers climaciques de Dicotylédones nous indiquent par tous les moyens que le sol représente le coeur du "miracle" forestier, constamment enrichi en énergie et où tous les niveaux trophiques contribuent à l'équilibre. Les mécanismes sont d'une telle complexité et d'une telle harmonie qu'il est difficile d'en décrire le déroulement à la lueur des découvertes des 10 dernières années. Mentionnons pour mémoire les travaux de **Leisola et Garcia (1989)**, portant sur la génération des fractions humiques et fulviques à partir de la lignine par l'intermédiaire de la lignoperoxydase "Mn" dépendante; ceux de **Bachelier (1978)** sur la microfaune édaphique et de la constitution des chaînes de vie à partir des bactéries, en passant par les protozoaires vers les arthropodes, amphibiens et mammifères. Il faut ajouter tous les travaux de l'école de Corvallis aux USA avec **Trappe, Amaranthus, Perry et alii** portant sur les interrelations micro et mésoorganiques du sol, d'une richesse inouïe. Encore, il y a peu de temps, les travaux de **Ya-Lih Lin et Schmidt (1990)**, portant sur le comportement des microorganismes sur des copeaux de *Populus grandidentata* dont les cellules du parenchyme ont été détruites mécaniquement montre que la vie bactérienne est fortement stimulée par opposition à ceux dont les cellules sont restées intactes et qui favorisent un vie fongique sans suite biologique enrichissante.

C'est dans un contexte beaucoup moins riche de certitudes que notre groupe a entrepris ses travaux dès les années '70, à l'instigation de M. Edgar Guay dans le cadre d'une réflexion sur la croissance de la pauvreté dans une société d'abondance comme la nôtre principalement localisée dans les milieux forestiers et autour de l'industrie de la pêche. Les principaux éléments de la réflexion ont porté sur les techniques de "bioconversion" pour des fins énergétiques, la production d'huiles essentielles, la production de molécules d'origine naturelle, les techniques de fabrication de composts à partir de "copeaux de broussailles" mises de l'avant par Jean Pain en France ainsi que la méthode dite de "Sheet Composting" (compost de surface) des américains.

L'extraction des huiles essentielles, à partir des rameaux de sapin et de thuya, nécessite la trituration ou la fragmentation permettant l'entraînement par la vapeur. Ce sont les résidus fragmentés qui ont été à la base de l'utilisation des BRF pour des fins agricoles. Toutefois, nous nous sommes posé la question de savoir s'il n'était pas préférable de soumettre ces "drèches" au compostage dont la base est la fermentation thermo-phile, donnant des enrichissements de nutriments et de l'humus bien noir, attrayant mais nécessitant de très grandes pertes énergétiques. Vu dans une optique agricole, il y a là une grande logique en "éliminant les toxines", mauvaises herbes et microorganismes pathogènes.

Repensons maintenant le même problème dans une optique forestière. Comment serait-ce possible que les rameaux d'un arbre donnent, en tombant au sol, des "toxines, mauvaises herbes et microorganismes pathogènes" en se transformant. Il y a là quelque chose d'in vraisemblable qui ne supporte aucune logique, la plus élémentaire fût-elle. Lors de son passage à Sillant-la-Cascade, **Guay (1980)** observe que l'humus noir si attrayant ne se marie pas avec le sol, il est délavé par la pluie et s'accumule au pied des pentes.

Lorsque les feuilles et les rameaux tombent au sol, ils sont transformés et donnent naissance au sol forestier composé d'une litière, d'un horizon d'humification et un horizon d'accumulation. Il semble évident que l'horizon d'humification soit le siège de

transformations profondes et complexes, réduisant les pertes énergétiques et nutritives à des valeurs voisines de zéro. Ces transformations sont d'ordre microbiologique adaptées à ce type de "matériau". Ces transformations se font à température ambiante, d'où la diversité et les types de dépendances caractéristiques et associés à des aptitudes génétiques et enzymatiques appropriées. Ces caractéristiques se sont élaborées au fil des millénaires, formant ainsi une machine microbiologique parfaitement rodée.

