

25^e CONGRÈS ANNUEL DE L'AQSSS



ASSOCIATION
QUÉBÉCOISE
de SPÉCIALISTES
en SCIENCES
du SOL

Les sciences du sol au 21^e siècle :

Défis à relever pour une ressource à préserver

Programme scientifique et résumés



HÔTEL - MUSÉE
PREMIÈRES NATIONS
WENDAKE - QUÉBEC

25 au 27 mai 2011



Un gros merci à tous nos commanditaires !



CONSEIL D'ADMINISTRATION

- Présidente : **Anne VANASSE**, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département de phytologie. Québec QC G1V 0A6. anne.vanasse@fsaa.ulaval.ca
- Président sortant : **Martin CHANTIGNY**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. martin.chantigny@agr.gc.ca
- Vice-président: **Gilles GAGNÉ**, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA). 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8. gilles.gagne@irda.qc.ca
- Trésorière: **Lucie GRENON**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en horticulture. 430 boulevard Gouin Saint-Jean-sur-Richelieu QC J3B 3E6. lucie.grenon@agr.gc.ca
- Secrétaire: **Isabelle ROYER**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. isabelle.royer@agr.gc.ca
- Administrateurs: **Aimé Jean MESSIGA**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. aime.messiga@agr.gc.ca
- Vincent POIRIER**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. vincent.poirier@agr.gc.ca
- Louis ROBERT**, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Direction régionale de la Chaudière-Appalaches. 101-675 route Cameron, Sainte-Marie QC G6E 3V7. louis.robert@mapaq.gouv.qc.ca

COLLABORATEURS

- Webmaître : **Rock OUIMET**, Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles du Québec. Québec QC G1P 3W8. rock.ouimet@mrnf.gouv.qc.ca
- Éditrices Infosol : **Isabelle BEAUDIN**, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA). 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8. isabelle.beaudin@irda.qc.ca
- Nicole BISSONNETTE**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. nicole.bissonnette@agr.gc.ca
- Judith NYIRANEZA**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. judith.nyiraneza@agr.gc.ca

COMITÉ ORGANISATEUR

Le conseil d'administration de l'AQSSS

Association québécoise de spécialistes en sciences du sol

L'Association québécoise de spécialistes en sciences du sol est un organisme de bienfaisance enregistré et à but non lucratif regroupant les personnes intéressées à la science, à l'utilisation, à l'aménagement et à la conservation des sols. Elle a pour objectif de diffuser l'information scientifique et technique relative au sol pour éclairer sur tout sujet d'intérêt concernant l'utilisation, l'aménagement et la conservation de la ressource sol.

Toute personne oeuvrant en science du sol au Québec peut devenir membre de l'association à condition d'en faire la demande en remplissant la fiche d'inscription disponible sur le site Internet de l'AQSSS (<http://www.aqsss.com/squelettes/fom1.html>), d'être admis par le comité d'admission et de payer la cotisation annuelle fixée par l'assemblée générale.

Membres de l'AQSSS - Prix honorifique : Appel de candidature

RIX AUGUSTE-SCOTT

Le prix Auguste-Scott est décerné à un membre de l'AQSSS s'étant distingué par l'ensemble de son oeuvre ou une contribution majeure à la science du sol. Cette contribution peut être une publication scientifique, un article de vulgarisation, un rapport scientifique ou technique, une thèse, une action publique ou une autre activité scientifique de type ponctuel dans le domaine des sciences du sol.

Le prix honorifique est constitué d'un trophée-pelle et d'un diplôme souvenir. Les mises en candidature doivent être présentées par un membre au président de l'association, qui est le seul membre non-éligible. Le président formera un comité pour l'étude des dossiers et la nomination du récipiendaire. Veuillez faire parvenir les candidatures en incluant une description suffisante de la contribution du récipiendaire potentiel avant le 25 avril 2011 à la présidente de l'association à l'adresse suivante : Anne Vanasse Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département de phytologie. Québec QC G1V 0A6. anne.vanasse@fsaa.ulaval.ca

Auguste Scott (1901-1983) était un éminent pédologue québécois décoré du mérite agronomique. Il a obtenu plusieurs mentions et titres honorifiques. C'est sous l'égide de monsieur Scott que la pédologie a pris son véritable essor au Québec.

Étudiants membres de l'AQSSS - Prix

RIX ROGER-BARIL - COMMUNICATION ORALE

Le prix Roger-Baril est décerné aux trois meilleures communications orales réalisées par les étudiants membres de l'AQSSS lors du congrès annuel. Ce prix est constitué de trois bourses (500\$, 400\$ et 300\$) et de certificats d'attestation de l'AQSSS.

RIX RÉGIS-SIMARD - AFFICHE SCIENTIFIQUE

Le prix Régis-Simard est décerné à la meilleure affiche scientifique réalisée par un étudiant membre de l'AQSSS lors du congrès annuel. Ce prix est constitué d'une bourse (300\$) et d'un certificat d'attestation de l'AQSSS. L'attribution de ces prix a pour objectif de promouvoir la participation des étudiants de deuxième et troisième cycles au congrès et de maintenir un haut niveau de qualité dans la présentation de conférences et d'affiches scientifiques. L'évaluation des communications orales ainsi que des affiches scientifiques est effectuée par deux comités d'évaluation formés de membres de l'AQSSS.

Roger Baril (1916-2007) agronome-pédologue de 1940 jusqu'en 1962, où il devint professeur et chercheur en pédologie au département des sols de la faculté d'agriculture de l'université Laval jusqu'en 1984. Les enseignements de M. Baril ont contribué à former plusieurs agronomes-pédologues au Québec. Il fut le premier membre honoraire de l'AQSSS.

Régis Simard (1956-2002) agronome, pédologue puis chercheur engagé à la promotion de la science du sol. Il a été particulièrement actif au niveau de la recherche en chimie-fertilité du sol. Ses travaux ont eu des répercussions importantes, entre autres, sur notre compréhension de la capacité des sols à retenir le phosphore. Régis Simard a participé activement à l'AQSSS. Il en a été le président en 1991, 1992 et 1996.

Les prix de l'AQSSS seront remis lors du banquet qui cette année aura lieu le soir du 26 mai 2011. L'AQSSS encourage les membres et les étudiants à être présents lors de cette soirée.

Témoignages

Le conseil d'administration est heureux de vous présenter les témoignages reçus dans le cadre du 25^e anniversaire de l'AQSSS

La naissance d'une association scientifique : l'AQSSS

Le sol est une ressource qui intéresse beaucoup de gens. Il est à la base de la production agricole tant végétale qu'animale. Ceci explique sans doute pourquoi les ministères provinciaux et fédéraux de l'agriculture se sont préoccupés depuis longtemps de l'étudier et le cartographier. Il en est de même pour les ingénieurs forestiers et les spécialistes de l'environnement pour qui le sol est aussi synonyme de potentiel et de vulnérabilité. Mais il y a une multitude de domaines où le sol joue un rôle significatif bien que souvent moins connus : aménagement, urbanisme, ingénierie, archéologie, etc. C'est dans le but de regrouper tous ces concepteurs et utilisateurs de la connaissance sur les sols que l'idée de former une association scientifique regroupant les principaux intervenants en recherche et développement en sciences du sol est née. Elle a surgi spontanément lors d'une excursion pédologique menée en juin 1984 dans le comté de Chambly où, à titre de responsable de l'étude pédologique en cours, j'avais convié plusieurs de ces experts. Au delà de connaître les sols de cette région, c'est davantage l'idée de partager leurs connaissances de cette ressource qui a captivé la majorité des participants. C'est ainsi que, quelques mois après cette excursion mémorable, le Dr Camille Laverdière du département de géographie de l'Université de Montréal et son étudiante à la maîtrise, Mme Diane St-Laurent, tous deux participants à l'excursion, m'ont contacté pour organiser une section dédiée à la science du sol au congrès annuel de l'ACFAS de 1986 et de l'introduire par un colloque intitulé « Rétrospective de la recherche sur les sols au Québec ». Pour mieux savoir où l'on va, il convient de bien connaître ce que l'on est et d'où on vient. Ce colloque a été clôturé par une assemblée qui a mis en place une structure pour la fondation de l'AQSSS. Depuis lors, l'AQSSS n'a cessé de grandir, de se développer, en se promenant d'une région à l'autre du Québec et des provinces avoisinantes et en se jumelant occasionnellement à d'autres associations scientifiques dans le but de recruter de nouveaux membres, d'explorer de nouvelles thématiques toujours aussi pertinentes et actuelles et d'élargir son mandat dont l'essence est de faire mieux connaître les sols à ses membres et à l'ensemble de la population du Québec. Certes, nous n'avions pas en tête une telle destinée lors de la mise à l'eau de cette initiative plutôt spontanée, mais aujourd'hui, après 25 ans d'existence, je suis très fier en tant que membre fondateur, de l'évolution de cette organisation scientifique. L'AQSSS a permis à plusieurs jeunes chercheurs ou praticiens de la science du sol de se passionner de cette science et de communiquer leur passion aux autres. Merci à tous ceux qui l'ont porté toutes ces années et l'ont mené là où elle est maintenant. Merci à tous nos maîtres qui nous ont précédés et inspirés dans cet accomplissement collectif.

Michel C. Nolin
Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 1993

J'ai fait mon entrée au sein de l'AQSSS en octobre 1992, en tant qu'étudiant au doctorat. C'est peu dire combien ma nervosité était à son comble alors que je devais pour la première fois prendre la parole et présenter des résultats de recherche à une association de spécialistes en sciences du sol. Il m'a cependant fallu bien peu de temps pour me rendre compte à quel point cette association était accueillante, conviviale et dynamique. Au point que je n'ai pu résister longtemps à l'envie de m'impliquer et de contribuer à la vie de cette association. Depuis ses débuts, l'AQSSS n'a cessé d'innover afin de mieux diffuser les connaissances concernant la science du sol. Aujourd'hui elle constitue un rempart essentiel au maintien de la recherche et des connaissances sur les sols au Québec.

Martin Chantigny
Président de l'AQSSS de 2006 à 2010

Pourquoi je ne peux pas me passer de l'AQSSS

Venant d'un domaine de recherche (sols forestiers) où les gens qui travaillent avec les sols sont fort peu nombreux – on peut les compter sur les doigts de la main au Québec – l'AQSSS représente pour moi une organisation qui me tient à coeur. Le regroupement de spécialistes en sciences du sol – précisément des sols du Québec – permet des échanges des plus enrichissants impossibles autrement. Lors des 22 congrès de l'AQSSS auxquels j'ai participé dans le passé, j'y ai toujours appris quelque chose de neuf à chaque occasion. Et d'y rencontrer des gens jeunes et plus vieux qui se découvrent ou partagent la même passion pour les sols. Que le congrès ait eu lieu dans les grands hôtels ou les campings, l'organisation a toujours été aux petits soins avec les participants.

Mon passage au comité d'administration de l'AQSSS m'a permis de découvrir des gens qui aimaient le monde qui aime les sols qui aime la vie. Car l'AQSSS, c'est comme le sol : riche (intellectuellement seulement bien sûr), diversifié (en termes d'espèces d'organismes), solide (s'altère très lentement sous nos conditions), a une bonne capacité de rétention des liquides (le banquet de 1995 restera mémorable, et les autres on ne s'en souvient plus parce que la mémoire a été altérée à ce moment...) et son développement facilite le développement de la vie. Un autre exploit à son actif : devenu propriétaire des droits d'auteur du livre *Les Sols* de feu Auguste Scott, l'AQSSS a réédité l'un des rares ouvrages qui traite des sols du Québec. Merci à Lucien Bordeleau d'avoir mené le groupe à concrétiser cette acquisition.

La popularité de l'AQSSS ne se dément pas : son site Web reçoit 800 visiteurs en moyenne par mois depuis quelques années. Pour une organisation à grandeur humaine, cette popularité est plutôt surprenante. Comme quoi on veut en connaître toujours plus sur les sols. Quand un membre est absent d'un congrès de l'AQSSS, ce n'est pas normal. Il doit vraiment être malade! Moi je suis accroc à l'AQSSS et je veux l'y rester!

Rock Ouimet

Président de l'AQSSS de 1999 à 2005

Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 2006

25 ANS D'AQSSS.....UN TOURBILLON ENTHOUSIASMANT

L'arrivée de cette association correspondait aux besoins de regroupement qu'exprimaient plusieurs spécialistes du sol. Pour ma part comme microbiologiste, l'AQSSS devenait un milieu de réflexion où j'améliorais et diversifiais mes connaissances. C'était doux d'entendre philosopher l'agronome écologiste Pierre Dansereau sur la vivacité du sol dans nos écosystèmes. C'était hilarant d'assister à une présentation du pédologue Camille Laverdière qui créait un néologisme pour qualifier un trait pédologique, et à cause de cette déformation il avait même proposé que le terme Aquésoliens soit utilisé pour définir les membres de l'AQSSS, alors que d'autres membres ayant plus les pieds à terre proposaient le mot Solistes. La sagesse du professeur Roger Baril était toujours observée en nous ramenant à l'ordre. Sans Michel Cescas qui nous démontrait sans l'ombre d'un doute la validité de ses équations, où en serions-nous dans l'évaluation des besoins en fertilisants ?

L'AQSSS, par ses congrès annuels mobiles, m'a fait découvrir les particularités des régions du Québec par les sols et les attraits du terroir ; j'avais souvent la délicate tâche d'alimenter la diversité des échanges par la bonne combinaison des vins se mariant harmonieusement avec les plats régionaux. Les thèmes proposés de même que les colloques ont toujours attiré des nouveaux membres, plus particulièrement la clientèle de la relève. Par cette façon de faire, on a aussi cultivé la biodiversité chez les spécialistes.

Grâce au support de l'AQSSS, j'ai rapatrié les droits d'auteur du volume *LES SOLS* de Monsieur Auguste Scott pour l'AQSSS, et nous avons procédé à la réimpression de l'ouvrage dont le lancement a été fait le samedi 24 janvier 2004 durant la semaine de la SAAC. Pour les spécialistes du sol, c'est un ouvrage que tous devraient lire pour comprendre comment un spécialiste du sol en 1969, québécois pur laine, mettait en lumière la nature, les propriétés et les améliorations des sols.

J'ai toujours un penchant pour la vie microbienne dans les sols, car c'est le départ de la chaîne alimentaire. Ce sont les microbes qui ont eu le premier mot sur terre, ce sont aussi eux qui en auront aussi le dernier.

Lucien Bordeleau

Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 1998

Les années effacent tellement bien les souvenirs que je ne suis pas certain d'aucune date ou période ! Bien plus, je me rappelle surtout de choses anodines. Pour le congrès annuel au Lac Beauport en 1997 tenu conjointement avec une organisation européenne de spécialistes en conservation des sols et de l'eau (l'Orstom), Claude Bernard était également membre de cette organisation et il avait fait le pont entre les celle-ci et l'AQSSS. Après le banquet, tard en soirée, nous avons eu droit à une conférence donnée par un historien huron portant sur les légendes huronnes (un lien avec le lieu du 25^e congrès). Je ne pense pas qu'à l'époque les dirigeants et les membres d'AQSSS se préoccupaient beaucoup d'OGM, d'agriculture urbaine, de gaz de schiste, d'agroforesterie, de production d'éthanol avec du maïs. Le thème de la qualité des sols (agricoles et forestiers) et des ressources hydriques préoccupait alors, probablement en premier, les membres de l'AQSSS.

Denis Côté
Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 1994
Président de l'AQSSS en 1997

Chères et chers membres,

La communauté scientifique a toujours reconnu aux congrès et colloques, tant nationaux qu'internationaux, une double fonction : celle d'offrir une occasion de rencontres à des étudiants, chercheurs, professeurs et professionnels du milieu (académique, scientifique et professionnel), celle de donner une impulsion aux travaux de recherche par la divulgation et la discussion de résultats de recherche (Emmanuel de Martonne, 1929).

Dans ce contexte, mon premier souhait est, avant tout, de remercier toutes celles et tous ceux grâce auxquels tous les congrès de l'AQSSS ont été un plein succès. Grâce au souci de bien accueillir les congressistes, les endroits sélectionnés ont souvent offert une ambiance amicale et particulièrement joyeuse ou festive pendant les banquets. Je remercie également les membres du conseil d'administration de l'AQSSS depuis sa création qui ont réussi à mener à bien l'association sans ménager ni leur temps ni leur enthousiasme.

En terminant, j'aimerais souligner ma satisfaction et mon plaisir d'avoir pris part à de nombreuses excursions scientifiques post-congrès, qui étaient instructives du point de vue pédologique et agronomique.

Antoine Karam
Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 2007

L'AQSSS, une histoire de cœur et de passion

Depuis le tout début, j'assiste et je participe aux destinées de l'AQSSS. Que d'assemblées, que de discussions, souvent enflammées, parfois longues et pénibles, mais toujours constructives et évolutives, quoiqu'à évolution lente tout comme le sol, dont le « sol emblème ». Je me souviens entre autres de l'assemblée de fondation pour le choix du nom de l'association, nom qui fait encore jaser. Que dire de la panoplie de gentilés que cela a pu susciter dont les plus célèbres : Aquisoliens, Aquisoliens et pourquoi pas Aquésoliens et Aquésoliennes évidemment! Un autre débat historique qui a duré quelques années fut celui de l'acceptation des technologistes au sein de l'association. Maintenant toute personne qui œuvre en sciences du sol peut devenir membre de l'AQSSS. L'organisation des congrès est devenue au fil des ans, la priorité du conseil d'administration. Nos congrès, incluant les tournées, nomades au Québec, qu'ils soient campagnards, urbains ou dans le fin fond des bois, sont le cœur et l'énergie qui anime tous les « solistes », jeunes et moins jeunes, d'une passion incontestable. À l'aube du 21^e siècle, je ne peux que souhaiter, en mon nom personnel et au nom du conseil d'administration de l'AQSSS, un avenir durable et une longue vie à notre **Association Québécoise de Spécialistes en Sciences du Sol**.

