

UNIVERSITÉ LAVAL

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

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

«La structure de sols et le bilan du carbone : une analyse sommaire en fonction de l'effet de serre»

par les
Professeur Gilles Lemieux et Tatjana Stevanovic
ainsi que
Lionel Lachance, agronome

octobre 1999

Publication n° 10

édité par le
Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

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

La structure des sols et le bilan du carbone: une analyse sommaire en fonction de l'effet de serre.

Lemieux, G.¹, Lachance L.² et Stevanovic-Janezic T.³

1 - L'analyse formulée dans le «*Discussion Paper*» «*Carbon Sequestration and Trading Implications for Canadian Agriculture*» présenté à Saskatoon les 8 et 9 décembre dernier lors de la «*Plenary Session of the Soil Conservation Council of Canada*» de même que la présentation de Richard Gray «*The Kyoto Protocol*» campaient en toute candeur le sujet à l'intérieur du grand débat sur les gaz à effets de serre dont le principal, il va sans dire, est le CO₂.

2 - Comme beaucoup de documents environnementaux de cette décennie, on ne traite ici que du «*management*» sans relation avec les fondements scientifiques de la question et en particulier des mécanismes connus ou qui méritent de l'être, qui tirent leur origine de l'histoire de l'évolution de la vie sur terre. Nous en tirons la leçon suivante: ces analyses environnementales ont une coloration politique qui correspond à des inquiétudes collectives profondes, réelles ou suscitées. Nous limiterons nos commentaires à l'analyse sommaire du contenu de ces deux documents en fonction des mécanismes fondamentaux impliqués, avec une critique des lacunes ou des omissions.

LE CARBONE ET LA «MATIÈRE ORGANIQUE»

3 - De prime abord l'association de ces deux mots indique qu'il ne sera fait aucune référence à la compréhension ni aux mécanismes qui président à l'utilisation du carbone dans le sol, pas plus qu'aux rôles multiples du carbone qui est la base de la vie sous deux angles; la structure de la quasi totalité des composés biochimiques et la base même de la fixation de l'énergie utilisable biologiquement, sans compter les autres usages à partir du pétrole.

4 - Or, cette absence de référence aux schèmes fondamentaux de l'utilisation du CO₂ biologiquement condamne donc ces textes à des généralités existentielles qui n'ont de signification que les politiques internationales à travers les politiques agricoles canadiennes. Nous proposons, dans les lignes suivantes, une analyse la plus, «fine» possible, mais qui semblera bien sommaire dans les circonstances, vu l'énormité du problème qui est à la base de la vie sur terre.

¹ Professeur au Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada

² Agronome, Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec

³ Professeure au Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Université Laval, Québec Canada

UNE PREMIÈRE LACUNE BIEN ANCRÉE

5 - La notion de «matière organique» comme base de réflexion sur les mécanismes et les possibilités d'intervention ne peut soutenir aucun concept ni s'appuyer sur des notions scientifiques. C'est l'un des thèmes issus du siècle dernier que nous conservons car il nous permet d'ignorer tous les mécanismes qui y sont cachés. Les débris végétaux ou animaux ont des formes multiples et leur seule utilité jusqu'ici était de fournir les nutriments qui s'y trouvent ou d'en apprécier les propriétés physiques par rapport à l'eau. **C'EST L'ACCESSIBILITÉ AUX NUTRIMENTS ET LA RÉTENTION DE L'EAU POUR UNE RÉCOLTE OU UNE ROTATION AU MAXIMUM QUI JUSTIFIENT LE TERME "MATIÈRE ORGANIQUE" DANS SA PERCEPTION ACTUELLE.**

6 - En réalité, c'est au niveau des mécanismes dit d'«humification» auxquels il faudrait se référer, mais dont la définition est très floue et imprécise. Tous les textes consultés ne font aucune référence à ces mécanismes de base qui touchent le rôle et la présence du carbone dans le sol.

UNE SECONDE LACUNE: LA BIOLOGIE

7 - Quant aux références au «labour zéro» (*no tilling* dans les textes en langue anglaise) et son effet probable sur la conservation du carbone dans le sol, aucune n'explique les effets et les mécanismes en cause. La référence à la forêt (page 1) comme une réserve de carbone souligne une méconnaissance des mécanismes véritables comme en milieux agricoles.

8 - Dans les faits et depuis l'origine des sols, c'est la biologie et elle seule qui est responsable de l'état du carbone dans le sol par un ensemble de mécanismes régis par des milliers d'espèces appartenant à la fois aux écosystèmes épigés et hypogés. Nous n'avons relevé aucune référence à ces mécanismes qui sont fondamentaux.