Cet ensemble épigé et hypogé est adapté aux conditions "normales" de la vie de l'écosystème, mais doit également posséder une autre caractéristique: celle de résister aux perturbations comme le suggère Perry, **Amaranthus, Borchers, Borchers & Brainerd** (1989), avec la notion de perturbation optimum pour un écosystème donné. Ainsi, le sol dans sa diversité est au coeur du dynamisme d'un écosystème, lui-même alimenté en énergie par la flore épigée. Nous devons ici nous référer aux travaux de **Reid & Mexal** (1979) qui démontrent, que dans un écosystème forestier, 80% des produits de la photosynthèse ("*photosynthates*") sont dirigés au sol sous le couvert des "exudats racinaires". Cette source d'énergie abondante spécifique et diversifiée chimiquement est largement responsable de la vie des écosystèmes forestiers et de la gestion énergétique et nutritive.

Voilà un ensemble d'observations et de réflexions que nous ont emmenés l'utilisation des BRF et surtout la description même de la valeur d'un tel matériau biologique. Nous considérons depuis des siècles comme l'emblème même de la pauvreté ce qui est "branches", fagots et broussailles et comme noble le bois tiré des troncs, tout particulièrement des feuillus tels le chêne, le noyer ou le hêtre. Cette perception de notre univers n'est qu'anthropocentrique et n'a rien de commun avec la réalité microbiologique qui règle la vie. Il s'avère donc, après plusieurs siècles et une connaissance plus poussée depuis quelques décennies, que la véritable valeur des arbres se loge dans le système responsable de la production des divers produits secondaires et de la photosynthèse fabriqués par la ramure des arbres.

L'application en agriculture des BRF et les résultats obtenus il a 15 ans déjà, n'ont de cesse de nous étonner. Le premier raisonnement que nous avons fait a été d'attribuer les augmentations de volumes et de qualités à la présence des "oligo-éléments" puis de l'"azote" disponible. *À bien y penser, voilà le raisonnement traditionnel d'un chimiste de laboratoire, mais les conditions de terrain n'ont rien à voir avec celles d'un labo.* Dans un deuxième temps, nous avons attribué les augmentations de production et de qualité à l'absence d'insectes et de maladies. Quelle est donc cette autre notion anthropocentrique qui introduit la notion de bien et de mal dans la vie des végétaux, voire même des animaux comme celles de l'épidémie et de l'épizootie? Aurions-nous soustrait au Malin une partie de son pouvoir maléfique? Nous avons dû accepter notre ignorance puisqu'il n'y avait pas, et il n'y a pas encore, adéquation entre les nutriments apportés et l'augmentation de la qualité du milieu, même après plus d'une décennie.

Les résultats obtenus en milieu forestier nous ont également confondus et nous ont obligés à considérer l'aggradation comme un phénomène possible et de plus en plus plausible, mais cette fois basé sur la microbiologie. La littérature nous révèle depuis quelques années, et singulièrement depuis le début des années '80, l'importance et le rôle des aspects microbiologiques du sol. Les BRF nous ont imposé le fonction-

nement complet de la machine édaphique, non pas celui d'une composante quelconque. Nous sommes donc confinés à la réflexion par rapport à nos observations.

Nous connaissons relativement bien les facteurs de dégradation dans nos sols agricoles qui sont la diminution de la matière organique, l'acidification, la déstructuration par la diminution des agrégats avec une augmentation de la compaction, une diminution de la "résistance" aux insectes et maladies, une diminution de l'énergie édaphique biodégradable, une augmentation de l'utilisation des fumures chimiques pour un même rendement ainsi qu'une augmentation et une diversification des fongicides et insecticides. À une résistance à la "conquête", nous opposons notre arsenal traditionnel, bardé d'armes et de munitions en affamant les résistants (mauvais) et en choyant les productifs (bons). Cette façon d'être et de faire qui est nôtre, en cette fin de millénaire, a un petit air puéril et rétrograde de soldats de plomb; petit, lourd et coloré mais sans intelligence. À notre défense collective, il faut bien accepter notre indifférence et notre ignorance savamment entretenue. Il faut également admettre que la chose n'est pas si simple qu'il en paraît au premier abord.