Lucie Grenon
Secrétaire trésorière puis trésorière depuis 1986
Récipiendaire du prix Auguste-Scott de 2001

HISTORIQUE DES RÉCIPENDAIRES DES PRIX

Année	Prix Auguste-Scott	Prix Roger-Baril	Prix AQSSS - 1996-2002 Prix Régis-Simard - depuis 2003
1988	Thi Sen Tran		
1989	Marcel Giroux		
1990	Fernand Pagé		
1991	Christian de Kimpe	Daniel Avon	
1992	Angus F. Mackenzie	Martin Chantigny	
1993	Michel Nolin	Bernard Pelletier	
1994	Denis Côté	Robert Bradley	
1995	Marton Tabi	Isabelle Royer	
1996	Léon-Étienne Parent	1. Jean-Pierre Mvondo Awonno 2. Mauro Pezzente 3. Isabelle Breune	Noura Ziadi
1997	Régis Simard	1. Louis Duchesnes 2. François Marquis 3. Jacinda Richman	Annie Clark
1998	Lucien Bordeleau	1. Marie-André Saint-Pierre 2. Rebecca Tremblay 3. Sonja Kosuta	Benoît Hamel
1999	Adrien N'dayegamiye	1. Caroline Côté 2. Catherine Périé 3. Bernard Pelletier	
2000	Marc Laverdière	1. François Marquis 2. Jacques Langlois 3. Louis Hudon	Danya Brisson
2001	Lucie Grenon	1. Martin Lavoie 2. Jacques Langlois 3. Richard Jeannotte	
2002	Claude Camiré	1. Jacques Langlois 2. Frank Grenon 3. Richard Jeannotte 3. Jacynthe Dessureault-Rompré	Habiba Ben Mansour
2003	Denis Angers	1. Marie Bipfubusa 2. Benoît Lapointe 3. Rosalbina Gomez 3. Karine Prévost	Gilles Joannis
2004		1. Alicia Moreno 2. Renée Lalancette 3. David Vallières	Luc Michelot Casséus
2005	André Brunelle	1. Cargele Nduwanungu 2. Karine Therrien 2. Vincent Poirier	Arnaud DeConinck Sébastien Lange
2006	Rock Ouimet	1. Kevin Tiessen 2. Nikita Erikson-Hamel 3. Vincent Poirier	Anaïs Charles
2007	Antoine Karam	1. Kevin Tiessen 2. Julie Guérin 3. Pierre-Antoine Gilbert	Mustapha Bakry Karine Vézina
2008	Gérard Laflamme	1. Julie Guérin 2. Vincent Leblanc 3. Karine Labrecque	Irina Compte
2009	Michel P. Cescas	1. Marie-Hélène Perron 2. Jérôme Laganière 3. Aimé Jean Messiga	Dalel Abdi Mathieu Quenum
2010	Guy Mehuys	1. Éliane Bergeron Piette 2. Vicky Lévesque 3. Marcio Martins	Aimé Jean Messiga

HISTORIQUE DES CONGRÈS DE L'AQSSS

Assemblée générale	Président	Lieu	Thème du congrès
			Rétrospective de la recherche sur les sols au Québec Chicoutimi, ACFAS mai 1985
			La podzolisation des sols Montréal, ACFAS mai 1986
1) 27 octobre 1987	Marton Tabi	Saint-Hyacinthe	Utilisation rationnelle des sols Ottawa, ACFAS mai 1987
2) 24 mai 1988	Fernand Pagé	Sainte-Foy	Les sols organiques, un milieu de culture à découvrir et à exploiter Moncton, ACFAS 10-11 mai 1988
3) 3 mai 1989	Fernand Pagé	Sainte-Foy	La fertilisation intégrée des cultures : Une approche à développer Montréal, ACFAS 17 mai 1989
4) 25 octobre 1990	Claude Camiré	Saint-Lambert	Le dépérissement des érablières : Causes et solutions possibles Sainte-Foy, 14-17 mai 1990
5) 7 octobre 1991	Régis Simard	Drummondville	Les amendements organiques et la productivité du sol
6) 5 octobre 1992	Régis Simard	Beaupré	La qualité des sols
7) 12 octobre 1993	Léon-Étienne Parent	Sainte-Anne-de-Bellevue	La science du sol dans la dynamique environnementale
8) 11 octobre 1994	Léon-Étienne Parent	Lennoxville	La variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol
9) 27 juillet 1995	Léon-Étienne Parent	Sainte-Foy	Dynamique des éléments dans les écosystèmes terrestres
10) 16 octobre 1996	Régis Simard	Saint-Hyacinthe	Les nouveaux défis en sciences du sol
11) 25 août 1997	Denis Côté	Lac Beauport	Le sol et l'eau: deux ressources à gérer en interrelations
12) 4 août 1998	Richard Beaulieu	Sainte-Foy	La science du sol au service du développement durable en foresterie et en agriculture
13) 17 août 1999	Rock Ouimet	Sainte-Anne-de-Bellevue	La qualité des sols : du concept à la réalité
14) 31 novembre 2000	Rock Ouimet	Forêt Montmorency	La durabilité des ressources agricoles et forestières
15) 22 août 2001	Rock Ouimet	La Pocatière	L'utilisation des sols et la ruralité
16) 12 juin 2002	Rock Ouimet	Normandin	Les écosystèmes agricole et forestier du pré-nord
17) 10 juin 2003	Rock Ouimet	Sherbrooke	Le sol et la biodiversité
18) 8 juin 2004	Rock Ouimet	Baie St-Paul	La recherche en sol : où en sommes-nous ?
19) 15 juin 2005	Rock Ouimet	St-Ignace-de Standbrige	Utilisons-nous nos sols adéquatement?
20) 6 juin 2006	Martin Chantigny	Montréal	L'urbanisation et les sols
21) 4 juin 2007	Martin Chantigny	Sainte-Catherine de la Jacques-Cartier	Les sols en milieux froids
22) 3 juin 2008	Martin Chantigny	St-Georges de Beauce	Utilisation et productivité des sols négligés
23) 20 mai 2009	Martin Chantigny	St-Paulin	La rivière, reflet de la gestion des terres
24) 1 ^{er} juin 2010	Martin Chantigny	Oka	Vers des systèmes sol-plante sains et durables
25) 25 mai 2011	Anne Vanasse	Wendake	Les sciences du sol au 21^e siècle : Défis à relever pour une ressource à préserver

SOMMAIRE DU PROGRAMME

LES CONGRÈS ANNUELS DE L'AQSSS SONT DES ACTIVITÉS DE FORMATION ACCRÉDITÉES DE L'ORDRE DES AGRONOMES DU QUÉBEC.

	Mercredi 25 mai 2011	Jeudi 26 mai 2011	Vendredi 27 mai 2011
Matinée	<p style="text-align: center;">8h00 – 9h00 Inscription</p> <p style="text-align: center;">9h00 – 12h00 Forum «Les sciences du sol au 21^e siècle : Défis à relever pour une ressource à préserver»</p> <p>1- Les tourbières boréales : dynamique du carbone (CO₂ et CH₄) et changements climatiques. Michelle Garneau, Université du Québec à Montréal, Chaire DÉCLIQUE. 2- Le semis direct dans les Prairies canadiennes : impact sur la qualité et productivité des sols. Guy Lafond, AAC, Indian Head, Saskatchewan. 3- Travaux et interdisciplinarité en agropédologie : les prochaines années. Gilles Gagné, IRDA, Québec 4- Écosystèmes agricoles au 21^e siècle : espace compositionnel, cinétique fractale et méta-analyse. Léon-Étienne Parent, Université Laval.</p>	<p style="text-align: center;">8h00 – 8h30 Inscription</p> <p style="text-align: center;">8h30 – 12h00 Présentations orales</p>	<p style="text-align: center;">8h15 – 15h00 Tournée post-congrès</p> <p>1^{er} arrêt : Visite du musée de l'Hôtel Premières Nations de Wendake. Visite guidée des différents sites culturels et patrimoniaux du vieux Wendake (le Musée, la maison Tsawenhohi, l'église Notre-Dame-de-Lorette, la fresque des Wendat et la chute Kabir Kouba).</p> <p>2^e arrêt : Ferme Bédard et Blouin inc. 2157, boul. Louis XIV, QC. Ferme maraîchère avec comptoir de ferme et centre Jardin (qualité du sol, nombreuses cultures : cucurbitacées, crucifères, légumineuses, etc., sur de nombreux types de sol, profils de sols). Dîner sur place.</p>
Midi	12h00 – 13h15 Dîner	12h00 – 13h15 Dîner	
Après-midi	<p style="text-align: center;">13h15 - 14h15 Session d'affiches I</p> <p style="text-align: center;">14h15 – 16h45 Présentations orales Sessions simultanées</p>	<p style="text-align: center;">13h15 - 14h15 Session d'affiches II</p> <p style="text-align: center;">14h15 – 17h15 Présentations orales</p>	<p>3^e arrêt : Ferme Laser Inc. 3125 rang des Beaumont, QC. Innovation en grandes cultures, travail réduit, semis direct, fertilisation raisonnée et profils de sols.</p>
Soirée	<p style="text-align: center;">17h00 – 18h30 Assemblée générale de l'AQSSS</p> <p style="text-align: center;">18h30 Dégustation de bières</p> <p style="text-align: center;">19h00 Spectacle de danse et tambours donné par : « Les femmes au Tambour de Wendake »</p> <p style="text-align: center;">20h00 Souper partage à saveur "Huron-Wendat"</p>	<p style="text-align: center;">17h30 Cocktail</p> <p style="text-align: center;">19h00 Banquet commémoratif du 25^e anniversaire avec les membres fondateurs, les membres honoraires, les anciens présidents et les récipiendaires du prix Auguste Scott et Remise des prix de l'AQSSS</p>	

DATES IMPORTANTES

- Réception des titres : 8 avril 2011
- Réception des résumés : **29 avril 2011**
- Inscription à prix réduit : **29 avril 2011**

La réservation de chambres avec petits déjeuners doit être faite par les participants directement à l'Hôtel-Musée Premières Nations de Wendake (418 847-2222; 1-866-551-9222; Courriel : info@hotelpremieresnations.ca)
Pour de plus amples détails, visitez nos sites Internet : www.aqsss.com

Mardi 24 mai 2011

Soirée

ARRIVÉE : SOUPER et SOIRÉE LIBRES
Hôtel-Musée Premières Nations de Wendake

Mercredi 25 mai 2011 - AM

8h00 – 8h55

INSCRIPTION
Hôtel-Musée Premières Nations de Wendake

8h55 – 9h00

Ouverture
Anne Vanasse, présidente de l'AQSSS

9h00 – 12h00

FORUM – Salle Wendake
Les sciences du sol au 21^e siècle :
Défis à relever pour une ressource à préserver
Modérateur : Martin Chantigny

9:00 **Les tourbières boréales : dynamique du carbone (CO₂ et CH₄) et changements climatiques.**
MICHELLE GARNEAU

9:30 **Le semis direct dans les Prairies canadiennes : impact sur la qualité et productivité des sols.**
GUY LAFOND

10:00 PAUSE

10:15 **Travaux et interdisciplinarité en agropédologie : les prochaines années.**
GILLES GAGNÉ

10:45 **Écosystèmes agricoles au 21^e siècle : espace compositionnel, cinétique fractale et méta-analyse.**
LÉON-ÉTIENNE PARENT

11:15 **DISCUSSION**

12h00 – 13h15

DÎNER

13h15 – 14h15

SESSION D’AFFICHES I

- 1. Plant carbon allocation and humification coefficients based on long-term field experiments – case studies from Sweden.**
MARTIN A BOLINDER, THOMAS KÄTTERER, OLOF ANDRÉN AND HOLGER KIRCHMANN
- 3. Surveillance environnementale et géochimique de surface dans le cadre d’un projet de séquestration géologique du CO₂ : paramètres à l’étude et cadre juridique.**
SÉBASTIEN LANGE, MICHEL MALO, JEAN-PHILIBERT MOUTENET ET MAXIME CLAPROOD
- 5. Impact environnemental des sources d’azote sur la production de biomasse à partir de plantes pérennes.**
ATHYNA N. CAMBOURIS, NOURA ZIADI, GILLES BÉLANGER ET GAÉTAN PARENT
- 7. Potentiel de dénitrification et ratio N₂O:N₂ de divers sols de prairies agricoles de l’ouest de la Norvège.**
MARIE-EVE BERNARD, JOANN K. WHALEN, HANNA SILVENNOINEN, PHILIPPE ROCHETTE, SISSEL HANSEN ET PETER DÖRSCH
- 9. Caractérisation de l’infiltration dans les sols boréaux québécois : étude de l’interface ‘sols – atmosphère’ sur deux tourbières minérotrophes du milieu boréal québécois.**
GREGOR LEVREL, ALAIN N. ROUSSEAU ET PIERRE LAFRANCE
- 11. Lutte au nématode doré : Impacts des traitements sur les populations microbiennes du sol.**
RICHARD HOGUE ET THOMAS JEANNE
- 13. Spatial and temporal variability of soil biological activity in the Province of Québec, Canada (45-58 °N, 1960-2009) - calculations based on climate records.**
JEROME GOULET-FORTIN, MARTIN A. BOLINDER, FRANÇOIS ANCTIL, OLOF ANDRÉN, THOMAS KÄTERRER, REINDER DE JONG AND LÉON-ÉTIENNE PARENT
- 15. Utilisation du plomb et des ratios isotopiques du Pb pour identifier les traces de contamination des sols en zone agricole et riparienne (Sud du Québec, Canada).**
DIANE SAINT-LAURENT, FRANCIS BARIL ET MARLIES HÄHNI
- 17. Étude lysimétrique de la lixiviation du phosphore selon le type de sol et de fertilisant.**
GREGORY MUSSET, MARTIN H. CHANTIGNY, ISABELLE ROYER, DENIS A. ANGERS, ANNE VANASSE, SAFYA MENASSERI-AUBRY, THIERRY MORVAN, PHILIPPE ROCHETTE ET J. DOUG MACDONALD
- 19. Quantifying nitrogen export from tile drained agricultural fields in the Pike River watershed during fall rainfall events.**
SOGOL RASOUL, SIMON-CLAUDE POIRIER, AUBERT A. MICHAUD, JOANN K. WHALEN AND CHANDRA A. MADRAMOOTOO

21. La refonte des normes et procédure de conception d'ouvrages hydrauliques en milieu rural.

ARIANE DROUIN, AUBERT MICHAUD, ROBERT LAGACÉ, ALAIN MAILHOT, GUILLAUME TALBOT, DAVID HUARD, SÉBASTIEN BINER, NESTOR-PAUL ROCHA ET OLIVIER LE BOURGEOIS

23. Évaluation de la recharge des aquifères de la Montérégie par modélisation hydrologique à l'aide de SWAT.

ISABELLE BEAUDIN, IVANA ST-LAURENT, AUBERT MICHAUD, NICOLAS BENOIT, HAROLD DUSABLON, JEAN-MARC BALLARD, MARC-ANDRÉ CARRIER ET RENÉ LEFEBVRE

Mercredi 25 mai 2011 - PM

14h15 – 16h45

SESSION I – Émissions de GES et gestion des sols

Session simultanée avec Session II

Modérateur : Louis Robert

14:15 Mesure des flux de N₂O et de CO₂ sur les sols agricoles en période hivernale – Mise au point technique et premiers résultats.

MARTIN CHANTIGNY, PHILIPPE ROCHETTE ET DENIS A. ANGERS.

14:30 Nitrous oxide emissions from silty clay and sandy loam soils following applications of mineral nitrogen fertilizer and three manure types.

DAVID PELSTER, MARTIN CHANTIGNY, PHILIPPE ROCHETTE, DENIS ANGERS AND ANNE VANASSE

14:45 Comment définir le potentiel d'émission de N₂O des amendements organiques? Proposition d'une méthode standard.

ANAÍS CHARLES, PHILIPPE ROCHETTE, JOANN WHALEN, DENIS ANGERS, MARTIN CHANTIGNY ET NORMAND BERTRAND

15:00 Émissions de protoxyde d'azote suivant l'application d'engrais minéraux et organiques sur une prairie agricole de l'ouest de la Norvège.

MARIE-EVE BERNARD, JOANN K. WHALEN, SISSEL HANSEN, PHILIPPE ROCHETTE ET PETER DÖRSCH

15:15 PAUSE

Commanditée par l'Institut de recherche et de développement en agro-environnement



Institut de recherche
et de développement
en agroenvironnement

15:45 Pour assurer une meilleure productivité des sols, améliorer leur santé physique et biologique.

ODETTE MÉNARD

16:00 Incorporation du C et de l'N dans les agrégats de sol lors de la décomposition des résidus de culture dans les horizons superficiel et profond

VINCENT POIRIER, DENIS ANGERS ET JOANN WHALEN

- 16:15 **Minéralisation accrue dans un sol forestier boréal après deux années de chauffage expérimental du sol et d'apports atmosphériques azotés.**
LOÏC D'ORANGEVILLE, BENOÎT CÔTÉ, DANIEL HOULE, LOUIS DUCHESNE ET HUBERT MORIN
- 16:30 **Étiologie du dépérissement de l'épinette blanche dans les Hautes-Laurentides.**
ROCK OUMET, JEAN-DAVID MOORE ET LOUIS DUCHESNE

Mercredi 25 mai 2011 - PM

14h15 – 16h45

SESSION II – Cartographie et gestion du territoire
Session simultanée avec Session I
Modératrice : Athyna Cambouris

- 14:15 **Utilisation de l'imagerie multispectrale pour la cartographie des propriétés physico-chimiques des sols : une approche multi-temporelle appliquée dans le bassin versant du ruisseau Ewing.**
JEAN-DANIEL SYLVAIN, AUBERT MICHAUD ET BÉNIÉ GOZE BERTIN
- 14:30 **Validation et analyse de sensibilité d'un modèle de prédiction de l'humidité du sol en Montérégie.**
SIMON PERREAULT, KAREM CHOKMANI, MICHEL C NOLIN ET GAÉTAN BOURGEOIS
- 14:45 **Étude de la sensibilité des données radar polarimétriques RADARSAT-2 à la texture de surface des sols (Cas d'un secteur de Rouville).**
MOHAMED ABOU NIANG, MICHEL C. NOLIN, ISABELLE PERRON, ANDRÉ MARTIN ET SIMON PERREAULT
- 15:00 **Cartographie numérique de la texture de surface des sols de la Montérégie à l'aide des données pédologiques disponibles en archive et des méthodes géostatistiques.**
MICHEL C. NOLIN, MOHAMED ABOU NIANG, ISABELLE PERRON, ANDRÉ MARTIN ET SIMON PERREAULT
- 15:15 **PAUSE**
- 15:45 **Analyse de sensibilité du modèle CATHY aux propriétés hydrodynamiques du sol d'un micro-bassin agricole drainé.**
MUSHOMBE MUMA, SILVIO J. GUMIERE, ALAIN N. ROUSSEAU, CLAUDIO PANICONI, ERIC VAN BOCHOVE, MICHEL NOLIN, LUC LAMONTAGNE ET WANHONG YANG
- 16:00 **Observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricoles: influences des paysages et des systèmes cultureux sur les transferts de sédiments et de phosphore**
AUBERT R. MICHAUD, JACQUES DESJARDINS ET ARIANE DROUIN
- 16:15 **Évolution de la teneur en P Mehlich-3 des sols agricoles de Chaudière-Appalaches en fonction du bilan des apports et des exportations de phosphore.**
MARC-OLIVIER GASSER, MARIE-HÉLÈNE PERRON, MICHÈLE GRENIER ET MARCEL GIROUX.
- 16:30 **L'écoconditionnalité : un outil économique de l'État incomplet.**
RAYMOND LEBLANC

Mercredi 25 mai 2011 - PM

17h00 – 18h30

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'AQSSS

18h30

**Dégustation de bières
Commanditée par**



archibald
microbrasserie

19h00

Spectacle de danse et tambours donné par
« Les Femmes au Tambour de Wendake enr. 2004 »

20h00

Souper partage
à saveur "Huron-Wendat"