LA RICHESSE DU SOL PAR RAPPORT À SON CONTENU CARBONÉ

9- On a fait allusion à la «richesse» d'un sol par rapport à son contenu en carbone. Si un tel concept était possible, les tourbes et les mucks seraient sans contredit les sols les plus «riches», or c'est exactement l'inverse, ce sont les plus «pauvres».

10 - Quant on assimile le carbone à l'azote, au phosphore, au potassium etc, on connaît une grave erreur de jugement, car le carbone fait à la fois partie de la «mécanique biologique» c'est-à-dire de la structure des matériaux vivants (sucres, protéines...) de l'apport et de la conservation de l'énergie (polyphénols et structures benzéniques)

11 - Il faut donc faire abstraction des mécanismes d'évaluation du carbone en tant que «C» et se rabattre sur les mécanismes de fixation et les mécanismes d'évacuation vers l'atmosphère. S'il y a une analogie d'énoncé avec ce qui concerne l'azote, le carbone relève d'un tout autre ordre de choses: il est le ciment de toutes les formes de vie et la matrice de tous les composés organiques.

LA "PORTE D'ENTRÉE" DU CARBONE STABLE.

12 - Jusqu'ici, nous n'avons pas senti la nécessité d'examiner et de concevoir des protocoles de recherche pour établir le niveau minimum de compréhension du fonctionnement biologique des processus de pédogénèse qui sont la base de la pérennité et de la fertilité. Les mécanismes fondamentaux n'ont jamais fait l'objet d'interrogation et de besoin de connaître, si on en juge par l'étude bibliographique que nous menons sur les 30 dernières années (Perry, D. A., et alii [1989]) . Seuls quelques auteurs ont approché timidement la question mais sous des angles dominés par la chimie des nutriments (Vitousek, P.M. [1983]) et en particulier tout ce qui tourne autour des mécanismes de fixation et de rétention de l'azote.

13 - Peut-on espérer que l'agriculture puisse avoir un jour un bilan positif en augmentant la présence de carbone stable dans le sol ? Il faut en douter fortement, l'agriculture étant une activité humaine utilisant le potentiel des sols pour en tirer des bénéfices économiques et biologiques à travers la production de nourriture. **De par leur définition et leurs fonctions, les sols agricoles sont des outils industriels de dégradation** comme le démontre, tout au long, le document qui fait l'objet de cette analyse. Ils exportent le carbone vers l'atmosphère à partir de leur structure même. et au détriment de la fertilité à court et moyen terme.

14 - Une seule porte d'entrée du carbone est possible d'une manière constante et stable c'est par l'écosystème forestier, et encore l'écosystème des forêts feuillues dans une interrelation épigée/hypogée. **LE CARBONE STABLE N'EST POSSIBLE QU'À PARTIR DES PARTIES POLYPHÉNOLIQUES DES PLANTES ET SURTOUT DES TANINS ET DES LIGNINES SYRINGYL ET GAIACYL.**

15 - Or, aucune allusion ni mention du rôle des polyphénols dans la structuration carbonée des sols n'est mentionnée dans le texte, laissant plutôt entendre que le carbone se comportait comme toutes les pollutions, d'où une allusion aux quotas et au commerce de ces derniers (page 4). Déjà la Finlande a offert de l'argent au Costa Rica dans ce sens en 1998.

16 - Les allusions aux rôles de la «matière organique» comme réservoir de carbone ne semblent pas très sérieuses puisque, par définition même, l'agriculture par ses pratiques basées sur l'apport et l'utilisation des nutriments, des pesticides et des fongicides, nécessite une accélération de la biologie d'origine microbienne, faute de quoi la productivité est impossible de façon économique.

L'EFFET ET LA RAISON DES LABOURS

17 - Les labours sont apparus avec l'Homme sur terre (*Homo faber*) et nous devons accepter que plusieurs milliers d'années plus tard, rien n'a été fait pour proposer et analyser de quoi il en retourne, sinon de proposer bien tardivement le «*no tilling practice*» tout en mettant sur le marché pour des centaines de millions de dollars annuellement de nouveaux équipements pour pratiquer cette activité d'un autre âge.

18 - L'effet immédiat et permanent est de forcer la vie microbienne, déjà fort réduite, dans les sols agricoles, à utiliser les sources de carbone disponibles pour sa propre existence, faute de sources cycliques permettant le renouvellement des stocks nécessaires à la structure. Les molécules nécessaires sont d'origine lignicole ou tannique, les seules pouvant jouer un rôle structurant sur de longues périodes contribuant à la structure à partir de macromolécules résistantes aux dégradations microbiennes, tout en participant à la vie microbienne à long terme.