Si nous regardons le problème à l'inverse, c'est-à-dire dans une optique d'aggradation, et que nous posons la question à la littérature scientifique de ce siècle, bien furtives et frileuses sont les réponses, toutes basées sur des prémices chimiques, physico-chimiques et physiques. La tactique est toujours la même: identifier le problème spécifique, établir le "champ de bataille", fourbir ses armes et fondre sur l'ennemi avec tambour et trompettes. Pour une telle approche, il faut identifier l'ennemi, le qualifier négativement et le détruire de préférence par empoisonnement. C'est la tactique guerrière. Lorsque l'ennemi a été "détruit", on impose aux survivants une bonne dose d'urine et d'excréments de toute sortes sur lesquels on ajoute une quirielle de sels minéraux dont les nitrates figurent en bonne place suivis des sels d'amoniac et des urées, phosphates mono ou tricalciques, scories de déphosphoration, potasse, chaux ou dolomies.....et ça fonctionne pour un temps, mais avec des relents incertains jusqu'à ce que le tout recommence à une fréquence de plus en plus accélérée.

Revenons maintenant sur l'origine des sols agricoles des milieux tempérés qui sont les nôtres. A quelques exceptions près, les meilleurs sols agricoles qui sont souvent cultivés depuis plusieurs siècles, sont d'origine forestière, particulièrement dérivés de la chênaie. Nous prenons pour acquis, les paramètres géographiques étant constants, que le stock génétique des différents écosystèmes hypogés devrait avoir des caractéristiques relativement peu altérées sur une période aussi restreinte que quelques siècles. Posé en ces termes, le milieu bioédaphique pourrait montrer des aptitudes particulières en fonction de la "nourriture" qui lui est donnée. Toutes choses étant égales par ailleurs, l'apport de "substances forestières" diversifiées provenant de peuplements climaciques devrait avoir un impact positif et important sur l'évolution pédogénétique du sol en question.

Les augmentations de rendement, l'évolution rapide de la coloration et de la structure des premiers sols traités en milieu agricole, dès la fin des années '70, nous portent à croire que très rapidement nous avons remis en marche l'ensemble de la chaîne trophique. Cela nous semble de plus en plus plausible dans la mesure où les effets se sont prolongés sur plusieurs années. Ce faisant, nous imposons dans une certaine mesure la "logique forestière" au milieu agricole.

Cet aspect de la question n'est pas sans intérêt puisque nous avons imposé la "logique agricole" depuis des siècles à la forêt. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder le vocabulaire des sylviculteurs, le raisonnement des forestiers, la logique des économistes et, tout particulièrement, l'attitude des hommes de sciences qui ont immédiatement plongé dans les conclusions proposées par l'agriculture dans l'utilisation exclusive de la filière chimique et biochimique des fertilisants, herbicides et pesticides de toutes sortes. Longtemps la médecine a eu le même comportement en s'attachant aux manifestations sans connaître les mécanismes fondamentaux et surtout en ignorant le plus possible la dynamique des interrelations.

Nous pensons que l'utilisation des BRF est une approche sérieuse en agriculture pour introduire les véritables mécanismes pédogénétiques climaciques, en équilibre avec la plupart des facteurs du milieu et, qui plus est, pouvant être modifiés, dans une certaine mesure, par toutes sortes d'interventions spécifiques. Nous remarquons que les BRF d'une même espèce, prélevés en période dormante, ont une influence différente que s'ils sont prélevés en pleine période végétative. Il en va de même si ces BRF sont utilisés sur des sols stériles avec ou sans fractions argileuses ou s'ils sont utilisés en milieux forestiers par opposition aux milieux agricoles.

À l'inverse des milieux agricoles où les BRF suscitent surtout une augmentation de volume et de qualité, en milieux forestiers ou paraforestiers, les mêmes BRF suscitent la régénération de faciès entiers d'écosystèmes. Nous sommes également en mesure de souligner que les BRF d'essences, provenant d'écosystèmes climaciques très diversifiés, provoquent également une plus grande diversification dans un milieu plus dégradé et d'un climax moins diversifié que les BRF des essences du même écosystème. Dans ces conditions, nous avons remarqué que la matière organique, inerte et improductive depuis des décennies, est devenue active, s'est minéralisée en donnant des humus stables qui assurent une meilleure régie de l'eau et des nutriments. Les effets des BRF du chêne boréal, *Quercus rubra*, et du charme de Caroline, *Carpinus caroliniana*, sont particulièrement éloquents.