Jeudi 26 mai 2011 - AM

8h00 – 8h30

INSCRIPTION Hôtel-Musée Premières Nations de Wendake

8h30 – 10h15

SESSION III – Gestion de l'eau *Modérateur : Michel Nolin*

- 8:30 **Calibration en laboratoire de quelques sondes de mesure au champ de la teneur en eau du sol.**
ISABELLE PERRON, ATHYNA N. CAMBOURIS ET MICHEL C. NOLIN
- 8:45 **Estimation des seuils d'irrigation par hydrodynamique.**
JEAN CARON, YANN PÉRIARD-LARRIVÉE ET SYLVAIN JUTRAS
- 9:00 **Gestion de la salinité en substrats sciure-tourbe.**
GUILLAUME LETOURNEAU, JEAN CARON, RÉMI NAASZ, D.E. ELRICK ET CAROLE BOILY
- 9:15 **Variabilité spatiale de la réserve en eau utile pour la plante en sols organiques sous culture maraîchère comme outil pour une gestion locale de l'irrigation.**
JONATHAN A. LAFOND, JEAN CARON, SYLVAIN JUTRAS ET YANN PÉRIARD
- 9:30 **Importance de maintenir une bonne infiltration pour assurer la durabilité des systèmes de drainage souterrain.**
GEORGES LAMARRE, ODETTE MÉNARD ET MYRIAM GAGNON
- 9:45 **Comparaison de la gestion globale et locale de l'irrigation de la laitue romaine en sol organique.**
YANN PÉRIARD-LARRIVÉE, JEAN CARON, SYLVAIN JUTRAS ET JONATHAN A. LAFOND
- 10:00 **Caractérisation des effluents des fermes de canneberge.**
SÉBASTIEN MARCHAND ET RÉMI ASSELIN

10:15 PAUSE

10h45 – 12h00

SESSION IV – Fertilité et fertilisation (partie I) *Modérateur : Nicolas Tremblay*

- 10:45 **Utilisation pendant neuf années consécutives de biosolides papetiers et résidus alcalins : effets sur le rendement et la qualité des cultures.**
BERNARD GAGNON ET NOURA ZIADI
- 11:00 **Effet à long terme des boues d'usine d'épuration municipale sur la croissance des arbres en plantation.**
ROCK OUIMET, ANNE-PASCALE PION ET MARC HÉBERT
- 11:15 **Variabilité à petite échelle des nitrates et phosphates adsorbés sur les membranes échangeuses d'anions.**
JUDITH NYIRANEZA, MICHEL C. NOLIN, NOURA ZIADI ET ATHYNA N. CAMBOURIS

11:30 **Disponibilité de l'azote et du phosphore dans les sols de bleuetières.**

JEAN LAFOND ET NOURA ZIADI

11:45 **Amélioration de l'efficacité du prélèvement de l'azote par l'utilisation d'urée à libération contrôlée.**

BERNARD GAGNON, NOURA ZIADI ET CYNTHIA GRANT

12h00 – 13h15

DÎNER

Jeudi 26 mai 2011 – PM

13h15 – 14h15

SESSION D’AFFICHES II

2. Nouvelles méthodes d'évaluation de la CEC des sols minéraux.

NICOLAS SAMSON, ELIZABETH PARENT, ANTOINE KARAM ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

4. Minéralisation de l'azote dans deux composts enrichis de chlorotétracycline.

SITHURAIN KENDE, ANTOINE KARAM ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

6. Effet d'une chaux dolomitique sur la phytodisponibilité de l'aluminium dans un podzol humo-ferrique.

LUC M.C. CASSÉUS, ANTOINE KARAM ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

8. Microencapsulated *Sinorhizobium meliloti* formulation as alfalfa inoculant.

ROJAN P. JOHN, TAREK ROUSSI, M. NAJIB, R.D. TYAGI, SATINDER K. BRAR, D. PREVOST ET R. Y. SURAMPALLI

10. Développement de formulations solides de *Sinorhizobium meliloti* à base de mélange tourbe-rejets industriels.

TAREK ROUSSI, MAHMOUDI AMIN, ROJAN P. JOHN, D. PREVOST, SATINDER K. BRAR ET R.D. TYAGI

12. Concentrations minimales et maximales des oligo-éléments dans les feuilles de bleuet sauvage.

JEAN LAFOND

14. Impact du travail du sol et de la fumure sur les rendements des cultures en orge continu et en rotation avec des plantes fourragères.

NICOLE BISSONNETTE, JEAN LAFOND, DENIS PAGEAU, RAYNALD DRAPEAU ET DENIS A. ANGERS

16. Production de tomates en serre en mélange organique sciure/tourbe.

CAROLE BOILY, JEAN CARON, GUILLAUME LÉTOURNEAU, STEEVE PEPIN, RÉMI NAASZ ET MARTINE DORAIS

18. Effet de zones tampon végétales (bandes enherbées et enherbées+arborées) sur la dégradation de l'herbicide atrazine en dééthylatrazine dans l'eau de ruissellement et de drainage.

EMMANUELLE CARON, PIERRE LAFRANCE, JEAN-CHRISTIAN AUCLAIR ET MARC DUCHEMIN

20. Mesure de l'évapotranspiration par micro-météorologie et bilan hydrique d'une culture de pomme de terre.

ANNIE-CLAUDE PARENT ET FRANÇOIS ANCTIL

22. Étude des effets de diverses pratiques culturales sur la croissance de la laitue et sur l'incidence de la brûlure de la pointe.

JENNIFER CORRIVEAU, LINDA GAUDREAU, JEAN CARON, SYLVIE JENNI ET ANDRÉ GOSSELIN

Jeudi 26 mai 2011 – PM

14h15 - 17h15

SESSION V – Fertilité et fertilisation (partie II)

Modérateur : Lucien Bordeleau

14:15 Améliorer les recommandations en engrais par des tests sur l'apport du sol en azote minéral.

NICOLAS TREMBLAY, BERNIE ZEBARTH ET ADRIEN N'DAYEGAMIYE

14:30 Impacts agro-environnementaux de divers fertilisants azotés sur la production de pomme de terre.

ATHYNA N. CAMBOURIS, BERNIE J. ZEBARTH, NOURA ZIADI, CYNTHIA GRANT ET CRAIG DRURY

14:45 Réponse à la fertilisation azotée du maïs selon différentes rotations.

ADRIEN N'DAYEGAMIYE

15:00 Développement de formulation en poudre de *Sinorhizobium meliloti*.

TAREK ROUISSI, ROJAN P. JOHN, MAHMOUDI AMIN, DANIELLE PREVOST, SATINDER K. BRAR ET MÉLANIE LOURO

15:15 PAUSE

15:45 Dissolution biologique des phosphates : état des connaissances et perspectives d'avenir.

PAOLA MAGALLON SERVIN, SALMA TAKTEK, MARTIN TREPANIER, ANTOINE DIONNE ET HANI ANTOUN

16:00 Disponibilité du phosphore du sol : influence du travail du sol et de la fertilisation minérale.

NOURA ZIADI, AIMÉ JEAN MESSIGA, CHRISTIAN MOREL, GILLES TREMBLAY ET LÉON ETIENNE PARENT

16:15 Relation entre le statut du phosphore du sol et le bilan de P dans une prairie de fléole des prés.

AIME JEAN MESSIGA, NOURA ZIADI, GILLES BÉLANGER ET CHRISTIAN MOREL

16:30 Efficacité de la fertilisation foliaire des cultures.

LOTFI KHIARI

16:45 Concentrations en cadmium des grains de maïs et de blé panifiable sous les conditions du Québec.

NOURA ZIADI, GILLES BÉLANGER, XIANGLAN LI ET BERNARD GAGNON

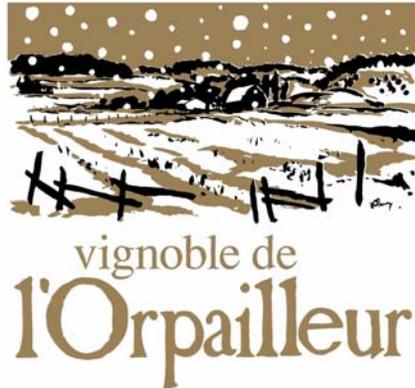
17:00 Utilisation du bilan nutritif et ses limitations.

MICHEL CESCAS

Jeudi 26 mai 2011 – PM

À partir de 17h30

**Cocktail
Commandité par**



19h00

**Banquet commémoratif du 25^e anniversaire
avec les membres fondateurs,
les membres honoraires,
les anciens présidents et
les récipiendaires du prix Auguste Scott
et
Remise des prix de l'AQSSS**

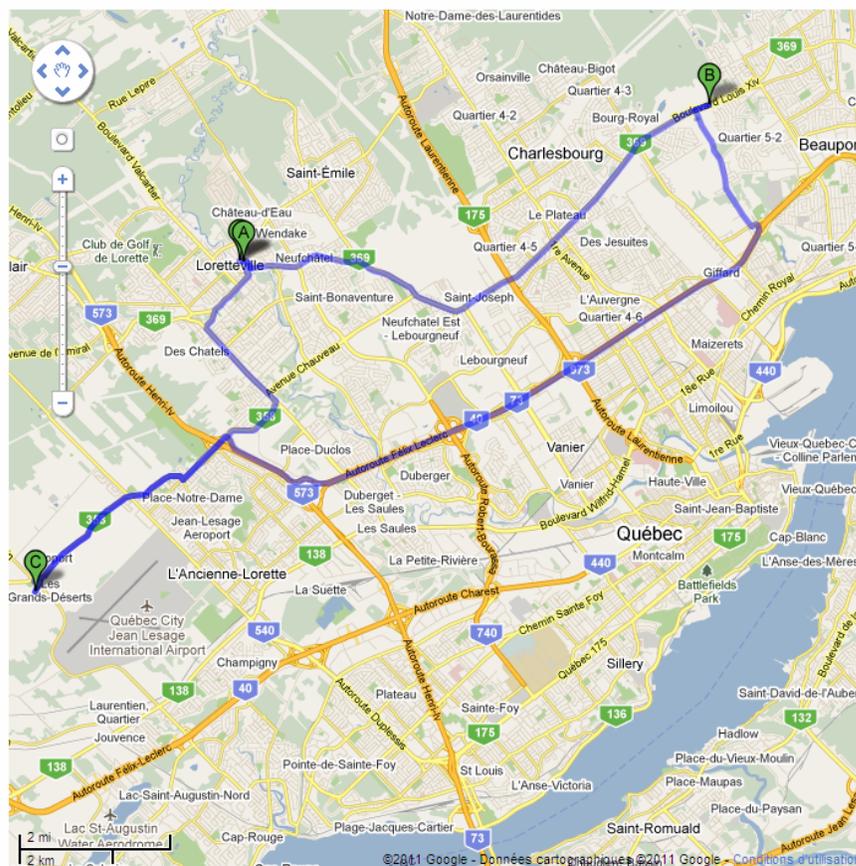
Vendredi 27 mai 2011

8:15 – 15:00

TOURNÉE POST-CONGRÈS DANS LA RÉGION DE QUÉBEC

Horaire et personnes-ressources	Sites visités
8h15 Rassemblement Lucie Grenon	A- Lobby de l'Hôtel-Musée Premières Nations de Wendake
8h30	Visite guidée des différents sites culturels et patrimoniaux du vieux Wendake (le Musée, la maison Tsawenhohi, l'église Notre-Dame-de-Lorette, la fresque des Wendat et la chute Kabir Kouba).
10h30 François Demers, agronome	B- Ferme Bédard et Blouin inc. 2157, boul. Louis XIV, Québec. Ferme maraîchère avec comptoir de ferme et centre Jardin (qualité du sol, nombreuses cultures : cucurbitacées, crucifères, légumineuses, etc., sur de nombreux types de sol, profils de sols).
12h00 Dîner	À la Ferme Bédard
13h30 Bayazid Adda, agronome	C- Ferme Laser Inc. 3125 rang des Beaumont, Québec. Innovation en grandes cultures, travail réduit, semis direct, fertilisation raisonnée et profils de sols.
15h00 Fin	A- Retour à l'Hôtel-Musée

A- Hôtel-Musée Premières Nations
 B- Ferme Bédard et Blouin inc. 2157, boul. Louis XIV, Québec
 C- Ferme Laser Inc. 3125 rang des Beaumont, Québec



Hôtel-Musée Premières Nations
 5 Place de la Rencontre, QC G0A 4V0, Canada - (418) 847-2222

RÉSUMÉS DU FORUM

**«Les sciences du sol au 21^e siècle :
Défis à relever pour une ressource à préserver »**

Les tourbières boréales : dynamique du carbone (CO₂ et CH₄) et changements climatiques

MICHELLE GARNEAU

Titulaire de la Chaire DÉCLIQUE (Dynamique des Écosystèmes tourbeux et changements CLImatiQUEs), Département de géographie et GEOTOP, Université du Québec à Montréal

Gameau.michelle@uqam.ca

Les tourbières représentent la catégorie de milieux humides la plus répandue sur la planète. Elles couvrent une superficie de plus de 400 millions d'hectares et renferment au-delà de 30% du carbone total des sols, ce qui équivaut à plus de la moitié du carbone atmosphérique total. Quatre-vingt-dix pourcent des tourbières se situent dans les zones tempérées et froides de l'hémisphère nord (boréal et subarctique) où les conditions fraîches et humides favorisent des bas taux de décomposition de la matière organique. L'accumulation lente de la matière organique qui excède sa décomposition forme donc un puits naturel de carbone. Au Canada, le contenu en carbone organique stocké dans les tourbières atteindrait 147 Gt, ce qui représente approximativement 56% du carbone total de l'ensemble des sols du pays.

Au Québec, malgré leur grande superficie terrestre (entre 9 et 12% du territoire), les études portant sur la dynamique du carbone des tourbières boréales sont encore assez rares. Les changements environnementaux actuels comme la hausse globale des températures, le changement du régime des précipitations, la fonte du pergélisol, l'assèchement ou le drainage de certains milieux risquent de transformer ces milieux de puits en source de carbone (CO₂ et CH₄), perturbant ainsi leur équilibre biogéochimique dont la dynamique n'est pas suffisamment comprise. Les prédictions climatiques produites par le Modèle régional de Climat du Consortium Ouranos prévoient d'ici 2050 pour la région du Centre du Québec (approx. 50 et 55° N) une augmentation des températures de +3 à +5° C en hiver et de +2 à +3,5 C° C en été ainsi qu'une augmentation des précipitations de 4 à 32% en hiver et de -2 à +13% en été. Ces changements auront des conséquences importantes sur les écosystèmes comme les tourbières dont l'intégrité écologique en termes de puits capables de séquestrer naturellement le carbone atmosphérique, risque d'être perturbée.

Un scénario d'augmentation des températures sans augmentation des précipitations aurait pour effet d'accroître l'évaporation et l'évapotranspiration, d'abaisser les nappes phréatiques et par conséquent de favoriser la décomposition de la matière organique des tourbières en relâchant une importante quantité de dioxyde de carbone (CO₂) vers l'atmosphère. Une augmentation probable des précipitations annuelles aurait quant à elle comme conséquence de rehausser le niveau des nappes phréatiques et peut-être ainsi favoriser, avec une température plus clémente (température moyenne et durée de saison de croissance), une augmentation de l'activité des bactéries méthanogènes au détriment de l'activité des bactéries méthanotrophes (bactéries qui se nourrissent de méthane) et donc des émissions plus importantes de méthane vers l'atmosphère. Rappelons que le méthane est le 3^{ième} gaz à effet de serre le plus important en tant que source de réchauffement climatique (23 fois plus puissant que le CO₂ sur 100 ans, et bien plus sur 20 ans). Plus au nord, le réchauffement qui a commencé à faire fondre le pergélisol impliquera, au cours des prochaines années/décennies, un dégel des tourbières et donc un relâchement important de gaz à effet de serre. Tous ces changements risquent de provoquer une augmentation plus rapide des concentrations du carbone (CO₂ et CH₄) dans l'atmosphère que ce qui est projeté à partir des scénarios climatiques, accélérant ainsi la boucle de rétroaction positive sur le changement du climat.

Le semis direct dans les Prairies canadiennes : impact sur la qualité et productivité des sols

GUY P. LAFOND¹, FRAN WALLEY², W.E. MAY¹ ET C.B. HOLZAPFEL³

¹Agriculture and Agri-Food Canada, RR#1 Gov Rd, Box 760, Indian Head, SK, Canada S0G2K0;

²Dept of Soil Science, University of Saskatchewan, 51 Campus Dr, Saskatoon, SK, Canada, S7N5A8;

³Indian Head Agricultural Research Foundation, RR#1 Gov Rd, Box 156, Indian Head, SK, Canada, S0G2K0

guy.lafond@agr.gc.ca

La superficie mondiale des terres arables était de 1,35 milliard d'hectares en 2009. La superficie de terres arables par personne était de 0.45 ha en 1960, 0.26 ha en 1999 et 0.20 ha en 2009. L'Amérique du Nord comprend 17.1 % des terres arables mondiales. Présentement, 92 à 99 % de l'alimentation humaine provient des terres arables mais environ 68 % de celles-ci sont affectées par une forme ou l'autre de dégradation. En fait, 0.3 à 0.8 % des terres arables mondiales deviennent inadéquates à tous les ans du à la dégradation et 84 % de cette dégradation est causée par le vent et/ou l'eau. Si la population mondiale augmente tel que prévu à 9.7 milliards en 2050, la superficie de terre arable par personne sera 0.137 ha. La superficie totale de terre arable est en décroissance à cause de la dégradation et de "l'urbanisation". Le défi est donc d'intensifier la production par unité de surface, de protéger les sols arables présents et d'augmenter la productivité des sols disponibles. La solution à long terme est l'adoption des principes de l'agriculture de conservation, c'est-à-dire le travail minimal du sol, les associations et les rotations culturales et la couverture permanente du sol. Les objectifs de cette étude sont de comparer le semis-direct à court-terme avec le semis-direct à long-terme sur la qualité du sol et les rendements de blé de printemps et de canola. Deux champs adjacents ont été comparés pour leur durée en semis-direct (9 ans vs 31 ans). Les deux champs ont été comparés entre-eux et aussi avec une prairie naturelle située à proximité. Au printemps 2003, les sols des deux champs ainsi que ceux de la prairie intacte ont été échantillonnés. Les échantillons ont été analysés pour obtenir la densité du sol à 0-15 cm et 15-30 cm ainsi que la teneur en carbone et azote organique. Les échantillons ont aussi été utilisés pour déterminer le potentiel de «minéralisation» de l'azote par deux méthodes. Par la suite, une étude en sous-parcelles a été superposée sur chaque champ comprenant cinq taux d'azote. Les mêmes parcelles avec les mêmes taux d'azote ont été utilisées chaque année. La densité des plantes, les rendements, la teneur du grain en azote ainsi que la teneur en nitrates dans le sol ont été mesurés chaque année. Les prairies naturelles ont démontré les plus hauts niveaux de carbone et d'azote organique suivi du semis direct à long terme et ensuite le semis direct à court terme. La réponse à l'azote était plus élevée pour le semis direct à long terme que pour le semis direct à court terme pour les rendements et la teneur en protéine et azote des grains. Les rendements de blé de printemps et de canola étaient 14 et 16 % plus élevés pour le semis direct à long terme que pour le semis direct à court terme, respectivement. Les résultats de cette étude ont démontré que le semis direct à long terme accompagné d'une fertilisation azotée adéquate est essentiel pour maintenir les ressources et la productivité des sols à long terme dans les prairies canadiennes.