19 - Les sols tropicaux équilibrés se trouvent toujours sous couvert forestier, le turnover du carbone étant trop accéléré et de ce fait trop précaire. La fertilité se trouve donc dans les rameaux et les écorces. Le labour dans les conditions de l'agriculture moderne est donc une technique d'exportation vers l'atmosphère du carbone qui y était fixé pour des fins structurales et de fertilité à moyen et long terme, en association avec la partie minérale. L'introduction d'éléments minéraux en grande quantité, supérieure à l'utilisation du sol et des plantes, l'augmentation de la quantité d'oxygène disponible et d'une température plus élevées dans les profils des sols agricoles, utilisent une très grande quantité de carbone de qualité qui est immédiatement exporté vers l'atmosphère, mais **SANS SOURCE DE REMPLACEMENT COMME DANS LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS, SEULS L'AZOTE ET LE PHOSPHORE FAISANT L'OBJET DE TOUTES LES ATTENTIONS.**

20- La raison d'être est uniquement d'ordre industriel pour les labours sans égard aux dégradations dans un contexte de concurrence mondiale à la productivité. Le labour serait sans doute la raison principale de sa pratique pour des fins industrielles, bien que les sociétés africaines utilisant des machines agricoles modernes «lourdes» provoquent sans contredit une véritable catastrophe sur des sols souvent à base de kaolinite. Il faut donc penser à réintroduire le carbone dans les sols cultivés à partir de mécanismes et produits forestiers sous la forme d'amendement forestiers humifères ce que nous produisons par milliards de tonnes annuellement mais qui est perçue comme un déchet issu de l'industrie forestière. **C'EST L'UNIQUE SOURCE POSSIBLE POUR AUGMENTER LA TENEUR EN CARBONE STRUCTURAL ET EFFICACE DES SOLS.**

CONCLUSION

21 - Nous limitons ainsi nos commentaires en suggérant d'investir dans la recherche de connaissances nouvelles à travers le réseau universitaire canadien plutôt que dans la recherche de trucs qui s'avèrent des **farces et attrapes** sur lesquelles des jugements de base sont portés comme guide à l'industrie agricole. Le contenu du document proposé n'est pas très réjouissant et ne pourrait que faire la risée des producteurs agricoles par un tel contenu. Nous suggérons de faire appel à la matière grise de nos universitaires plutôt qu'à leur complaisance, comme en fait foi l'ensemble des documents qui nous sont soumis.

22 - La bibliographie qui est attachée à cette déclaration n'est qu'un faible reflet de ce qui devrait y être disponible mais elle est une indication des directions à prendre pour réfléchir avant d'agir. **LE PROBLÈME DU CARBONE EN AGRICULTURE EST UN PROBLÈME D'ORDRE BIOLOGIQUE ET DE DÉGRADATION QUI NE PEUT TROUVER DE SOLUTION QUE PAR L'UTILISATION D'AMENDEMENTS FORESTIERS POUR MAINTENIR ET AUGMENTER LA TENEUR EN CARBONE STABLE.**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Caron, C. (1995) «*Ramial Chipped Wood: a basic tool for regenerating soils*» 8 pages, ISBN 2-921728-07-9 Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval
- Czochanska, Z., Foo, L.Y., Newman, R.H., Porter, L.J. (1980) «Polymeric Proanthocyanidins. Stereochemistry, Structural Units and Molecular Weight». J. Chem. Soc. Perkin I, 2278-2286.
- Cos, P., Ying, L., Hu, J.P., Cimanga, K., Van Poel, B., Pieters, L., Vanden Berge, D. (1998) «Structure-Activity Relationship and Classification of Flavonoids as Inhibitors of Xanthine Oxidase and Superoxide Scavengers». J. Nat. Prod. **61**(1), 71-76.
- Faix, O, T. Stevanovic Janezic, K. Lundquist (1994)«The lignin of diffuse porous angiosperm tree *Triplochyton scleroxylon* K. Chum with low syringil content», J. Wood Chem. Technol. **14** (2), 263-278.
- Finlay R, Söderström B. (1992). «Mycorrhiza and carbon flow to the soil». In: Allen MF (ed.) Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant-Fungal Process. Chapman and Hall, New York, London, p. 134-160
- Foo, L.Y., Porter, L.J. (1980) «The Phytochemistry of Proanthocyanidin Polymers» . Phytochemistry, **19**, 1747- 1754.
- Garcia, S., Latge, J. P., Prévost, M. C. & Leisola, M. S. A. (1987) «Wood degradation by white-rot fungi: cytochemical studies using lignin peroxidase-immunoglobulin-gold-complex», Appl. Environ. Microbiol. **53** : 2384-2387.
- Glansdorff, P. & Prigogine, I. (1971) «Structure, stabilité et fluctuations» Masson, Paris.
- Glenn, J. K. & Gold, M. H. (1985) «Purification and characterization of an extracellular Mn (II) -dependent peroxidase from the lignin-degrading by the Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* ». Arch. Biochem Biophys. **242**: 329-341
- Godron M. (1994) «Équilibres et déséquilibres in "La maîtrise du milieu" P. Acot ed. Vrin, Paris.
- Godron, M. & Lemieux (1998) «Le bois des rameaux, un élément crucial de la biosphère» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval publication n° 88. 32 pages IBBN: 2-921728-35-4