Sur sol stérile à cladonies et polytrics, la reconstitution de l'écosystème de transition vers l'érablière est largement dominée par des semis d'essences feuillues dont une seule climacique sous les BRF de *Quercus rubra*. Pour ce qui est des BRF de *Carpinus caroliniana*, ils suscitent surtout la germination et la croissance d'une seule essence résineuse, *Picea glauca*. Sous le couvert de l'érablière, les BRF de *Quercus rubra* ont provoqué, après six années, une transformation du sol climacique en voie de dégradation rapide, un sol podzolique à mor-moder, en un sol brun à mull. Bien que les analyses microbiologiques de ce sol transformé ne soient pas encore complétées en utilisant une technique par imprégnation de résine synthétique et fabrication de lames minces, nous pensons que l'influence de certains arthropodes doit être importante dans une telle "opération".

Nous pensons également que le passage vers une flore bactérienne dans l'application de BRF de feuillus soit propre à alimenter la chaîne trophique en nouvelles espèces, dont les Protozoaires ne sont pas les moindres. Ces derniers sont parmi ceux qui ont le plus de facilité à briser les anneaux benzéniques et ainsi donner accès à des transformations biochimiques fondamentales et à des sources d'énergie non accessibles autrement. Aussi bien les travaux de **Ya-Lih Lin & Schmidt** que ceux de

Leisola et Garcia nous montrent comment la flore bactérienne peut être à la base de la transformation des BRF, directement ou par l'intermédiaire des fractions humiques.

Comme nous l'avons souligné plus haut, une des principales caractéristiques d'un sol dégradé réside dans son manque de structure. Nous avons remarqué rapidement une augmentation du nombre et de la grosseur des agrégats qui sont d'une importance microbiologique et physiologique fondamentale. **Lynch et Bragg (1985)** montrent l'importance de la production de polysaccharides extracellulaires (PEC) dans la formation des agrégats, mais qui se dégradent rapidement en absence d'argile et de polyphénols; ils sont métabolisés par les microorganismes eux-mêmes. Ces agrégats seraient en équilibre dynamique et seraient en remplacement constant sous l'influence de la végétation. Il y a donc un aspect dynamique cyclique auquel nous devrions nous plier en agriculture, par des applications annuelles de BRF frais non-dégradés par la fermentation. Il y a ici tout un champ d'observations et d'applications dont les impacts économiques sont incommensurables.

Nous sommes de plus en plus convaincus que l'utilisation des BRF, particulièrement ceux des essences feuillues, nous permettront à moyen et long terme de reconstituer l'équilibre du patrimoine microbiologique d'origine forestière pour des fins agricoles. Toutefois, la demande industrielle nous pousse à la monoculture de résineux dont celle des pins en particulier. Nous ne pouvons qu'attirer votre attention sur le fait que nous sommes à provoquer l'inverse de la diversification par l'introduction volontaire et artificielle des essences résineuses dans la reconstitution de stocks ligneux dont la "stratégie" est basée sur l'élimination de la diversité et la suppression des concurrents. Beaucoup de programmes nationaux de reboisement reposent sur l'utilisation des différentes espèces d'eucalyptus ou des filaos qui ont une "stratégie" semblable aux résineux avec un bonheur à moyen et long terme qui laissent plusieurs songeurs, puisque la suite de la forêt ne vient que rarement sinon jamais.

L'introduction des mécanismes pédogénétiques forestiers en agriculture nous semble apte, selon nos observations, à produire l'aggradation des sols en provoquant une humification stable, le remplacement constant des agrégats responsables de la diversité microbiologique, la qualité de l'atmosphère du sol, sa perméabilité, son drainage ainsi que la régulation des paramètres physico-chimiques comme le pH. Nous nous abstenons de pousser plus avant en commentant le rôle des lombrics ou des nématodes, celui des larves d'insectes ou des mycorhizes, celui des amphibiens ou des mammifères. Il faut admettre que ces régulateurs responsables de la fécondité ont toujours été perçus comme quantité négligeable, voire inexistante. Avant l'introduction des techniques agricoles modernes, les faibles rendements et les dommages biologiques du sol étaient négligeables ou, tout au moins, d'une importance moindre. Il en va autrement avec les nouvelles techniques à haut rendement associées à la panoplie des poisons de plus en plus nombreux et de plus en plus sophistiqués.