Travaux et interdisciplinarité en agropédologie : les prochaines années

GILLES GAGNÉ¹ ET LÉON-ÉTIENNE PARENT²

¹Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700, rue Einstein, Québec

²Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec

gilles.gagne@irda.qc.ca

Mots clés : pédologie, agropédologie, fertilité, fertilisation, conservation

La performance agroenvironnementale des fermes du Québec repose en grande partie sur la connaissance de la relation entre le potentiel de rendement, la pérennité de la production et la qualité des sols. L'agropédologie est la discipline de la pédologie dédiée à l'évaluation de la qualité des sols agricoles selon leurs propriétés chimiques, physiques et biologiques (Bulgakov, 2009). La qualité des sols est leur capacité à accomplir des fonctions, comme produire des aliments et des fibres, réagir à un traitement, décontaminer ou servir de support aux infrastructures. La qualité des sols agricoles varie selon leur genèse, leur potentiel productif et leur niveau de dégradation (compaction, perte de MO, lessivage, érosion, acidification, etc.). Les critères de qualité sont basés sur des données pédologiques et agronomiques permettant de les regrouper en classes relativement homogènes. Ils sont aussi déduits d'équations de pédotransfert (potentiel de minéralisation, sensibilités à l'érosion, au lessivage et à la compaction, classement hydro-pédologique, etc.). Les données pédologiques sont colligées sur l'ensemble du territoire du Québec depuis 1937. Les sols en culture du Québec méridional ont fait l'objet d'une couverture pédologique avec une caractérisation physique et chimique des sols, sauf pour les comtés de Matane et de Matapédia où les travaux ont débuté en 2009 (Gagné et Leblanc, 2010). Les études pédologiques ont été publiées entre 1943 et 2005 et couvrent 52 comtés ou regroupements de comtés. C'est ainsi que 689 séries de sols (ou noms de sols) ont été décrites et cartographiées au Québec. L'acquisition de données et des mises à jour doivent se poursuivre en utilisant les nouvelles technologies. Des travaux futurs viseront l'uniformisation et la corrélation des séries de sols afin de produire une base de données descriptives et cartographiques unifiée et cohérente pour l'établissement de groupes homogènes d'aménagement (Lamontagne et Nolin, 1997). Une meilleure corrélation est requise pour plusieurs régions pédologiques. Par ailleurs, la jonction cartographique entre les comtés est souvent déficiente en raison d'échelles peu compatibles, de concepts de série non corrélés ou d'écoles de pensée différentes. L'utilisation de la stéréoscopie avec des photos aériennes numériques (logiciel PurView ou autres), jumelée avec d'autres couches d'informations dont des données terrain, permettrait d'effectuer directement à l'écran d'ordinateur le découpage de délimitations cartographiques unifiées. Cette approche a été expérimentée avec succès pour le projet de cartographie préliminaire des sols des comtés de Matane et Matapédia. La mise à jour de l'étude pédologique des comtés de Stanstead, Richmond, Sherbrooke et Compton produite au 1 : 126 720 (2 milles au pouce) en 1943 pourrait être réalisée avec cette technologie. Par ailleurs, les connaissances acquises sur les sols ont demandé de grands efforts de collecte de données sur le terrain et d'analyses de laboratoire. Il n'existe pourtant aucun fichier permettant d'établir des liens entre la classification et les caractéristiques des sols, les cultures, les pratiques de gestion et le climat. Les essais de fertilisation contiennent généralement des métadonnées sur l'analyse de sol, la localisation approximative, l'année et la série de sols. Les recommandations actuelles d'engrais sont effectuées par classe de fertilité (analyse chimique du sol) sans tenir compte des interactions avec le climat, la pédologie et la conservation des sols. Il faut géo-référencer, archiver, mettre à jour et modéliser ces données afin de concevoir, structurer et offrir un service d'aide à la décision sur des recommandations plus précises au niveau des interactions. On doit établir des bases scientifiques communes, publiques et structurées dédiées à des applications dans les domaines de la pédologie, de la fertilité et de la fertilisation des sols, de la conservation des sols et de l'eau, de l'agriculture de précision et du conseil agronomique. Un métafichier générique peut fournir l'information aux chercheurs et intervenants agricoles dans un contexte local ou régional en regard des sols et du climat. Pour les conseillers agricoles, un SIAD en gestion spécifique des sols permettrait de mieux adapter les plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF) et les bonnes pratiques aux caractéristiques des sols. Afin d'assurer le succès et la pérennité d'un tel projet, les agronomes menant des essais sur le terrain devront disposer des outils et procédures nécessaires pour alimenter adéquatement la base de données.

Références

Bulgakov, D.S. 2009. Modern aspects of agropedology: The development of the agronomic and agrarian ideas of N.N.

Rozov. Eurasian Journal of Soil Science. 42(12:1404-1407).

Gagné, G. et Leblanc M. 2010. Étude pédologique des sols défrichés des régions de Matane et de La Matapédia (phase préliminaire 1 : 50 000). IRDA et CDAQ. 61 pages et 1 carte.

Lamontagne, L. et Nolin M. 1997. Cadre pédologique de référence pour la corrélation des sols. Bulletin d'extension no 7. AAC. 69 p.

Écosystèmes agricoles au 21^e siècle : espace compositionnel, cinétique fractale et méta-analyse

LÉON ÉTIENNE PARENT

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec G1V 0A6
Leon-etienne.parent@fsaa.ulaval.ca

Mots clés : interactions, simplex, log ratio, métafichier, métadonnées

L'analyse des écosystèmes agricoles pose de nouveaux défis aux spécialistes en sciences du sol. En effet, les modèles développés au cours du 20^e siècle supposent que des paramètres indépendants et libres de varier entre $\pm\alpha$ peuvent être évalués sur la base des erreurs de type I et II. Ces modèles négligent les interactions sur la base de fausses prémisses, ce qui produit des erreurs de type IV. Trois approches ont été proposées pour éviter ces problèmes (1) La géométrie fractale a été appliquée à la fragmentation des agrégats de sol par Rieu et Sposito (1991). Comme l'agrégat est un objet fractal qui se reproduit de façon imparfaite lors de la fragmentation (tamisage), on a obtenu des dimensions fractales < 2 ou > 3 , des impossibilités géométriques. Ceci est dû à de fausses prémisses sur le diamètre, la masse volumique apparente et la forme des agrégats lors du comptage des particules sur les tamis. Par extension, la cinétique fractale pourrait décrire la variation du taux de décomposition de la MO selon la grosseur des agrégats qui varie dans le temps. L'analyse compositionnelle pourrait remplacer l'analyse fractale pour obtenir une évaluation non biaisée de la séquestration du carbone dans les sols. (2) Puisqu'une composition forme un système clos ou simplex contraint entre 0 et 100%, les proportions, dont les intervalles de confiance ne peuvent chevaucher 0 ou 100%, n'ont pas de distribution normale. Au moins une composante est redondante car elle peut être calculée par différence, produisant de fausses corrélations qui biaisent les résultats de l'ANOVA, de la régression et de l'analyse en composantes principales. Le nombre de variables indépendantes doit donc se limiter à $D-1$ expressions pour D composantes. Egozcue et Pawlowski-Glahn (2005) ont développé le concept des logratios isométriques séquentiels disposés sur des axes orthonormés pour ordonner dans un espace Euclidien les données compositionnelles organisées selon une théorie et où les fausses corrélations sont éliminées. La science agronomique dispose de théories bien définies sur l'agrégation ou les interactions entre éléments nutritifs dans le sol et la plante. (3) La méta-analyse est une procédure permettant de traiter des métafichiers poursuivant le même objectif agronomique ou environnemental. Le modèle mixte regroupe les sites d'essais selon les interactions dominantes entre le climat, le sol, la culture, les éléments nutritifs, etc. et mesure l'homogénéité du groupe tout en tenant compte de la variance des sites. Valkama et al. (2009) ont utilisé les méta-analyses pour modéliser les essais de fertilisation phosphatée en formant des catégories basées sur l'analyse de sol et en supposant un niveau suffisant de autres facteurs, négligeant ainsi les interactions. Comme l'analyse de systèmes requiert un grand nombre de groupes car l'ajout d'une interaction double le nombre de sites nécessaires à la résolution du système, la méta-analyse au niveau des interactions est exigeante en données expérimentales. Les chercheurs doivent se regrouper en réseau pour résoudre des problèmes complexes en gestion des sols. Avec la cinétique fractale, l'analyse compositionnelle et la méta-analyse, la science du sol pourra relever de nouveaux défis au 21^e siècle.

Références

- Egozcue, J. J. and Pawlowsky-Glahn, V. 2005. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. *Mathematical Geology* 37, 795-828.
- Koppelman, R. 1988. Fractal reaction kinetics. *Science Magazine* 241(4873), 1620-1626.
- Rieu, M. and Sposito, G. 1991. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. *Soil Science Society of America Journal* 55, 1231-1238.
- Valkama, E. et al. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130, 75-85.

SESSION D’AFFICHES I

RÉSUMÉS

Plant carbon allocation and humification coefficients based on long-term field experiments – case studies from Sweden

MARTIN A. BOLINDER^{1,2}, THOMAS KÄTTERER², OLOF ANDRÉN² AND HOLGER KIRCHMANN²

¹Department of Civil and Water Engineering, Université Laval, Québec, Canada.

²Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden.

Martin.Bolinder@slu.se

Keywords: soil organic C, crop residues, roots, carbon balance.

Introduction

Soil organic C (SOC) dynamics depends on and affects several properties and processes, such as soil quality and C sequestration. The annual C inputs to soil from crop residues (including root turnover) can be calculated from crop yield and plant C allocation coefficients. The coefficients are crucial for estimating humification coefficients of various crop residues. These two coefficients are key parameters in modeling SOC balances. Our objectives here are to present results from two long-term experiments (covering a 50-year time period) in Sweden. We use the results to validate and refine these coefficients for small-grain cereal and forage crops.

Materials and methods

The ‘Ultuna’ experiment is located in Central Sweden with soil and climatic characteristics similar to conditions in Central Quebec. Changes in SOC stocks were recorded for a clay loam, where crop rotations dominated by small-grain cereals were grown in small plots. The second experiment (‘Offer’ site) is located in northern Sweden and has similar characteristics to the Lake St-John region in Quebec. Total changes in SOC stocks were calculated for a silty clay loam, where a 6-yr forage-based crop rotation (i.e., 1-yr of insown barley followed by 5-yr forage) was grown in six large plots. Both experiments were initiated in 1956, and are well documented and ongoing. Changes in SOC stocks were calculated for the arable soil layer using the ‘equivalent soil mass’ concept. The annual C inputs to soil were calculated according to coefficients proposed by Bolinder et al. (2007). At Ultuna, humification coefficients were estimated from the fraction of total C input that still remained in the arable layer. The ICBM approach was used to model SOC dynamics for the Offer site (Andrén and Kätterer, 1997).

Results and discussion

Results from Ultuna show that roots contribute more to relatively stable SOC pools than the same amount of shoot-derived C; the optimized humification coefficient for roots was about twice as high. A sensitivity analysis showed that the assumptions underlying the plant C allocation coefficients used to estimate annual C inputs to soil for small-grain cereals were reasonable (Kätterer et al. 2011). At Offer, SOC stocks had increased by almost 1 Mg ha⁻¹ for the forage-based rotation, indicating the high SOC sequestration potential for this type of agroecosystem (Bolinder et al. 2010). Simulations of final SOC stocks made with ICBM was accurate for most of the 6 large plots, indicating that the plant C allocation coefficients used for forage crops are fairly reliable. This latter experiment is subject to further sampling and analysis within the project *The impact of perennial leys in crop rotations on soil C balances*, where we examine if changes in SOC stocks are also detectable in deeper soil layers.

References

- Andrén and Kätterer, 1997. *Ecological Applications*. 7: 1226-1236.
Bolinder, M.A., et al. 2007. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 118: 29-42.
Bolinder, M.A., et al. 2010. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 138: 335-342.
Kätterer, T., et al. 2011. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 141: 184-192.

Surveillance environnementale et géochimique de surface dans le cadre d'un projet de séquestration géologique du CO₂ : paramètres à l'étude et cadre juridique

SÉBASTIEN LANGE, MICHEL MALO, JEAN-PHILIBERT MOUTENET ET MAXIME CLAPROOD

Institut national de la recherche scientifique, Centre - Eau Terre Environnement, Chaire de recherche sur la séquestration géologique du CO₂, 490, rue de la Couronne, Québec (Québec) G1K 9A9 Canada
Sebastien.Lange@ete.inrs.ca

Mots clés : séquestration géologique du CO₂, monitoring géochimique de surface

Depuis quelques années, la séquestration géologique du CO₂ est une alternative envisagée pour atténuer les teneurs en CO₂ atmosphérique. Des projets ont vu le jour un peu partout à travers le monde à la fois dans des zones désertiques et dans des zones habitées. Dans les zones habitées, les remontées de CO₂ via un réseau de failles ou le long de puits de forage peuvent être préoccupantes pour les acteurs locaux. En conséquence, outre tous les aspects liés à la géologie du réservoir (superficie, capacité, etc.), il est essentiel d'évaluer les enjeux sociaux liés à l'implantation de cette nouvelle technologie et donc d'effectuer une surveillance environnementale constante avant, pendant et après l'implantation d'un tel projet (de Donato *et al.* 2011; Rouchon *et al.* 2011). Cette technologie étant récente, l'encadrement juridique de la surveillance environnementale et géochimique pré-injection est encore vague et donc souvent adapté au besoin pour chaque projet de séquestration géologique du CO₂. Au Québec, le projet pilote envisagé d'injection de CO₂ se situe dans le bassin hydrographique des Basses Terres du Saint-Laurent dans la région de Bécancour et englobe un parc industriel, des zones municipales, des zones agricoles privées et des boisés. Dans cette zone, le risque est jugé minime du fait de l'épaisseur et de la nature des formations géologiques recouvrant les formations ciblées comme réservoir pour l'injection. Bien qu'aucune réglementation spécifique à la surveillance environnementale et géochimique pré-injection n'existe, *a priori*, tant dans la réglementation provinciale que fédérale, un suivi environnemental constant est nécessaire pour vérifier et au besoin identifier ces risques. Dans le cadre du projet-pilote, le patron de distribution pré-injection du CO₂ à la surface du sol sera caractérisé pour statuer sur d'éventuelles remontées post-injection de CO₂ dues à des fuites provenant du réservoir géologique. Pour cela, il faut initialement procéder à une caractérisation régionale de différents paramètres tels que les teneurs en CO₂ pré-injection et les ratios isotopiques du ¹³C. Cette caractérisation servira de référence et sera considérée comme étant représentative des teneurs «naturelles» du site incluant les effets naturels tels que la respiration racinaire, la dégradation de matière organique, les sources anthropiques et les zones naturelles d'émissions, comme des failles. L'identification des risques passe aussi par la caractérisation d'autres paramètres tels que des données physico-chimiques des sols (densité, teneur en eau, teneur en carbone organique total) et la concentration des gaz dans le sol (CO₂, CH₄ et hydrocarbures). Nous présenterons donc les paramètres considérés concernant la surveillance environnementale et l'identification des zones à risques où les émissions gazeuses en surface pourraient être plus élevées. Également, nous ferons un résumé de l'encadrement juridique naissant spécifique à la surveillance environnementale et géochimique pré-injection qui est utilisé pour différents projets de séquestration géologique du CO₂ à travers le monde.

Références

- de Donato, P., J. Pironon, J. Sterpenich, A. Laurent, M. Piedevacheb, Z. Pokryszka, N. Quisel, Barrèsa, O. Thomas and N. Rampnoux (2011). "CO₂ flow baseline: key factors of the geochemical monitoring program of future CO₂ storage at Claye-Souilly (Paris basin)." *Energy Procedia* 4(GHGT-10): 5438-5446.
- Rouchon, V., C. Magnier, D. Miller, C. Bandeira, R. Gonçalves and R. Dino (2011). "The relationship between CO₂ flux and gas composition in soils above an EOR-CO₂ oil field (Brazil): a guideline for the surveillance of CO₂ storage sites." *Energy Procedia* 4(GHGT-10): 3354-3362.

Impact environnemental des sources d'azote sur la production de biomasse à partir de plantes pérennes

ATHYNA N. CAMBOURIS¹, NOURA ZIADI¹, GILLES BÉLANGER¹, GAÉTAN PARENT² ET RAYNALD DRAPEAU³

¹ AAC, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3

² AAC, Édifice Jules Dallaire, 2828, Boul. Laurier, Local 640, Québec, QC, G1V 0B9

³ AAC, Ferme Expérimentale de Normandin, Normandin, Québec, G8M 4K3

Athyna.Cambouris@agr.gc.ca

Mots clés : azote résiduel du sol, lessivage des nitrates, boues municipales, lisier porcin

L'utilisation de terres fertiles en production de cultures annuelles destinées à la valorisation énergétique a été une alternative étudiée (Keoleian et Volk, 2005; Kim et Dale, 2005). Cette pratique s'avère par contre peu viable des points de vue éthique et économique. Le Québec présente un grand potentiel de production de graminées pérennes sur des terres marginales. La production de biomasse végétale à partir de sources de fertilisants peu coûteux tel que les lisiers porcins et les boues municipales peut être une alternative très intéressante à l'utilisation d'engrais minéraux. Les objectifs de cette présentation sont d'évaluer l'effet de sources de fertilisants peu coûteux ou peu utilisés sur le potentiel de production à la première année de biomasse végétale à partir d'alpiste roseau et de panic érigé et d'évaluer l'impact environnemental de cette production à deux sites situés dans des zones climatiques contrastantes du Québec (Normandin et Lennoxville).

Les graminées pérennes ont été implantées en 2008. L'application des différents traitements de fertilisation a débuté au printemps 2009. Le dispositif expérimental est en tiroir avec en parcelles principales les deux espèces et en sous-parcelles, 11 traitements de fertilisation [i.e. un factoriel de 3 sources (engrais minéral : EM ; Lisier porcin : LI; Boues municipales : BM) et 3 doses de N (40, 80 et 120 kg de N ha⁻¹), un contrôle (sans ajout de N) et un contrôle positif (espèce + trèfle kura)]. Le rendement en biomasse aérienne totale a été évalué à deux périodes distinctes i.e. récolte d'été (C1) et récolte d'automne (C2) pour évaluer le rendement des filières biogaz (C1) et combustion (C2). Les sols ont été échantillonnés à trois profondeurs après la récolte (0-15, 15-30 et 30-60 cm) afin d'évaluer la teneur en azote résiduel du sol (ARS). De plus, des lysimètres de 60 cm de long ont été installés au site de Lennoxville dans quelques traitements (contrôle, contrôle positif, 120EM, 120LI et 120BM) afin d'évaluer le lessivage potentiel intra saisonnier de nitrates et de phosphates.