- Gosz, J. R. & Fisher, F. M. (1984)** «Influence of clear-cutting on selected microbial processes in forest soils» in *Current Perspectives in Microbial Ecology*, Proceedings of the Third International Symposium on Microbial Ecology (Klug, M.J. & Reddy, C.A. éditeurs), pp. 523-530.
- Gosz, J. R., Holmes, R. T., Likens, G.E. & Bormann F. H. (1978)** "Le flux d'énergie dans un écosystème forestier". in *Pour la Science*, juin 1987 pp. 101-110.
- Graham RC, Erwin JO, Wood HB. (1995)**. «Aggregate stability under oak and pine after four decades of soil development». *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 59: 1740-1744
- Haslam, E. (1998)** «Practical Polyphenolics. From Structure to Molecular Recognition and Physiological Action». Cambridge Univ. Press., p.35;
- Hemingway, R. (1989)** «Recent developments in the use of tannins as specialty chemicals» *Int. Symp. Pulp and Paper Chem.*, Tappi Proceedings, 377-386.;
- Jovanovic, S.V., Hara, Y., Steenken, S., Simic, M.G. (1995)** «Antioxidant Potential of Gallocatechins. A Pulse Radiolysis and Laser Photolysis Study». *J. Am. Chem. Soc.*, **117**, 9881-9888;
- Kirk, T. K. & Fenn, P. (1982)** «Formation and action of ligninolytic system in Basidiomycetes). in: *Decomposer Basidiomycetes: their Biology and Ecology* (Franklin, J.C., Hegger, J.N. & Swift, M.J. éditeurs) p. 67-90, Cambridge Univ. Press.
- Leisola, M. S. A & Garcia, S. (1989)** «The mechanism of lignin degradation» in *Enzyme systems for lignocellulose degradation*.- Atelier tenu à Galway, Irlande dans le cadre de la Communauté économique européenne Publié par Elsevier Applied Science pp.89-99
- Lemieux, G. & Goulet, M. (1992)** «"Sylvagraire" und "Sylvasol", neu Wege zum Aufgradieren von Acker- und Waldböden» Düsseldorf, Université Laval 4 pages ISBN 2-550-26540-8.
- Lemieux, G. (1992)** «L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière» Université de Coimbra, Portugal ISBN 2-550-26521-1
- Lemieux, G. (1993)** «L'origine forestière des sols agricoles: la diversification microbiologique par aggradation sous l'effet des bois raméaux fragmentés» Comité Jean Pain, Bruxelles, Université Laval 33 pages
- Lemieux, G. (1993)** «L'aggradation pédogénétique, un processus universel sous l'influence des BRF: les effets sur la biodiversité et la productivité» FAO, Rome, Université Laval, 6 pages ISBN 2-921728-04-4.
- Lemieux, G. (1993)** «A universal upgrading process: RCWs to enhance biodiversity and productivity» Université Laval Rome FAO 6 pages (traduction anglaise)
- 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)** «*Harvesting a new crop from forest: ramial wood for forest and agricultural soils.*» FAO, Rome, Université Laval 1 page
- Lemieux, G. (1994)** «*A new wealth for soil: ramial wood*» FAO, Université Laval 1 page.
- 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 clé» Université Laval et Université de Moncton 37 pages ISBN 2-921728-11-7.
- Lemieux, G. (1995)** «La lignine des Dicotylédones ligneuses: son influence universelle sur le système humique» Universidad Pedro Henriquez Ureña, Santo-Domingo, République Dominicaine et Université Laval. Québec 56 pages, ISBN 2-921728-11-7,
- 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» nivesité de Dakar, Sénégal 13 pages ISBN 2-92-17-28-12-5.
- Lemieux, G (1995)** «Les germes économiques et scientifiques de la révolution verte au Sahel» ACDI et Université Laval, Club du Sahel, rencontre de Pointe-au-Pic, 21 pages ISBN 2-921728--13-3.
- Lemieux, G, (1995)** «*The basics of the economical and scientific green revolution of Sahel*» CIDA and Laval University 26 pages ISBN 2-921728--13-3.
- Lemieux, G. (1995)** «*Los origenes economicos y cientificos de la revolucion verde en Sahel*» 22 pages avec résumé en français, anglais, allemand, espagnol portugais et néerlandais.
- 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
- Lemieux, G (1995)** «Réunion exploratoire portant sur les mécanismes de pédogénèse à l'aide du Bois Raméal Fragmenté» CRDI/ACDI, Ottawa 24 novembre 1995. Université Laval 21 pages.