Parmi les produits chimiques utilisés les plus "**efficaces et les moins coûteux**", il faut noter la présence dominante du chlore et du mercure, deux éléments du tableau périodique qui n'existent pas à l'état libre ou en très petites quantités. Ils sont incompatibles avec la vie des chaînes trophiques; ils sont mortels. Ils sont à nous empoisonner sous toutes les formes, en particulier le chlore à l'intérieur des polymères synthétiques. Nous avons, dans le sol forestier, un modèle vieux de millions d'années avec une diversité et un "pouvoir tampon" sans pareille. C'est par l'intelligence qu'il faut

partir à la conquête de la véritable connaissance. Les lieux communs de la technique d'abord proposés par la science, nous suggère de plus en plus le monde de l'illusion et même du charlatanisme pour des horizons illusoire.

BIBLIOGRAPHIE

- Amaranthus, & 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.
- Anderson, J.M., S.A. Huish, P. Ineson, M.A. Leonard and P.R. Splatt (1985)** "Interactions of invertebrates, microorganisms and tree roots in nitrogen and mineral element fluxes in deciduous woodland soils." Pages 377-392 in A.H. Fitter, D. Atkinson, D.J. Read and M.B. Ushers eds. *Ecological Interactions in Soil*. Blackwell Scientific Publications, Oxford UK.
- Clarholm, M. (1985)** "Possible roles for roots, bacteria, protozoa and fungi in supplying nitrogen to plants". Pages 355-365 in A.H. Fitter, D. Atkinson, D.J. Read and M.B. Usher eds, *Ecological Interactions in Soil*. Blackwell Scientific Publications, Oxford UK.
- Coleman, D.C. (1985)** "Through a ped darkly: an ecological assessment of root-soil-microbial-faunal interactions. Page 1-21 in A.H. Fitter, D. Atkinson, D.J. Read and M.B. Usher eds, *Ecological Interactions in Soil*. Blackwell Scientific Publications, Oxford UK.
- Coleman, D.C., R.V. Anderson, C.V. Cole, J.F. McLellan, L.E. Woods and E.T. Elliott (1984)** "Role of protozoa and nematodes in nutrient cycling." Pages 17-28 in *Microbial-plant Interactions*. Soil Science Society of America, Madison Wi.
- Gosz, J.R., Holmes, R.T., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1978)** "Le flux d'énergie dans un écosystème forestier". *Pour la Science*, juin 1978, pp. 101-110.
- Guay, E. (1980)** "Rapport d'un séjour en France: mission plantes aromatiques et huiles essentielles". société REXFOR, Québec, 34 pages.
- Guay, E., Lachance, L. & Lapointe R.A. (1982)** "Observations sur l'emploi de résidus forestiers et de lisiers chez trois agriculteurs, Carrier, Fournier et Marcoux". Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts). Québec. Rapport technique no. 2 41 pages photocopiées.
- Guay, E., Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1981)** "Observations sur l'emploi de résidus forestiers et de lisiers chez trois agriculteurs, Carrier, Fournier et Marcoux". Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts). Québec. Rapport technique no.1, 34 pages photocopiées.
- Guay, E., Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1981)** "Observations sur l'emploi des résidus forestiers et des lisiers en agriculture". Ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts), Québec. Rapport interne. 25 pages photocopiées.
- Ingham, R.E., J.A. Trofymow, E.R. Ingham and D.C. Coleman (1985)** "Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers; effects on nutrient cycling and plant growth". *Ecol. Monogr.* 55: 119-140.
- Leisola, M.S.A. & Garcia S. (1989)** "The mechanism of lignin degradation" in "Enzyme systems for ligno-cellulose degradation" Atelier tenu à Galway, Irlande, 12 au 18 avril 1989. Publié par Elsevier Applied Science, Londres et New-York pp 89-99.
- Lemieux, G. (1985)** "Essais d'induction de la végétation forestière vasculaire par le bois raméal fragmenté". Département des Sciences Forestières, Université Laval, Québec, 109 pages photocopiées.
- Lemieux, G. (1986)** "Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol" Département des Sciences Forestières Université Laval, Québec 17 pages photocopiées.