Pour la première année de production, très peu d'impact des différents traitements sur les rendements (C1 et C2) ou sur l'ARS ont été observés. Les rendements à Lennoxville (5,5 t m.s. ha⁻¹) étaient toujours plus élevés que ceux de Normandin (2,1 t m.s. ha⁻¹). Les rendements en alpiste roseau (5,1 t m.s. ha⁻¹) étaient aussi toujours plus élevés que ceux du panic érigé (2,4 t m.s. ha⁻¹) et ce peu importe le site ou la coupe. Le panic érigé ne s'est pas bien établi au site de Normandin. Le taux d'établissement du panic érigé à Lennoxville a été plus faible que celui de l'alpiste roseau. La teneur en ARS était toujours plus élevée à Lennoxville qu'à Normandin (67 kg ha⁻¹ vs 8 kg ha⁻¹ de N-NO₃). La concentration en nitrate de l'eau du sol était plus élevée sous culture de panic érigé que sous culture d'alpiste roseau (4,0 ppm vs 1,9 ppm de N-NO₃). Aucun effet significatif des traitements ou de l'espèce n'a été observé sur la teneur en phosphate de l'eau du sol.

Aucun impact environnemental négatif de l'utilisation de lisier porcin ou de boues municipales n'a été observé au cours de cette première année de production. Les prochaines années de recherche permettront d'établir le réel potentiel de production de biomasse aérienne de ces espèces pérennes sous les conditions climatiques diverses du Québec de même que l'impact environnemental de cette production à partir de sources de fertilisants disponibles et peu coûteuses.

Références

- Keoleian, G.A. et T.A. Volk. 2005. Renewable energy from willow biomass crops: Life cycle energy, environmental and economic performance. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24:385-406.
- Kim, S. et B.E. Dale. 2005. Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: bioethanol and biodiesel. *Biomass and Bioenergy* 29:426-439.

Potentiel de dénitrification et ratio $N_2O:N_2$ de divers sols de prairies agricoles de l'ouest de la Norvège

MARIE-EVE BERNARD^{1,3}, JOANN K. WHALEN¹, HANNA SILVENNOINEN², PHILIPPE ROCHETTE³, SISSEL HANSEN⁴ ET PETER DÖRSCH²

¹Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, Canada, H9X3V9

²Institute for Plant and Environmental Sciences, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway NO-1432

³Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en sols et en grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga Québec, QC, Canada G1V2J3

⁴Bioforsk, Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Organic Food and Farming Division, Gunnars veg 6, Tingvoll, Norway, NO-6630

marie-eve.bernard2@mail.mcgill.ca

Le protoxyde d'azote (N_2O) est un gaz à effet de serre puissant et le principal responsable de la destruction de la couche d'ozone. Les sols agricoles sont une source importante de N_2O , suite à la transformation biologique de l'azote (N) par la nitrification et la dénitrification. Le N_2O est un intermédiaire libre lors de la réduction du nitrate (NO_3^-) en diazote (N_2) durant la dénitrification. Cette réaction est influencée par plusieurs propriétés du sol comme le pH, la concentration en NO_3^- et en carbone (C) labile, le contenu en eau et la température. Le ratio des produits finaux (N_2O , N_2) est quant à lui affecté par le pH et la concentration du sol en NO_3^- et en C labile. En Norvège, 65% des terres agricoles sont occupées par des prairies, et situées surtout dans l'ouest et dans le nord, où sont enregistrées les plus grandes précipitations et les températures d'été les plus fraîches. Les conditions hétérogènes du sol rencontrées en Norvège pourraient affecter le taux de dénitrification et le ratio $N_2O:N_2$. Les objectifs de cette étude étaient (1) de mesurer le potentiel de dénitrification et le ratio $N_2O:N_2$ de plusieurs sols sous prairies et (2) d'établir les liens entre la production gazeuse et les paramètres physiques et chimiques du sol. Les sols de sept sites sous prairies dans le comté de Møre og Romsdal ont été choisis, dont un sol organique, et un 8^{ième} sol provenant d'une ancienne forêt qui sera convertie en prairie à l'été 2011. Trois expériences d'incubation anaérobique ont été faites en utilisant (1) du sol frais, sans addition de C ou de N, (2) du sol frais, rincé avec une solution de 5mM KNO_3 pour mesurer le ratio $N_2O:N_2$ lorsque le NO_3^- n'est plus limitant et finalement (3) du sol mélangé en solution (boue) avec du KNO_3 (5 mM) pour mesurer leur potentiel de dénitrification. Le potentiel de dénitrification des sols a varié entre 0,03 (B) et 0,67 (L1) $\mu g N g sol^{-1} h^{-1}$ et le ratio $N_2O:N_2$, exprimé en « N_2O index », se situait entre 0,14 (L1) et 0,74 (D1). L'addition de KNO_3 a augmenté le « N_2O index » de 15 (B) à 600% (L1) (relativement à l'expérience 1). Le « N_2O index » était négativement corrélé avec la concentration du sol en C total (Ctot) ($r=-0.44$, $p=0.03$) et le pH ($r=-0.56$, $p<0.01$). Le potentiel de dénitrification des différents sols a été quant à lui positivement corrélé avec le Ctot ($r=0.95$, $p<0.01$) et le pH ($r=0.458$, $p=0.024$). Il apparaît donc que le chaulage de ces sols pourrait minimiser les pertes d'azote sous forme de N_2O suivant l'application d'engrais azoté.

Caractérisation de l'infiltration dans les sols boréaux québécois : étude de l'interface 'sols – atmosphère' sur deux tourbières minérotrophes du milieu boréal québécois

GREGOR LEVREL, ALAIN N. ROUSSEAU ET PIERRE LAFRANCE

Centre Eau, Terre et Environnement, INRS-ETE, 490 rue de la couronne, Québec (Qc)

Gregor.Levrel@ete.inrs.ca

Mots clés : propriétés hydrodynamiques, déformation, tourbières minérotrophes boréales, couverts de bryophytes.

Une part importante de la couverture pédologique des bassins versants boréaux québécois est représentée par les tourbières minérotrophes. Sur ces tourbières, les propriétés de rétention hydrique, de conductivité hydraulique (K) et de déformation des couverts de bryophytes ou des horizons pédologiques superficiels restent mal connues. Or, les bassins versants boréaux québécois possèdent un immense potentiel de production hydroélectrique. Seulement, pour gérer cette richesse, les modèles hydrologiques mécanistes appliqués à ces zones nordiques ont besoin d'intégrer ces propriétés physiques de surface au sein des équations d'écoulement (équation de Richards), et ceci, afin d'accroître la précision des simulations de l'infiltration sur ces sols. Le travail qui suit avait donc pour mandat d'acquiescer ces données de surface.

Deux tourbières minérotrophes représentatives, les tourbières de l'Abeille (54°06'51.81'' N, 72°30'03.73'' O) et de la Chenille (54°07'00.34'' N, 72°30'15.43'' O), ont été sélectionnées à proximité des infrastructures hydroélectriques de La Forge d'Hydro-Québec. Sur ces deux tourbières, les principaux environnements ont été identifiés : les platières sur-élevées, les platières basses et les buttes, et ont été échantillonnées dans des mini-colonnes de polyvinyl-chloride (PVC) d'une dizaine de centimètres de hauteur (Levrel et Rousseau 2010). Les platières basses présentent un couvert de sphaignes constitué par *S.Fallax* et *S.Angustifolium*, et par quelques cypéracées non-identifiées. Les platières sur-élevées présentent un couvert de mousses hépatoïques (*Warnstorfia fluitans* (Hedw.) Loeske et *Cladopodiella fluitans* (Nees) Joerg.) ou de sphaignes (*S.Angustifolium* et *S.Balticum*), ou une combinaison des deux. Quelques espèces de graminées ou de cypéracées (genre *Eriophorum*) sont parfois présentes. Les buttes sont colonisées par des sphaignes de type *S.Rubellum* et *S.Fuscum*, les plus grandes pouvant être boisées et chapotées par une mousse hépatoïque : *Pleurozium Schreberi* (Brid.) Mitt.. Les horizons pédologiques sous les différents couverts ont tous des textures fibriques (allant de H1 à H3 sur l'échelle de Van Post).

Au laboratoire, les courbes de rétention hydrique (teneur en eau volumique (θ_v) versus potentiel hydrique (h)) ont été établies pour h compris entre 0 et -75 cm, les déformations verticale et horizontale des échantillons ayant été suivies afin d'affiner les mesures de θ_v . Pour l'établissement des courbes de conductivité hydraulique ($K-h$; $K-\theta_v$), pour h compris entre 0 et -10 cm, un infiltromètre à double disque a été utilisé.

Les résultats montrent que les valeurs de θ_v à saturation sont toujours supérieures à 92% quel que soit l'environnement considéré. Il ressort également que les courbes θ_v-h sont très dispersées, la macroporosité étant plus importante dans les platières basses et les buttes (45 à 55% de la porosité totale, contre 25% pour les platières sur-élevées). Les échantillons des platières sur-élevées semblent présenter des valeurs de K à saturation plus faibles ($0,045 < K_s < 5 \text{ cm.s}^{-1}$, contre $0,13 < K_s < 80 \text{ cm.s}^{-1}$ pour les platières basses et les buttes). Lorsque h baisse de 0 à -10 cm, la diminution de K suit une pente à peu près similaire pour les trois environnements (Levrel et Rousseau soumis a)). Les courbes de déformation verticale et horizontale, sont polyphasées pour les échantillons issus des platières sur-élevées, et monophasées pour les platières basses et les buttes. Toutefois, le rétrécissement global est la plupart du temps anisotrope (Levrel et Rousseau soumis b)).

Références

- Levrel, G. et Rousseau, A.N. 2010. Étalonnage de sondes FDR sur les cinq premiers centimètres des sols et des couverts de bryophytes de deux tourbières minérotrophes du milieu boréal Québécois (Canada). *Canadian Journal of Remote Sensing/Journal canadien de Télédétection*, **36**: 313-331.
- Levrel, G et Rousseau, A.N. (soumis a)). Évaluation des propriétés de rétention hydrique et de conductivité hydraulique des horizons superficiels et des couverts de bryophytes de deux tourbières minérotrophes du milieu boréal Québécois (Canada). 1^{ère} soumission à la *Revue Canadienne de la Science du Sol*.
- Levrel, G et Rousseau, A.N. (soumis b)). Les propriétés de déformation des dix premiers centimètres de tourbières boréales minérotrophes du Québec. 1^{ère} soumission à la *Revue Canadienne de la Science du Sol*.

Lutte au nématode doré : Impacts des traitements sur les populations microbiennes du sol

RICHARD HOGUE ET THOMAS JEANNE

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, QC.

richard.hogue@irda.qc.ca

Mots clés : écologie microbienne, PCR-DGGE, amendements biofumigation ; nématode

Afin de prévenir l'envahissement et la prolifération des populations du nématode doré (*Globodera rostochiensis*) de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) dans le sol, trois traitements d'amendement (urée, fumier de poulet ou fraction solide de lisier de porc), et un traitement de biofumigation ont été évalués dans le contexte d'une culture de rotation, le maïs cv. Pioneer 38W36. Des cultures de pommes de terre résistantes (cv. Andover) ou sensibles (cv. Snowden) ont été utilisées comme traitement de référence. Le maïs est une culture non-hôte qui devrait avoir des effets neutres sur les populations de nématodes dorés tandis que les amendements utilisés visent à les réduire. Les populations de nématodes dorés augmentent en présence des racines de plants de pommes de terre sensibles (cv Snowden), alors que les populations diminuent en présence des racines de plants résistants (cv. Andover).

Le volet microbiologique du projet avait comme objectif de comparer, à l'aide de la technique PCR-DGGE, les modifications des populations bactériennes et fongiques induites par l'application des traitements pour chacune des cultures. Les traitements ont été départagés en fonction de leurs impacts sur les populations microbiennes des sols grâce à l'analyse des profils DGGE. Des modifications de la diversité bactérienne dans les sols lors de l'apport d'urée, de fumier de poulet ou de fraction solide de lisier de porc ont ainsi été mises en évidence. L'urée a entraîné les modifications les plus importantes et les plus marquées tout au long de la saison. La diversité des populations fongiques s'est particulièrement accrue suite aux traitements d'incorporation d'amendements organiques dans les sols.

Spatial and temporal variability of soil biological activity in the Province of Québec, Canada (45-58 °N, 1960-2009) - calculations based on climate records

JEROME GOULET-FORTIN¹, MARTIN A. BOLINDER^{1,2}, FRANÇOIS ANCTIL¹, OLOF ANDRÉN², THOMAS KÄTERRER², REINDER DE JONG³ AND LÉON-ÉTIENNE PARENT⁴

¹Chaire de recherches EDS en prévisions et actions hydrologiques, Université Laval, Québec, Canada.

²Department of Soil and Environment, SLU, P.O. Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sweden;

³Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, KW Neatby Building, 960 Carling Avenue, Ottawa, Ontario, Canada;

⁴Department of Soils and Agrifood Engineering, Université Laval, Québec, Canada; QC;
jerome.goulet-fortin.1@ulaval.ca

Mots clés : soil organic carbon, trend analysis, Sen's slope, temperate climates, ICBM.

Climatic data such as air temperature (AT) and total precipitation (TP) are standard inputs for soil carbon dynamic models, i.e., for calculating temperature and moisture effects on soil biological activity. Soil biological activity was calculated on a daily basis using meteorological data from weather stations in the province of Québec (Canada), keeping soil and crop properties constant to make a regional analysis. Our objective was to assess spatial (138 stations) and temporal (49 stations) differences in soil biological activity described by the ICBM re_clim parameter. The temporal trends in re_clim, AT and TP were analyzed using the Sen's slope. The re_clim varied from 0.50 (58 0N) to a high of 1.66 (45 0N) across Québec. Considering only the area with important agricultural activity re_clim varied from 0.99 at Gaspé (48 0N) to 1.66 at Philipsburg (45 0N), i.e., meaning that soil organic carbon (SOC) decomposition is higher at the latter site and more C input is needed to maintain SOC. For the time-period 1980-2009 the variations in the Sen's slope for mean daily AT was + 24.5 %, indicating a higher temporal variation compared to that of mean annual TP (i.e., + 9.9%). For the same time-period the variation in the Sen's slopes of the mean annual re_clim factor was significant for 29 out of the 49 climate stations, i.e., mean = 14%; ranging from 9 to 19%. A seasonal analysis on trends in AT in this and other studies indicated high uncertainty in predicting when changes has occurred or may occur. We show that the relative increase in re_clim would be about twice as high for changes in AT during spring and summer, compared to changes during fall and winter.

Utilisation du plomb et des ratios isotopiques du Pb pour identifier les traces de contamination des sols en zone agricole et riparienne (Sud du Québec, Canada)

DIANE SAINT-LAURENT¹, FRANCIS BARIL² ET MARLIES HÄHNI²

¹Géographie et Laboratoire de recherche en géomorphologie fluviale et sols, UQTR, 3351, Boul. des Forges, C.P. 500, Trois-Rivières, QC, G9A 5H7

²Sciences de l'Environnement, Département de Chimie et Biologie, UQTR, 3351, Boul. des Forges, C.P. 500, Trois-Rivières, QC, G9A 5H7

diane.saint-laurent@uqtr.ca

Mots clés : contamination, ratios isotopiques du plomb, sols alluviaux, zones agricole et riparienne

Introduction - Des traces de contamination en métaux lourds et en hydrocarbures ont été observées dans les sols alluviaux des rivières Massawippi et Saint-François (sud du Québec). Les traces d'hydrocarbures prennent la forme de lits horizontaux avec des épaisseurs variables (2 à 90 cm) dans les profils de sol (Figure 1) en zone riparienne (forestière ou semi-forestière). Ces couches contaminées sont une mixture de gazoline, d'essence ou d'huile à moteurs avec des concentrations variables de métaux lourds (ex. Cd, Cu, Ni) (Saint-Laurent et al., 2010a, 2010b). On trouve aussi des contaminants (métaux lourds) dans les sols de surface en zone agricole dans les milieux boisés. Les teneurs en métaux lourds demeurent négligeables dans les sols agricoles, bien que les concentrations en plomb et en aluminium peuvent atteindre des niveaux élevés. Le principal objectif de cette étude est d'identifier à partir des isotopes stables du plomb, la source des contaminants en plomb trouvés dans les sols en milieu riverain et en zone agricole.

Méthodologie - Les travaux de terrain se sont réalisés durant la période de 2006 et 2009 le long des berges des rivières Massawippi et Saint-François, et dans des boisés agricoles sur la rive sud. Des profils de sol ont été réalisés pour échantillonner les couches contaminées le long des berges, et des échantillons de sol ont été prélevés en surface (0-10 et 10-20cm) dans les boisés agricoles. Les analyses isotopiques du Pb ont été réalisées par le laboratoire INRS-ETE et celles pour la concentration des hydrocarbures (C_6 - C_{36} et C_{10} - C_{50}) et des métaux lourds ont été faites dans des laboratoires externes accrédités par le ministère de l'Environnement du Québec (MDDEP). Pour déterminer les concentrations en hydrocarbures, les analyses ont été réalisées avec un appareil de chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (GC-FID). Pour les métaux lourds, les échantillons sont dissous avec un acide (HNO_3) et le résidu liquide est analysé par spectrométrie de masse à plasma couplé par induction (ICP-MS).

Résultats - Les valeurs obtenues pour les ratios isotopiques stables du plomb des profils de sol varient entre 0,054 à 0,562 ($^{206}Pb/^{204}Pb$), 0,851 à 0,872 ($^{207}Pb/^{206}Pb$) et 2,081 à 2,111 ($^{208}Pb/^{206}Pb$). Pour certains profils, les ratios isotopiques $^{207}Pb/^{206}Pb$ varient entre 0,851 et 0,867 (MAS-13), 0,855 et 0,872 (STE-1), 0,852 et 0,868 (STO-6), 0,860 et 0,865 (RIC-9), respectivement. Pour le ratio $^{208}Pb/^{206}Pb$, on note des patrons similaires à ceux observés pour le ratio $^{207}Pb/^{206}Pb$ pour les mêmes profils. Les courbes obtenues suggèrent des événements distincts de contamination (déversements en rivière). On note également que les ratios isotopiques sont plus marqués à la base des profils, indiquant que des déversements se sont produits au moment où le niveau des rivières était en étiage. Pour les sols agricoles, les signatures isotopiques diffèrent quelque peu, soit entre 0,849 et 0,879 ($^{207}Pb/^{206}Pb$), et peut provenir de diverses sources de polluants d'origine atmosphérique (Saint-Laurent et al., 2010c).