- Lemieux, G. & Lachance L. (1995)** «Essais d'utilisation du Bois Raméal Fragmenté (BRF) 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. (1996)** «New ideas on soil formaion, soil fertility» Agroforestry Today 8 (3) pp23-24, ICRAF Nairobi Kenya ISSN 1013 3225.
- Lemieux, G. (1996)** «Cet univers caché qui nous nourrit: le sol vivant» Université Laval-CRDI, 51 pages ISBN 2-921728-15-X.
- Lemieux, G. (1996)** «The hidden world that feeds us: the living soil» 49 pages (traduction anglaise) ISBN 2-921728-17-6.
- 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. (1997)** «Fundamentals of Forest Ecosystem Pedogenesis: An Approach to Metastability Through Tellurian Biology» Université Laval for The Department of Forest of British Columbia, Victoria, Canada, publication n° 72, 59 pages, ISBN 2-921728-24-9
- Noël, B. (1998)** «Rapport technique: l'utilisation du B.R.F. en agriculture» Université Laval, Québec, Canada Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, publication n° 79, ISBN: 2-921728-29-X.
- Perry, D. A., Amaranthus, M.P., Borchers, J.G., Borchers, S.L. & Brainerd, R.E. (1989)** «Bootstrapping in Ecosystems» BioScience **39** (4): 230-237.
- Srinivastava, L. (1964)** «Anatomy, Chemistry and Physiology of Bark» Int. Rev. Fores. Res., **1**, 203- 277.
- Stevanovic Janezic, T., Vilotic, D., Bujanovic, B., (1995)** «Chemical and Anatomical Properties of Xylems and Barks of Major Industrial Wood Species in Serbia». In: T.Stevanovic Janezic, B.Kolin, G.Danon, M. Jaic (1995): "Enhancement of wood technologies in correlation with the properties of chemical components of wood", monograph, Faculty of Forestry, Belgrade; in Serbian, extended abstracts in English, pp 5-40 .
- Stevanovic Janezic, T. (1991)** «Determination of lignin in barks». First European Workshop on Lignocellulosics and Pulp (EWLP), Hamburg, September 18-20, 1990, Proceedings, Mitteilungen der BFH, Heft no. 168, pp. 391-396.
- Stevanovic Janezic, T., B. Bujanovic, D. Vilotic, Z. Dajic, M. Mitrovic, P. Pavlovic (1998)** «Significance of lignin content for composting of lignocellulosic materials». Fifth European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. Aveiro, Portugal, EWLP '98. Proceedings , 129- 132
- Stott, D. E., G. Kassim, M. Jarrell, J. P. Martin & Haider, K. (1993)** «Stabilisation and incorporation into biomass of specific plant carbons during biodegradation in soil». Plant and Soil **70**:15-26.
- Tien, M., & Kirk, T. K. (1983)** «Lignin-degrading enzyme from Hymenomycete *Phanerochate chrysosporium*» Burds. Science **221**: 661-663.
- Vicuna, R. (1988)** «Bacterial degradation of lignin». Enzyme Microb. Technol. **10** : 646-655.
- Vitousek, P.M. (1983)** «Mechanisms of ion leaching in natural and managed ecosystems» in Mooney, H.A. & Godron, M. (eds) Disturbance and ecosystems, Springer Verlag : 129-144.

oo

publication n° 10
octobre1999
édité par

Le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Faculté de Foresterie et de Géomatique
Université Laval
Québec G1K 7P4
QUÉBEC, Canada
courriel:gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca
FAX 418-656-5262
tel. 418-656-2131 poste 2837