- Lemieux, G. (1988)** "L'importance du bois raméal dans la "synthèse" de l'humus". Département des Sciences Forestières, Université Laval, Québec, 29 pages photocopiées.
- Lemieux, G. (1989)** "La régénération forestière et les bois raméaux fragmentés: observations et hypothèses". Département des Sciences Forestières de l'Université Laval, Québec, 223 pages photocopiées.
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1990)** "Projet Séminaire" rapport d'étape 1990. Département des Sciences Forestières, Université Laval, et ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, et ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec 12 pages. © ISBN 2-550-21356-4 pub. n° ER90-3136.
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1991)** "La perte de nutriments par la récolte des grumes: une absurdité" texte intégral, traduction française et commentaires de "Nutrient Removals during forest harvesting: implications for site fertility" par B. Freedman. Département des Sciences Forestières et ministère des Forêts du Québec. 14 pages. © ISBN 2-550-22280-6 pub. n° FQ91-3069.
- 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, Québec. 35 pages © ISBN 2-550-21267-3 pub. n° ER90-3128.
- Lemieux, G., Lachance, L. & Lapointe, R.A. (1990)** "L'intersuffisance des écosystèmes épigé et hypogé" Texte intégral, traduction française et commentaires de "Bootstrapping in Ecosystems". Université Laval, Département des Sciences Forestières et ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec 42 pages © ISBN 2-550-21445-5 pub. n° ER90-3140
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1991)** " Le rôle des bois raméaux dans la pédogénèse des sols forestiers". Département des Sciences Forestières, Université Laval, et ministère des Forêts du Québec © ISBN 2-550-22693-3 publication n°. FQ91-3106. 46 pages.
- Lemieux, G. & Lapointe, R.A. (1991)** "La perte de nutriments par la récolte des grumes: une absurdité". texte intégral, traduction française et commentaires de "*Nutrient Removals during forest harvesting: implications for site fertility*". B. Freedman. Département des Sciences Forestières et ministère des Forêts du Québec, 14 pages © ISBN 2-550-22280-6 publication n°. FQ91-3069.
- Lin, Ya-Lih & Schmidt, E.L. (1991)** "Effects of compression on parenchyma cell viability, initial heating and microflora of aspen fuel chips". *Wood and Fiber Science* **23** (2): 253-259.
- Lynch, J.M. and E Bragg (1985)** "Microorganisms and soil aggregate stability". *Adv. Soil. Sci.* **2**: 133-171.
- Martin, W.C., Pierce, R.S., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1986)** "Clearcutting Affects Stream Chemistry in the White Mountains of New-Hampshire" USDA Northeastern Forest Experiment Station Research Paper NE-579
- Perry, D.A., Amaranthus, M.P., Borchers, J.G., Borchers, S.L. & Brainerd, R.E. (1989)** "Bootstrapping in Ecosystems". *BioScience* **39** (4): 230-237.
- Perry, D.A. & Rose, S.L. (1983)** "Soil Biology and forest productivity: oppoprunities and constraints". Pages 229-238 in R. Ballard and S.P. Gessel eds. International Union of Forest Research Organizations Symposium on Forest Site and Continuous Productivity. USDA Forest Service General Technical Report PNW-163, Portland Or.
- Perry, D.A., Molina, R. & Amaranthus M.P. (1987)** " Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Can. Journ. For. Res.* **17**: 929-940
- Perry, D.A., S.L. Rose, D. Pilz and M.M. Schoenberger (1984)** "Reduction of natural ferric iron chelators in disturbed forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **48**: 379-382.
- Ratnayake, M., R.T. Leonard and J.A. Menge (1978)** "Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytol.* **81**: 543-552.

- Reid, C.P.P. and J.G. Mexal (1977)** "Water stress effects on root exudation by lodgepole pine".
Soil Biol. Biochem. **9**: 417-422.
- Tisdall, J.M. and J.M. Oades (1982)** "Organic matter and water stable aggregates in soils. Soil
Sci. **33**:141-164.
- Trappe, J.M. (1962)** "Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae". Bot. Rev. **28**: 538-602.
- Trappe, J.M. (1987)** "Phylogenic and ecological aspects of mycotrophy in the Magnoliophae
(angiosperms) from an evolutionary stand point". Pages 5-25 in G. Safir, ed Eco-
physiology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal plants. CRC. Press Boca Raton
Fl.
-

mai 1992, Coimbra, Portugal.

© Université Laval
© Gouvernement du Québec - 1992
Dépôt légal, 3^e trimestre 1992
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-26521-1
Publication numéro : FQ92-3099
Réimpression : 1992