Conclusion - On note une corrélation entre la concentration du plomb et certains ratios isotopiques. Les valeurs isotopiques varient entre 0,8497 et 0,8796 (ratio $^{207}Pb/^{206}Pb$) pour l'ensemble des profils. Les différents pics enregistrés et leur position dans le profil suggèrent que plusieurs déversements polluants se sont produits en rivière, laissant des traces d'hydrocarbures d'épaisseurs variables et montrant des signatures isotopiques différentes. Les concentrations en métaux lourds et en plomb des sols en milieu agricole (boisés) présentent des faibles teneurs, bien que les taux en plomb et aluminium sont relativement élevés.

Références

- Saint-Laurent D., St-Laurent J., Hähni M., Ghaleb B., Chapados C. (2010a). Using Lead concentrations and stable Lead isotope ratios to identify contamination events in alluvial soils. *Applied and Environmental Soil Science*, 2010, 12 p. DOI 10.1155/2010/235210.
- Saint-Laurent D., St-Laurent J., Duplessis P., Lavoie L. (2010b). Isotopic Record of lead contamination in alluvial soils and Tree rings on recent floodplains (southern Québec, Canada). *Water, Air, and Soil Pollution* 209, 451–466.
- Saint-Laurent D., Hähni M., St-Laurent J., Baril F. (2010c). Contamination assessment of soil contamination by lead and heavy metals in riparian and agricultural areas (Southern Québec, Canada). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7(8), 3100–3114. DOI 10.3390/ijerph7083100.

Étude lysimétrique de la lixiviation du phosphore selon le type de sol et de fertilisant

GREGORY MUSSET^{1,2}, MARTIN H. CHANTIGNY², ISABELLE ROYER², DENIS A. ANGERS², ANNE VANASSE³, SAFYA MENASSERI-AUBRY¹, THIERRY MORVAN¹, PHILIPPE ROCHETTE² ET J. DOUG MACDONALD⁴

¹UMR INRA/Agrocampus 1069 SAS, Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, 65, rue de St-Brieuc, 35042 Rennes Cedex France

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en sols et en grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga Québec, QC, Canada G1V2J3

³Université Laval, Département de phytologie, 2425 rue de l'Agriculture, Sainte-Foy (Québec), G1V 0A6

⁴Science and Risk Assessment/GHG Division, Environment Canada, Gatineau, QC, Canada

gregory.musset@hotmail.fr

Mots clés : lysimètre, lixiviation, sols cultivés, fertilisants organiques, phosphore.

L'enjeu environnemental de réduction de la pollution d'origine agricole passe par une meilleure utilisation des fertilisants qui sont une source majeure de pollution de l'air et des eaux. Bien que le lessivage des éléments nutritifs soit largement reconnu comme source d'eutrophisation des eaux, les problèmes persistent, et les connaissances pour une meilleure maîtrise de la fertilisation doivent être approfondies. Au Québec, aucune étude n'a comparé l'impact des principaux fertilisants organiques utilisés sur la lixiviation des éléments nutritifs. De plus les connaissances sur la lixiviation selon le type de sol et le système de culture apparaissent parfois contradictoires (Hansen et al. 2000, Ginting et al. 1998). Ces connaissances sont indispensables à une meilleure maîtrise de la fertilisation et de son impact sur l'environnement.

C'est pour répondre à ce manque de connaissances qu'un observatoire de long terme a été mis en place en 2009 à la station agronomique de l'Université Laval à Saint-Augustin-de-Desmaures. Cet observatoire permettra de mieux comprendre la dynamique temporelle des éléments nutritifs du sol en fonction du type de sol (loam sableux ou loam argileux), du travail du sol (labour conventionnel ou travail minimal), de la gestion des résidus de récolte (retournés au sol ou exportés) et du mode de fertilisation (PK, NPK, lisier de porc, lisier de bovin laitier, fumier de poulet) dans un système de rotation blé – maïs – soya.

La présente étude se concentre sur la migration des éléments nutritifs sous la zone de labour de parcelles cultivées dans un système de labour conventionnel avec retour des résidus. Des lysimètres zéro-tension sont ainsi placés à 35 cm de profondeur afin de mesurer les quantités de carbone, d'azote et de phosphore entraînées sous l'horizon labouré. Le but étant de comparer à une fertilisation minérale, l'impact des principaux fertilisants organiques utilisés au Québec (lisier de porc, lisier de bovin et fumier de poulet).

Les analyses de carbone et d'azote n'étant pas encore complétées, seuls les résultats sur la lixiviation du phosphore sont présentés. Il apparaît qu'une quantité relativement importante de phosphore peut être lixiviée (en moyenne 0,6 kg P ha⁻¹ an⁻¹ en loam sableux et 2,2 kg P ha⁻¹ an⁻¹ en loam argileux), ce qui concorde avec l'avancée des études sur le sujet (Tunney et al. 1997) et confirme l'importance de maîtriser la migration verticale de cet élément dans les systèmes cultivés. La migration plus importante en loam argileux s'explique en partie par l'apparition périodique de fentes de retrait qui favorisent l'écoulement préférentiel et l'érosion interne (Simard et al. 2000). Un pic de lixiviation est observé en automne après labour. Sur une base annuelle, 80% du phosphore est lixivié en dehors de la saison de croissance. De plus, les quantités de phosphore lixivié à partir de parcelles fertilisées avec du lisier de bovins ou de porcs sont comparables à celles associées à une fertilisation minérale; seul le fumier de poulet engendrerait une moindre lixiviation. Le phosphore lixivié est principalement sous forme particulaire et les quantités captées sont donc corrélées aux volumes d'eau drainés et à leur teneur en sédiments. Ce travail souligne l'importance de la prise en compte du type de sol, du système de culture, du type de fertilisant et du moment de l'année dans la maîtrise de la migration du phosphore sous la zone de labour.

Références

- Tunney H., Carton O.T., Brookes P.C. and Johnston A.E. 1997. Phosphorus loss from soil to water. CAB International, Wallingford UK.
- Simard R. R., Beauchemin S., Haygarth, P. M. 2000. Potential for preferential pathways of phosphorus transport. *Journal of Environmental Quality* **29**, 97-105
- Hansen N. C., Gupta S. C., Moncrief J. F. 2000. Snowmelt runoff, sediment, and phosphorus losses under three different tillage systems. *Soil & Tillage Research* **57**, 93-100
- Ginting D., Moncrief J. F., Gupta S. C., Evans S. D. 1998. Interaction between manure and tillage system on phosphorus uptake and runoff losses. *Journal of Environmental Quality* **27**, 1403-1410

Quantifying nitrogen export from tile drained agricultural fields in the Pike River watershed during fall rainfall events

SOGOL RASOUL¹, SIMON-CLAUDE POIRIER¹, AUBERT A. MICHAUD², JOANN K. WHALEN¹
AND CHANDRA A. MADRAMOOTOO³

¹Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Quebec, QC,

²Institute de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Quebec, QC,

³Department of Bioresource Engineering and Brace Centre for Water Resources Management, McGill University, Quebec, QC.

sogol.rasouli@mail.mcgill.ca

Keywords: nitrogen, stable isotopes, tile drainage

The Missisquoi Bay of Lake Champlain, located in southern Quebec, has become progressively eutrophic, as evidenced by frequent cyanobacteria blooms during summer months in the past decades. Elevated nitrogen (N) concentration in the surface water entering the Missisquoi Bay is partially responsible for eutrophication. Agricultural lands are the major source of N loading in the Pike River watershed, a tributary of the Missisquoi Bay. Nutrient export occurs mainly through subsurface tile drainage during fall rainfall events. The objective of this study was to evaluate the N source: organic vs. mineral N fertilizer, and the N forms: nitrate (NO₃-N), dissolved organic N (DON) and particulate N (PN) in the subsurface tile drainage from agricultural fields (sandy and clayey soils) under annual crop production in the Pike River watershed. Water samples were collected from tile drains at seven dates between October and December 2010, and analysed for the natural abundance of $\delta^{15}\text{N}$ and N forms. The $\delta^{15}\text{N}$ values revealed soil organic N as the major source of PN exported in tile drains, and greater N losses were found in sandy than clayey soils. The dominant form of N lost was NO₃-N (85% of total N), with smaller contributions from PN (10 % of total N) and DON (5 % of total N). In conclusion, soil organic N associated with particles is susceptible to loss through subsurface tile drains, and the contribution of PN and DON to total N export is substantial after high intensity (6 mm) fall rainfall events.

La refonte des normes et procédure de conception d'ouvrages hydrauliques en milieu rural

ARIANE DROUIN¹, AUBERT MICHAUD¹, ROBERT LAGACÉ², ALAIN MAILHOT³, GUILLAUME TALBOT³, DAVID HUARD⁴, SÉBASTIEN BINER⁴, NESTOR-PAUL ROCHA², ET OLIVIER LE BOURGEOIS⁵

¹Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec, QC;

²Université Laval (Sols et génie agroalimentaire)

³INRS-ÉTÉ, Québec, QC

⁴Ouranos, Montréal, QC

⁵École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT), Toulouse, France et IRDA, Québec, QC

ariane.drouin@irda.qc.ca

Mots clés : ouvrages hydrauliques, groupes hydrologiques, redoux hivernaux, modèle de fonte de neige, volumes de ruissellement.

L'augmentation anticipée des intensités de précipitations estivales, de même que l'occurrence plus fréquente de redoux hivernaux en réponse aux changements climatiques appellent à une mise à jour des critères de conception des ouvrages hydrauliques en milieu agricole. L'objectif général du projet est donc de produire un outil de prédiction hydrologique adapté à l'aménagement des terres et des cours d'eau en milieu rural qui prend en considération l'évolution récente, en lien avec les changements climatiques, des hauteurs, des durées et des fréquences des précipitations et des redoux hivernaux.

La réalisation d'ensemble du projet repose sur quatre volets : 1) Le volet météorologique supporte la mise à jour des courbes actuelles de distribution IDF (Intensité, durée, fréquence) des précipitations et le développement d'indicateurs des redoux hivernaux à partir d'observations historiques récentes pour l'ensemble du territoire agricole québécois; 2) cette analyse s'accompagne d'un développement de scénarios climatiques des courbes IDF à l'horizon 2050 à partir du Modèle régional canadien du climat (MRCC); 3) Le volet hydrologique du projet supporte l'adaptation et la validation d'un outil de prédiction des volumes de ruissellement et des débits de pointes. La validation de l'outil développé met à profit les observations colligées dans le cadre de neuf dispositifs de micro-bassins expérimentaux dans quatre régions agricoles québécoises distinctes ; 4) Les capacités prédictives et fonctionnelles de l'outil de prédiction hydrologique font enfin l'objet d'une évaluation par un panel d'utilisateurs (volet opérationnel).

La présente affiche s'attarde plus particulièrement aux travaux qui ont été réalisés par rapport au développement d'indicateurs de redoux hivernaux, de même qu'au niveau du volet hydrologique du projet.

La fonte printanière des neiges et les redoux hivernaux génèrent au Québec d'imposants volumes de ruissellement en milieu rural. L'analyse des crues en période de redoux vise ainsi à proposer des méthodes d'estimation des volumes de ruissellement propres à ces situations. Compte tenu de la problématique de gestion d'observations de couvert de neige au sol (disponibilité et qualité de la donnée), une approche de modélisation du processus de fonte a été retenue afin de prédire les hauteurs d'eau journalières sur la base des observations de température et de précipitations. Une adaptation du module de fonte de neige du modèle CEQUEAU (Morin, 1997) est ainsi mise à profit dans la modélisation du processus de fonte de neige des bassins versants expérimentaux à l'étude.

Dans le volet hydrologique, un outil de prédiction des volumes de ruissellement et des débits de pointe, inspiré de la méthode TR-55 (USDA-NCRS, 2002), sera réalisé. Les intrants à cet outil, en plus des données météorologiques et climatiques, nous renseignent, entre autres, sur l'utilisation du territoire, la topographie et les sols notamment par les groupes hydrologiques. En effet, la classification des séries de sols en groupes hydrologiques permet une caractérisation générale de la sensibilité des sols au ruissellement au moyen de leurs propriétés biophysiques intrinsèques. Cette classification constitue un intrant indispensable au développement et à l'utilisation d'outils de prédiction hydrologique, et c'est pourquoi les groupes hydrologiques font l'objet de travaux dans le cadre de ce projet.

Références

Morin, G.1997. <http://www.ete.inrs.ca/activites/modeles/cequeau/>

USDA-NRCS. 2002. WinTR-55 User Manual. United States Department of Agriculture - Natural resources Conservation Service. 105 pp.

Évaluation de la recharge des aquifères de la Montérégie par modélisation hydrologique à l'aide de SWAT

ISABELLE BEAUDIN ¹, IVANA ST-LAURENT ¹, AUBERT MICHAUD ¹, NICOLAS BENOIT ², HAROLD DUSABLON ², JEAN-MARC BALLARD ², MARC-ANDRÉ CARRIER ² ET RENÉ LEFEBVRE ²

¹IRDA, Québec, QC;

²INRS, Québec, QC.

isabelle.beaudin@irda.qc.ca

Mots clés : modélisation, recharge, aquifère, SWAT

Dans les dernières années, la pression croissante qu'exercent les milieux urbains et agricoles sur les plans d'eau québécois a mené à une détérioration de la qualité des eaux de surface. Les réserves en eaux souterraines deviennent donc une option intéressante pour s'approvisionner. Dans cette optique, il est donc impératif de connaître la quantité et la qualité des réserves en eaux souterraines et leur taux de recharge. Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec, développé par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Le territoire à l'étude couvre près de 9000 km² localisés au Canada et aux États-Unis, à l'intérieur des bassins versants de la baie Missisquoi et des rivières Yamaska et Richelieu. Dans ce cadre, l'IRDA est impliquée avec l'INRS à trois niveaux : 1) la production de produits cartographiques 2) le monitoring en cours d'eau et 3) la modélisation hydrologique de la recharge des aquifères à l'aide du modèle SWAT. Ce poster vise à illustrer la méthodologie utilisée en modélisation hydrologique.

SWAT est un modèle américain déterministe, basé sur des équations à la fois empiriques et physiques. Il a été conçu pour simuler les effets de différents scénarios de gestion du territoire sur les transferts hydriques, mais aussi sur la mobilité des sédiments et des éléments nutritifs à l'échelle de grands bassins versants hétérogènes et sur de longues périodes. À l'échelle d'unités de réponse hydrologique (URH), une combinaison unique d'un sol et d'une utilisation du sol à l'intérieur d'un sous-bassin, le bilan hydrique et les exportations de sédiments et de nutriments sont calculés, puis sommés. Ces exportations sont ensuite prises en charge par diverses routines en cours d'eau.

Pour modéliser la recharge des aquifères de cette région, un modèle numérique de terrain de résolution de 60 m, auquel est brûlé le réseau hydrographique, est utilisé pour définir le parcours de l'eau. À l'aide de ce MNT, du parcours de l'eau et de la localisation des stations hydrométriques, les limites des sous-bassins, environ une centaine, sont ensuite définies. Une carte de l'utilisation du sol, également à une résolution de 60 m, a été créée à partir de la carte écoforestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), de la carte des milieux humides de la Montérégie faites par Géomont et Canards Illimités et de la banque de données des cultures de la Financière agricole du Québec. La carte vectorielle des sols du Québec a été transformée en matrice de 60 m de résolution et les divers rapports pédologiques ont servi à remplir la base de données des sols de SWAT. À la couche des sols ont aussi été ajoutées les épaisseurs de sables et d'argile des dépôts meubles, afin de simuler la présence d'une couche d'argile imperméable freinant la recharge. Ces couches sont ensuite superposées afin de créer les URH. Les données de quelques 18 stations météorologiques sont utilisées. Des scénarios de gestion du territoire sont ensuite créés pour chacune des URH. Les données journalières de débit des stations hydrométriques serviront au calage et à la validation du modèle.

**RÉSUMÉS
SESSION I**

Émissions de GES et gestion des sols

Mesure des flux de N₂O et de CO₂ sur les sols agricoles en période hivernale – Mise au point technique et premiers résultats

MARTIN H. CHANTIGNY, PHILIPPE ROCHETTE ET DENIS A. ANGERS

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en sols et en grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga Québec, QC, Canada G1V2J3

Martin.chantigny@agr.gc.ca

Mots clés : gaz à effet de serre, période hivernale, chambres statiques, épandage automnal.

Les résultats de diverses études démontrent de façon de plus en plus évidente que l'activité biologique du sol se poursuit au cours de la période hivernale à un rythme que le paradigme actuel, qui relie la vitesse des processus biologiques à la température du sol, ne peut pas prévoir.

La littérature démontre entre autres que les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent au cours de la période hivernale (Sommerfeld et al., 1993; van Bochove et al., 1996) et pourraient même, sous certaines conditions encore mal comprises, être stimulées par le gel du sol (Maljanen et al., 2009; Virkajärvi et al., 2010). Sur ces constats, bien que des émissions importantes de gaz à effet de serre aient déjà été mesurées au cours du dégel printanier (Wagner-Riddle et al., 2007), il semble que la période froide de l'hiver puisse aussi contribuer de façon significative aux émissions annuelles de gaz à effet de serre.

Afin d'établir l'importance des émissions de GES en hiver au Québec, une chambre statique avec sections empilables a été développée qui permet les mesures quelque soit l'épaisseur du couvert de neige. Les premiers résultats démontrent que les quantités de N₂O émises au cours de l'hiver (début novembre à fin avril) peuvent équivaloir aux quantités émises au cours de la saison de croissance (début mai à fin octobre). De plus, un apport automnal de lisier de porc (équivalent à 55 kg N disponible ha⁻¹) sur une paille de céréale a causé une hausse appréciable des émissions de N₂O, par rapport au sol sans lisier, à partir du moment où la température du sol est descendue sous 0 °C (début janvier) et jusqu'au dégel printanier.

Les résultats indiquent que les émissions de CO₂ et de N₂O ont été particulièrement élevées lorsque la température du sol à 7,5 cm se situait entre 0 et -2 °C. Pour le N₂O, les flux ont été soutenus pendant plusieurs semaines sous le couvert de neige, contrairement au comportement très épisodique des flux en saison de croissance. Un pic d'émissions a bien été mesuré à la fin du dégel printanier, mais comptait pour moins de 25% de émissions cumulées sur toute la période hivernale, démontrant l'importance de connaître les émissions qui surviennent au cours de la période froide.

Ces premiers résultats laissent supposer que les émissions hivernales doivent être comptabilisées afin d'obtenir une image réaliste des émissions sur une base annuelle. Ces études permettront également de mieux prédire les émissions dans un contexte de changement climatique qui, selon les modèles les plus crédibles, affectera davantage les conditions climatiques au cours de l'hiver.

Références

- Maljanen, M., Virkajärvi, P., Hytönen, J., Öquist, M., Sparman, T., Martikainen, P.J. 2009. Nitrous oxide production in boreal forest soils with variable organic matter content at low temperature – snow manipulation experiment. *Biogeosciences* **6**, 2461-2473.
- Sommerfeld, R.A., Mosier, A.R., Musselman, R.C. 1993. CO₂, CH₄ and N₂O flux through a Wyoming snowpack and implications for global budgets. *Nature* **361**, 140-142.
- Virkajärvi, P., Maljanen, M., Saarijärvi, K., Haapala, J., Martikainen, P.J. 2010. N₂O emissions from boreal grass and grass-clover pasture soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **137**, 59-67.
- van Bochove, E., Jones, H.G., Pelletier, F., Prévost, D., 1996. Emission of N₂O from agricultural soil under snow cover: a significant part of N budget. *Hydrological Processes* **10**, 1545-1550.
- Wagner-Riddle, C., Hu, Q.C., van Bochove, E., Jayasundara, S. 2007. Linking nitrous oxide flux during spring thaw to nitrate denitrification in the soil profile. *Soil Science Society of America Journal* **72**, 908-916.

Nitrous oxide emissions from silty clay and sandy loam soils following applications of mineral nitrogen fertilizer and three manure types

DAVID E. PELSTER¹, MARTIN H. CHANTIGNY¹, PHILIPPE ROCHETTE¹, DENIS A. ANGERS¹, AND ANNE VANASSE²

¹Agriculture and Agri-Food Canada, Soils and Crops Research and Development Centre, 2560 Hochelaga Blvd, Québec, QC, Canada.

²Département de phytologie - Université Laval, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, QC, Canada.

david.pelster@agr.gc.ca

Key words : nitrous oxide, manure, nitrogen fertilizer, emission factors, yield-based emissions.

The use of various animal manures is often viewed as a viable option for nitrogen (N) fertilization as opposed to using mineral N fertilizers. Nitrogen fertilization is known to increase nitrous oxide (N₂O) emissions, however little is known regarding the comparative effects of different manure types on N₂O emission rates. In this study, N₂O emissions were measured for two years, on two soil types, after spring applications of either mineral N fertilizer (NH₄NO₃ along with mineral phosphorus [P] and potassium [K]; *i.e.* NPK), mineral P and K fertilizer only (*i.e.*, reference), poultry manure (PM), cow manure (CM), or liquid swine manure (LSM). The amendments were surface applied just before seeding of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) at 90 kg N ha⁻¹ (available N basis), and replicated three times (3 blocks) on both a sandy loam and a silty clay soil near Québec, QC, Canada.

Cumulative N₂O emissions (May to November) from the silty clay soil ranged from 3.3 to 8.3 kg N₂O-N ha⁻¹ and although N fertilization increased N₂O emissions compared with the reference plots, there were no differences between fertilizer types. Emissions of N₂O from the sandy loam soil tended to be lower, ranging from 0.3 to 2.2 kg N₂O-N ha⁻¹. However fertilizer type effect was significant ($P < 0.001$) as the PM treatment caused greater N₂O emissions than the other treatments. Unlike emissions from the clay loam soil where N₂O emission rates increased post-harvest, N₂O emission rates from the sandy loam soil did not increase post-harvest and may be related to its relatively lower water-filled pore space.

Over two growing seasons, the fertilizer-induced N₂O emission factors from the silty clay soils ranged from 2.2 to 4.4% of added N. The fertilizer sources with greater mineral N content (*i.e.*, NPK and LSM) tended to have greater emission factors. However the high inter-annual and inter-block variations were high making detection of actual differences very difficult. Over two growing seasons, the fertilizer-induced N₂O emission factors from the sandy loam soils ranged from 0.3 to 0.8% for the NPK, CM and LSM treatments, but was much higher (1.7%) in the PM plots likely because of the higher soluble organic carbon content of the PM. Yield-based N₂O emissions incorporate the increased yields from N fertilization; and while on the silty clay soils there were no differences between treated and untreated plots, the yield-based N₂O emissions from the sandy loam soils were much greater in the PM amended plots than either the reference or other treatments.

Comment définir le potentiel d'émission de N₂O des amendements organiques?

Proposition d'une méthode standard

ANAÏS CHARLES^{1,2}, PHILIPPE ROCHETTE¹, JOANN WHALEN², DENIS ANGERS¹, MARTIN CHANTIGNY¹ ET NORMAND BERTRAND¹

¹Agriculture and Agri-Food Canada, 2560 Hochelaga Blvd., Québec, QC, G1V 2J3, Canada

²Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada, H9X 3V9

anis.charles@mail.mcgill.ca

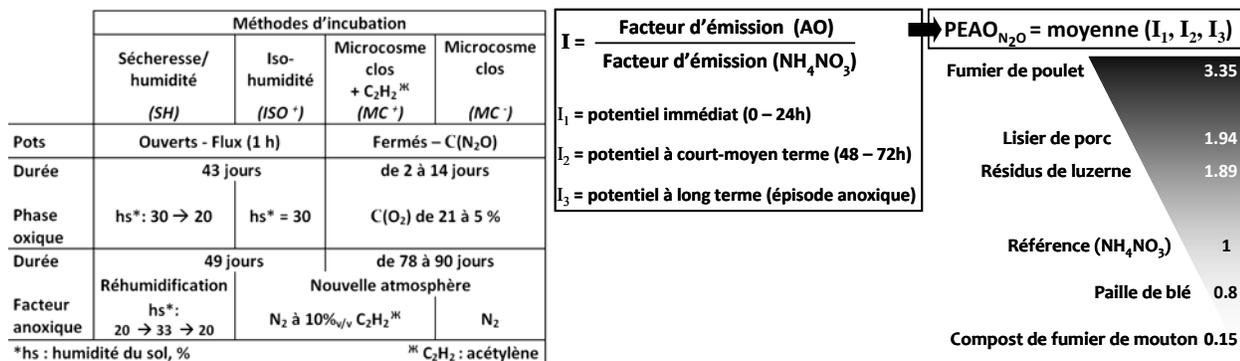
Mots clés : protoxyde d'azote, nitrification, dénitrification, minéralisation, incubation

Les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) suite à l'application d'amendements organiques (AOs) sur les sols agricoles sont difficiles à prédire. Actuellement, le Groupement d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) utilise le calcul de facteurs d'émission (FE) pour l'établissement des inventaires nationaux d'émissions. Exprimé en kg de N-N₂O émis par kg de N apporté, le même coefficient d'émission est attribué à tous les apports d'azote aux cultures, indépendamment de leur nature. Considérant la complexité des processus du cycle des éléments nutritifs dans le sol, cette méthodologie ne permet pas d'établir des estimations fiables d'émissions de N₂O suite à l'application d'AOs. Cette étude a pour objectif de proposer une méthode standard permettant de mesurer le potentiel d'émission de N₂O des AOs suite à leur incorporation au sol (PEAO_{N₂O}).

Ce potentiel a été estimé en mesurant les émissions de N₂O d'un loam argileux (220g sec) incubé à 22°C et subissant un cycle oxygène/anoxique. Les AOs suivants ont été testés : lisier de porc, fumier de poulet, compost de fumier de mouton, résidus de luzerne, paille de blé. Le protocole expérimental comprenait également un traitement témoin (aucun produit ajouté) et un traitement fertilisant (NH₄NO₃). Chaque traitement a été répété 4 fois. Les produits ont été appliqués selon une dose de 120 kg N/ha à l'exception de la paille de blé (18 kg N/ha). Quatre méthodes d'incubation ont été comparées (figure 1). Les cycles oxygène/anoxique visaient à favoriser deux processus biologiques majeurs responsables de la production de N₂O : la nitrification et la dénitrification (totale en présence d'acétylène).

Le PEAO_{N₂O} est calculé selon la figure 1. En microcosme clos, I₁ et I₂ sont des indices appropriés pour mesurer l'effet à court terme des AOs sur les émissions de N₂O. La méthode ISO⁺ discriminait davantage les AOs selon leur I₃ car la durée de la phase oxygène permettait une minéralisation ou une immobilisation nette de l'azote dans le sol avant l'épisode anoxique. La méthode standard retenue pour déterminer le PEAO_{N₂O} est donc un hybride des méthodes ISO⁺ et MC⁺ et offre la classification relative des AOs selon la figure 1. Facile à opérer, cette méthode permettra d'estimer le PEAO_{N₂O} d'une grande variété d'AOs en vue de pouvoir établir et prédire des classes de risques d'émissions de N₂O basées sur les propriétés chimiques des AOs.

Figure 1. Classement des amendements organiques selon leur potentiel d'émission de N₂O (PEAO_{N₂O})



Émissions de protoxyde d'azote suivant l'application d'engrais minéraux et organiques sur une prairie agricole de l'ouest de la Norvège

MARIE-EVE BERNARD^{1,2}, JOANN K. WHALEN¹, SISSEL HANSEN³, PHILIPPE ROCHETTE², ET PETER DÖRSCH⁴

¹Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, Canada, H9X3V9

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherché et de développement en sols et en grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga Québec, QC, Canada G1V2J3

³Bioforsk, Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Organic Food and Farming Division, Gunnars veg 6, Tingvoll, Norway, NO-6630

⁴Institute for Plant and Environmental Sciences, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway NO-1432

marie-eve.bernard2@mail.mcgill.ca

Mots clés : protoxyde d'azote, prairies, nitrification, humidité du sol

En Norvège, plus de 65% des terres agricoles sont consacrées aux cultures fourragères. Ces prairies reçoivent annuellement de grandes quantités d'engrais minéraux et organiques et représentent une source potentiellement importante de protoxyde d'azote (N₂O). Les objectifs de cette étude étaient (1) de quantifier les émissions de N₂O d'un sable-loameux sous prairie agricole recevant de l'engrais organique et minéral et (2) de relier les variations temporelles de N₂O à celles de divers paramètres du sol, du climat (température de l'air, concentration du sol en azote minéral, contenu du sol en eau) et de la production végétale.

Cette étude a été menée en 2009 et 2010 sur une prairie mixte (65% graminées, 35% légumineuses) dans le comté de Møre og Romsdal, dans l'ouest de la Norvège. Deux types d'engrais (nitrate d'ammonium (NA), lisier de bovin (LB)) ont été appliqués sur des parcelles (2 m x 8 m, 4 répétitions) à raison de: 0, 100, 150, 200, 250 kg N ha⁻¹ NA, 80 kg N ha⁻¹ LB et 200 kg N ha⁻¹ NA + 80 kg N ha⁻¹ LB. L'application du NA s'est faite au printemps (60%) et après la première coupe (40%) alors que le LB a toujours été appliqué au printemps.

Les flux de N₂O ont été relativement faibles, n'excédant jamais 200 µg N₂O-N m⁻² h⁻¹ durant les deux années de l'expérience. Les pertes cumulatives de N₂O ont varié de 1,5 (témoin) à 2,1 (200N) kg N₂O-N ha⁻¹ en 2009 et de 0,2 (témoin) à 0,7 (280N) kg N₂O-N ha⁻¹ en 2010. Les émissions totales (2009 + 2010) sur les parcelles ayant reçu 150, 200, 250 et 280 kg N ha⁻¹ ont également été supérieures (p<0.05) au témoin et ont représenté moins de 1% de l'azote apporté. La corrélation positive entre les flux de N₂O et le contenu du sol en azote minéral et la température de l'air, mais négative avec le contenu du sol en eau (en 2009 seulement) suggère que la nitrification a contribué significativement au N₂O émis. A chacune des années, les pertes en N₂O ont été corrélées (p<0.05) aux rendements en fourrage. Cette relation a cependant été positive en 2010 mais négative en 2009, suggérant une interaction entre l'efficacité de l'utilisation de l'azote par les plantes, le climat et l'évolution de la composition de la prairie.

Pour assurer une meilleure productivité des sols, améliorer leur santé physique et biologique

ODETTE MÉNARD

MAPAQ, 1355, rue Gauvin, bureau 3300, Saint-Hyacinthe J2S 8W7

odette.menard@mapaq.gouv.qc.ca

Ce qui constitue l'essence même d'un sol vivant, c'est tout à la fois les solutions aqueuses et les nutriments minéraux ou organiques qu'elles contiennent. Cette combinaison, ces interactions sont à la base de la vie qui se développe dans le sol. Ce sont aussi ces interactions qui détermineront la compétition entre les différentes espèces végétales et animales. Une fois ces composantes reconnues et comprises, les caractéristiques physiques du sol deviendront l'élément clé de l'efficacité de toutes ces interactions. On parle ici de la structure du sol, c'est-à-dire par l'organisation des agrégats minéraux argileux et oxydes qui influencent entre autre la porosité.

Au centre donc de cette dynamique, la santé des sols. Et pour bien la comprendre, il faut arriver à en définir les caractéristiques essentielles qui elles aideront les producteurs agricoles à adopter des pratiques qui les amélioreront et maintiendront.

Incorporation du C et de l'N dans les agrégats de sol lors de la décomposition des résidus de culture dans les horizons superficiel et profond

VINCENT POIRIER^{1,2}, DENIS A. ANGERS¹ ET JOANN K. WHALEN²

¹Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2560, boul. Hochelaga, Québec (Québec), Canada G1V 2J3

²Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, 21111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue (Québec), Canada H9X 3V9
vincent.poirier2@mail.mcgill.ca

Mots clés : ¹³C, ¹⁵N, horizons du sol, incorporation, macroagrégation

Les mécanismes d'agrégation jouent un rôle important dans la stabilisation du C organique du sol (COS). La décomposition des résidus de culture mène rapidement à la formation et à la stabilisation de (macro)agrégats. Par contre, le rôle de la macroagrégation dans la stabilisation de la matière organique du sol (MOS) demeure mal compris. Compte tenu de l'importance qu'occupent les stocks de C des horizons profonds du sol à l'échelle du cycle global du C, les mécanismes de formation des agrégats et de protection de la MOS dans les horizons profonds ont besoin d'être davantage explorés. De plus, une étude de cette nature fournit l'occasion d'en apprendre davantage sur les processus impliqués dans les sols de faible teneur en MOS présentant un fort potentiel de stockage du C.

Nous avons incubé, en conditions de laboratoire pendant 51 jours, des échantillons de sols provenant d'un horizon de surface (0-20 cm) riche en COS (31.3 g C kg⁻¹) et d'un horizon profond (30-70 cm) pauvre en COS (4.5 g C kg⁻¹) prélevés dans un sol à forte teneur en argile (> 650 g kg⁻¹). Les sols ont été mélangés avec ou sans résidus de maïs enrichis en ¹³C et ¹⁵N à des doses allant jusqu'à 40 g C kg⁻¹. Le dispositif expérimental était organisé de façon complètement aléatoire et chacun des 12 traitements a été répété quatre fois pour un total de 48 unités expérimentales. Au terme de l'incubation, les sols ont été séchés à l'air avant d'être soumis à un tamisage humide visant à séparer les agrégats stables à l'eau. Les concentrations en C organique et en N total du sol ainsi que les signatures isotopiques du ¹³C et du ¹⁵N ont été analysées pour le sol entier et les fractions obtenues.

Nous avons trouvé que le taux de formation des macroagrégats stables à l'eau à la suite de l'incorporation des résidus de maïs était plus important dans l'horizon profond que dans l'horizon de surface, et que le C et l'N provenant des résidus ont été rapidement incorporés dans cette fraction du sol. Toutefois, les quantités de C et d'N provenant des résidus associées aux macroagrégats étaient les mêmes dans les deux horizons de sol à l'étude. Le niveau de macroagrégation a plafonné lorsque de très grandes quantités de résidus (> 20 g C kg⁻¹) ont été apportées, mais les macroagrégats ont continué d'accumuler du C et de l'N provenant des résidus sous forme de matière organique particulière (> 50 µm) et associée aux particules fines (< 50 µm). Deux voies d'incorporation parallèles de la MOS récente dans les macroagrégats sont proposées. D'une part, les composés organiques solubles peuvent s'associer rapidement aux particules fines du sol et, d'autre part, il peut y avoir occlusion et incorporation des résidus frais à même la structure des agrégats. Dans l'ensemble, nos résultats ne supportent pas l'hypothèse que les quantités de C et d'N associées aux macroagrégats peuvent atteindre un seuil de saturation lorsque de grandes quantités de résidus sont apportées. Cela pourrait expliquer pourquoi les quantités de C et d'N provenant des résidus stockées dans les macroagrégats étaient similaires dans les horizons superficiel et profond du sol étudié.

Minéralisation accrue dans un sol forestier boréal après deux années de chauffage expérimental du sol et d'apports atmosphériques azotés

LOÏC D'ORANGEVILLE¹, BENOÎT CÔTÉ¹, DANIEL HOULE^{2,3}, LOUIS DUCHESNE² ET HUBERT MORIN⁴

¹Département des sciences des ressources naturelles, Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.

²Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Sainte-Foy, QC.

³Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, Montréal, QC.

⁴Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC.

loicdorangeville@gmail.com

Mots clés : changements climatiques, azote atmosphérique, minéralisation, sapinière boréale, résines d'échange ionique.

Introduction

Les plus récentes simulations climatiques émanant du Modèle canadien du climat régional (MRCC) suggèrent pour la forêt boréale de l'Est du Canada un accroissement de la température annuelle moyenne de 3°C dès 2050 tandis que les précipitations devraient s'accroître de 5 à 20%. Ces changements auront probablement un impact majeur sur la productivité de la forêt boréale. Le climat n'est cependant pas le seul facteur influençant la croissance. En effet, plusieurs études montrent que la réponse des arbres aux changements climatiques est fortement influencée par la disponibilité de l'azote inorganique.

L'objectif de cette étude est de mesurer l'effet de l'accroissement expérimental de la température du sol, tel que prédit par le MRCC, et des dépôts atmosphériques de N sur la disponibilité des éléments nutritifs et la croissance des arbres d'une sapinière boréale mature de l'Est canadien.

Méthodologie

Le N est ajouté à l'aide de gicleurs individuels au-dessus de chaque arbre du dispositif, sous forme de précipitations artificielles hebdomadaires contenant du NH_4NO_3 (trois fois la concentration naturelle de la pluie) durant la saison de croissance. Des câbles chauffants et des thermocouples sont enfouis sous chaque arbre et permettent de maintenir une différence de température de 4°C par rapport aux parcelles non-chauffées. Le protocole d'échantillonnage comprend entre autres l'enfouissement de membranes échangeuses d'ions dans le sol (PRSTM-probes) mesurant le taux mensuel de mise en circulation des éléments nutritifs, des mesures hebdomadaires du contenu en eau du sol ainsi que l'analyse de la chimie foliaire des arbres traités. Des dendromètres fixés aux troncs des arbres permettent de suivre l'effet des traitements sur les variations en diamètre avec une résolution temporelle très fine.

Résultats

Après deux années de traitement, l'analyse des résines d'échange ionique montre un accroissement moyen de la disponibilité du K, Mg et NO_3 de 51%, 38% et 126% respectivement avec le chauffage du sol. La fertilisation en N n'a pas eu d'impacts sur la chimie des sols, ce qui pourrait s'expliquer par une interception de l'azote ajouté par la canopée.

Les résultats ne montrent aucun effet des traitements sur la concentration de N foliaire, ce qui pourrait signifier que les besoins en azote des aiguilles étaient déjà comblés ou encore que le N absorbé par les aiguilles a été déplacé vers d'autres compartiments de l'arbre.

Bien que la fonte de neige hâtive n'ait pas affecté la date d'initiation de croissance, l'accroissement en surface terrière des arbres chauffés, après standardisation, dépassait celui des arbres contrôles de 30 à 50% la première année. Lors de la deuxième année, l'augmentation de la température du sol a accéléré le rythme de croissance radiale chez le sapin baumier, les arbres chauffés atteignant leur pic de croissance 8 à 11 jours plus tôt dans la saison. Cependant, ce déplacement du pic de croissance ne s'est pas traduit par une plus grande productivité totale.

Conclusions

Ces deux années de résultats suggèrent un effet à court-terme positif de l'augmentation de température des sols forestiers autant pour la disponibilité de plusieurs éléments majeurs (K, Mg, NO_3) que pour l'accroissement en diamètre du sapin baumier. L'effet des précipitations azotées n'a pas produit jusqu'ici d'impacts mesurables importants sur le sol ou les aiguilles des arbres.

Étiologie du dépérissement de l'épinette blanche dans les Hautes-Laurentides

ROCK OUIMET, JEAN-DAVID MOORE ET LOUIS DUCHESNE

MRNF-DRF, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8
rock.ouimet@mrfn.gouv.qc.ca

Mots clés : épinette blanche, dépérissement, carence nutritive, potassium, Laurentides.

Problématique

Depuis la fin des années 1990, des forestiers ont noté l'apparition du syndrome de dépérissement chez l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) dans la zone de la forêt résineuse boréale des Hautes-Laurentides, Québec. Les symptômes de dépérissement comprennent la chute des aiguilles de l'intérieur vers l'extérieur des arbres, leur chlorose, la formation de «ramilles de stress» sur les branches, formant des amas pour compenser la perte de feuillage et, à un âge plus avancé, la mort des ramilles, des branches, puis de l'arbre. Ces symptômes ne sont pas attribuables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clemens) en raison de son absence depuis le début des années 1980 et la nature des symptômes qui se retrouvent autant chez les arbres jeunes que ceux plus âgés.

Nous avons investigué la nutrition et l'état de santé de jeunes épinettes blanches sur un territoire coupé en 1941-1945 puis en 1974-1976 au bassin versant expérimental des Eaux-Volées (BEREV) à la Forêt Montmorency. Elles ont subi une éclaircie précommerciale en 1987 et les symptômes de dépérissement ont été rapportés en 1997. L'objectif de l'étude était de documenter les symptômes et trouver la(les) cause(s) de ce phénomène. On a fait l'hypothèse que des carences nutritives sont à la source du problème. On a donc procédé à une expérience diagnostique de fertilisation; le dispositif consistait en une combinaison factorielle aléatoire complète de N (0, 200 kg/ha), K (0, 200 kg/ha) et Mg (0, 200 kg/ha) appliquée aux arbres (rep = 8) en 1998.

Résultats

Avant le traitement, les épinettes blanches semblaient carencées en K selon les standards actuels. Parmi toutes les combinaisons de N-K-Mg, ce sont celles contenant le K qui ont eu un effet positif sur le statut nutritif de l'épinette blanche et sa croissance entre 1998 et 2008 (dernière mesure). La concentration foliaire en K a bien réagi à l'ajout de K (valeurs de F, respectivement pour les aiguilles de l'année courantes et celles âgées d'un an, = 19.4 ($P < 0.001$) et 12.8 ($P < 0.001$); Figure 1a). L'effet du K sur le statut nutritif des aiguilles de l'année courante et celles âgées d'un an se fait encore sentir 11 ans après l'application des traitements. Des interactions entre les traitements et les concentrations en N, P, K, Ca et Mg ont été décelées. L'ajout de N a influencé le N et le Mg des épinettes blanches seulement un à deux ans maximum suivant le traitement.

Globalement, les traitements n'ont eu aucun effet sur les symptômes de dépérissement après 11 ans ($P \geq 0.263$), mais il ont influencé la croissance, en particulier ceux contenant du K (valeur de F = 3.27, $P = 0.001$). Après 11 ans, l'ajout de K seul a augmenté de 43 % la surface terrière des épinettes blanches par rapport aux arbres témoins, tandis que les traitements combinés contenant du K ont augmenté la croissance de 22 % en moyenne (Figure 1b).

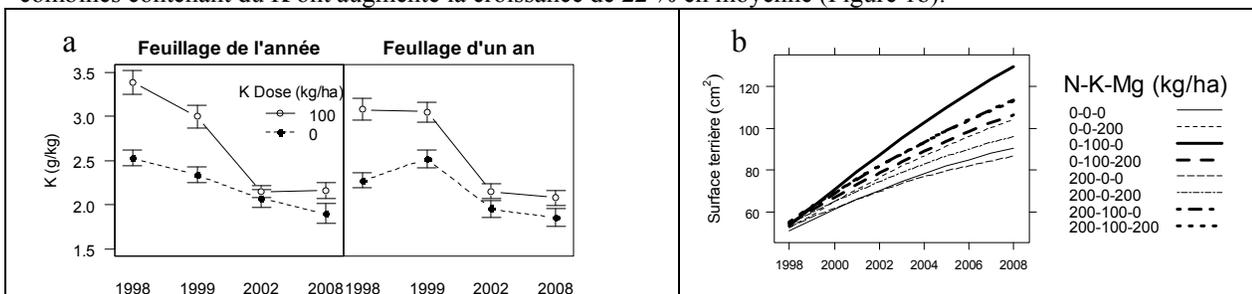


Figure 1. Réaction de l'épinette blanche à la fertilisation; a) évolution de la concentration foliaire en K des aiguilles de l'année courante et d'un an après l'application de K au printemps 1998; b) évolution de la croissance des arbres en surface terrière des arbres après l'application de N-K-Mg au printemps 1998.

Discussion et conclusion

La récolte forestière, les précipitations acides et les épidémies d'insectes entraînent des pertes en K dans ce type d'écosystème. Les traitements en K ont amélioré la nutrition foliaire et la croissance mais ne semblent pas avoir été en quantité suffisante pour réduire les symptômes de dépérissement. Il semble donc que le capital nutritif en K soit faible dans cet écosystème, ce que suggèrent les analyses de sol. Vu leur ampleur, les changements climatiques peuvent aussi jouer un rôle dans ce dépérissement (problème de divergence climat-croissance). Des tests de provenance au Québec ont démontré que l'épinette blanche y est sensible.

**RÉSUMÉS
SESSION II**

Cartographie et gestion du territoire

Utilisation de l'imagerie multispectrale pour la cartographie des propriétés physico-chimiques des sols : une approche multitemporelle appliquée dans le bassin versant du ruisseau Ewing

JEAN-DANIEL SYLVAIN^{1,2}, AUBERT MICHAUD¹ ET GOZE BERTIN BÉNIÉ²

¹IRDA, Québec, Québec.

²Département de géomatique, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.

jeandaniel.sylvain@gmail.com

Mots clés : cartographie des sols, images multispectrales, indices spectraux, analyse discriminante.

Actuellement, l'information pédologique disponible dans la Baie Missisquoi (Québec, Canada) ne permet pas de soutenir une gestion localisée des sols. L'objectif de ce travail vise à évaluer les relations quantitatives qui existent entre la réflectance et les propriétés des sols dans le but de produire une cartographie supportant le diagnostic et l'intervention en terres agricoles dans le cadre des activités de gestion et d'amendements des sols.

Pour ce faire, les relations existantes entre les propriétés des sols et le signal radiométrique ont été étudiées à trois échelles d'observation; c.-à-d. au laboratoire, au champ et à l'échelle du bassin versant. Au laboratoire, des mesures radiométriques ont été prises sur 119 cylindres de sol non perturbé au cours d'un processus de séchage, avec un spectroradiomètre de haute résolution. Ces mesures ont été mises en relation avec des données analytiques dans le but 1) d'étudier l'influence de l'humidité et des propriétés permanentes du sol sur la réflectance et 2) de dériver trois nouveaux indices spectraux capables de quantifier l'influence de l'humidité (IBN), la couleur (ICOM), le taux de matière organique (IMO) et la texture des sols (ICO). Au champ, des mesures radiométriques ont été acquises à deux périodes différentes, sur 47 des 119 sites de prélèvement, pour évaluer la précision des indices spectraux développés en conditions *in situ*. À l'échelle du bassin versant, les indices spectraux ont été appliqués sur des images satellitaires et mis en relation avec 265 profils morphologiques par l'entremise d'une analyse discriminante. Les fonctions discriminantes ont ensuite été inversées pour produire un modèle de prédiction permettant de cartographier les groupes de textures (horizon A et B) et les conditions de drainage pour le bassin versant à l'étude.

Les résultats des travaux en laboratoire ont démontré que la normalisation des mesures radiométriques prises dans l'infrarouge lointain en conditions humides avec une mesure prise en conditions sèches (IBN7) présente une relation linéaire significative avec l'humidité volumétrique du sol ($R^2 : 0,80$). Les résultats ont également démontré que la bande verte peut être utilisée pour évaluer la quantité de matière organique ($R^2 : 0,89$) présente dans un sol (IMO) et que son intégration à l'IBN7 permet d'éliminer le biais résiduel du sol associé aux faibles valeurs d'IBN7. D'autre part, les relations établies en laboratoire ont été validées sur le terrain à la fois pour l'humidité ($R^2 : 0,81$) et pour la matière organique ($R^2 : 0,81$). Finalement, les modèles de prédiction développés avec l'analyse discriminante ont permis de démontrer la pertinence des indices spectraux développés pour la cartographie numérique des groupes de texture de l'horizon A, de l'horizon B et des conditions de drainage. Les succès de classification obtenus avec l'analyse discriminante sont respectivement de 55, 46 et 74 %.

Ces résultats permettent de confirmer l'intérêt que présentent les données de réflectance multitemporelles mesurées sur sols nus pour la caractérisation des propriétés morphologiques des sols à l'échelle du parcellaire agricole. Cependant, des travaux supplémentaires devront être réalisés dans d'autres régions pédologiques afin de confirmer la robustesse de cette méthode de cartographie qui permettra de fournir aux agriculteurs un outil de gestion privilégié.

Validation et analyse de sensibilité d'un modèle de prédiction de l'humidité du sol en Montérégie

SIMON PERREAULT¹, KAREM CHOKMANI¹, MICHEL C. NOLIN² ET GAÉTAN BOURGEOIS³

¹INRS ETE, Québec, QC;

²AAC, CRDSGC, Québec, QC;

³AAC, CRDH, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC;

simon.perreault@agr.gc.ca

Mots clés : humidité du sol, texture, matière organique, fonction de pédotransfert.

Les conditions d'humidité et de température du sol jouent un rôle important pour la croissance et le développement des plantes. La modélisation de ces conditions permet de prédire les rendements et les risques d'épidémies et de maladies (Bourgeois et al. 2004).

Dans ce projet, le modèle STM² (*Soil Temperature and Moisture Model*) de (Spokas and Forcella, 2009) a été utilisé pour générer des prédictions d'humidité du sol à différentes profondeurs. Le modèle STM² utilise deux types d'entrées : 1) des propriétés de sol (teneur en sable, argile et matière organique), 2) des données météorologiques journalières (précipitations totales et températures minimale et maximale). L'étude visait 1) à évaluer la qualité des prédictions de l'humidité (H) pour quatre types de sols minéraux représentatifs de la diversité pédologique de la Montérégie et 2) analyser la sensibilité relative des variables pédologiques d'entrée à la prédiction de H et de certaines propriétés de sol secondaires générées par fonctions de pédotransfert (FPT) intégrées dans le modèle STM². Une station pédoclimatique a été installée dans chacun des quatre profils de sols étudiés (sous culture de maïs) pour la validation des prédictions de H à partir du modèle STM². Ces stations étaient constituées de quatre sondes de mesure de H (15, 30, 45 et 60 cm de profondeur). La performance du modèle a été évaluée pour l'ensemble de la saison de croissance de 2008 et pour trois stades de croissance du maïs : semis à émergence, émergence à floraison et floraison à sénescence.

La qualité des estimations décroît avec l'augmentation de la profondeur et est meilleure pendant le premier et le troisième stade de croissance du maïs. De même, les prédictions de H sur une base journalière ont été meilleures que les prédictions sur une base horaire. L'analyse de sensibilité relative de STM² a révélé que la densité apparente estimée par FPT a un effet important sur les prédictions de H. Cette propriété est cependant bien estimée par la FPT intégrée dans le modèle.

Les résultats préliminaires de cette étude démontrent que le modèle STM² permet de prédire l'humidité des sols de la Montérégie avec fiabilité avec quelques limitations relatives au type de sol, à la profondeur et à la période de mesure. Ainsi, les prédictions de H générées par ce modèle pour la couche de surface des sols de la Montérégie devraient donc être utilisées dans les modèles de croissance et de risques d'épidémies et de maladies. Le développement de FPT mieux adaptées aux conditions pédologiques de la Montérégie a été initié dans le cadre de ce projet pour améliorer la qualité des prédictions de H à partir du modèle STM².

Références

- Bourgeois, G., Bourque, A., et Deaudelin, G. (2004). Modelling the impact of climate change on disease incidence: A bioclimatic challenge. *Canadian Journal of Plant Pathology* **26**, 284-290.
- Spokas, K., et Forcella, F. (2009). Software tools for weed seed germination modeling. *Weed Science* **57**, 216-227.

Étude de la sensibilité des données radar polarimétriques RADARSAT-2 à la texture de surface des sols (cas d'un secteur de Rouville)

MOHAMED ABOU NIANG, MICHEL C. NOLIN, ISABELLE PERRON, ANDRÉ MARTIN ET SIMON PERREAULT

Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, QC.
mohamedabou.niang@agr.gc.ca

Mots clés : RADARSAT-2, polarimétrie, texture de surface du sol, humidité du sol, modèles d'inversion radar

Introduction

La rétrodiffusion radar est fonction de l'humidité et de la rugosité de surface du sol (Ulaby et al., 1986). Plusieurs modèles d'inversion du signal radar en humidité du sol et en rugosité de surface ont été mis au point durant ces deux dernières décennies (Henderson et al., 1988). Bien que les propriétés diélectriques d'un sol sont principalement fonction de la composition texturale (contenu en sable et argile), de la densité, de la fréquence et du contenu en eau (Dobson et al., 1998), très peu d'investigations ont été menées sur l'extraction de la texture de surface du sol à partir des données radar (Singh et Kathpalia, 2007). La difficulté réside dans la minimisation de l'impact de la rugosité de surface sur le signal radar. Ceci est rendu possible avec l'imagerie polarimétrique. Cette étude propose une analyse de sensibilité des données RADARSAT-2 à la texture de surface du sol sous différentes conditions d'acquisition. Des rapports multitemporels de polarisations, des cartes d'humidité de surface inversées du signal ainsi que leurs différences temporelles seront comparées aux données de texture de surface. Également une analyse des paramètres issus des décompositions polarimétriques jugés pertinents pour la discrimination de la texture de surface sera abordée.

Matériels et méthodes

Une base de données analytiques provenant de 3289 profils de sol ainsi qu'une base données morphologiques (44 479 profils) sont disponibles pour cette étude pour des analyses quantitatives et qualitatives. Cinq images RADARSAT-2 en mode fin (FQ4) acquises aux printemps 2008 (1 image), 2009 (2 images) et 2010 (2 images) seront utilisées dans cette étude. Pour l'image de 2008, les données d'humidité et de rugosité de surface ont été collectées à chaque passage du satellite. Elles serviront à l'analyse de sensibilité envisagée dans les simulations numériques. Pour cela, le modèle de mixture diélectrique de Dobson et al., 1988 et le modèle d'équations intégrales de Fung et al., 1994 vont être utilisés. Pour la sélection des paramètres polarimétriques, les paramètres lambda et lambda partiel de Wilks vont être utilisés. Pour la classification, c'est l'analyse discriminante linéaire qui va être utilisée.

Résultats

Les simulations ont montré une différence moyenne avoisinant les 2 dB en terme de réflectivité radar entre les groupes de texture étudiés. Une bonne différence de comportement diélectrique en fonction de l'humidité des groupes de texture est également observée. Les rapports multitemporels de polarisations sont plus pertinents que la classification des paramètres polarimétriques pour les 2 paires d'images disponibles. La sélection de ces derniers est par ailleurs biaisée par les conditions climatiques. Une forte corrélation est observée entre les humidités inversées et les groupes de texture de surface étudiés.

Conclusions

L'apport des données polarimétriques de RADARSAT-2 s'est avéré très utile dans la discrimination de la texture de surface des sols de la région. La mise en place de modèles d'inversion est rendue envisageable grâce à la pertinence des données de sols disponibles. Des perspectives pour atteindre cet objectif ultime sont actuellement en cours d'étude.

Références

- Dobson M.C., et Ulaby F.T. 1998. Mapping Soil Moisture Distribution. Dans Henderson, F. M., et Lewis, J. A. (dir), *Principles & applications of imaging radar*, New York, John Wiley & sons, p: 407-443.
- Fung, A. K. 1994. *Microwave Scattering and Emission Models and Their Applications*, Artech House, Norwood, MA, 573 p
- Henderson, F. M., et Lewis, J. A. (dir), 1998. *Principles & applications of imaging radar, Manual of Remote Sensing Third Edition, Volume 2*, New York, John Wiley & sons, 866p.
- Singh, D. et Kathpalia, A. 2007. An efficient modeling with GA approach to retrieve soil texture, moisture and roughness from ERS-2 SAR data. *Progress in Electromagnetics Research-Pier*, 77 (11) :121-136.
- Ulaby, F.T., Moore, R.K. et Fung, A.K. 1986. *Microwave Remote Sensing: Active and Passive*, Vol. III -- Volume Scattering and Emission Theory, Advanced Systems and Applications, Artech House, Inc., Dedham, Massachusetts, 1986, 1100 pages.

Cartographie numérique de la texture de surface des sols de la Montérégie à l'aide des données pédologiques disponibles en archive et des méthodes géostatistiques

MICHEL C. NOLIN, MOHAMED ABOU NIANG, ISABELLE PERRON, ANDRÉ MARTIN ET SIMON PERREAULT

Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, QC.

michel.nolin@agr.gc.ca

Mots clés : argile, description morphologique, krigeage, cokrigeage, GlobalSoilMap.net.

Introduction

La texture du sol est une propriété fondamentale des sols. Le contenu en matière organique, en sable et en argile servent souvent de variables d'entrée dans les équations de pédotransfert et les modèles de prédiction des risques de dégradation des sols et de pollution environnementale. Des méthodes plus précises de cartographie numérique des propriétés de sol sont requises pour faciliter la prise de décision agroenvironnementale (McBratney et al. 2003). Le projet de mise à jour de la carte des sols du monde (<http://www.globalsoilmap.net/>) s'appuie sur cette approche (Sanchez et al. 2009). Il est proposé d'utiliser les données pédologiques (morphologiques et analytiques) disponibles en archive pour réaliser ces cartes et améliorer les équations de pédotransfert (Lilly et Lin 2004). L'objectif de la présente étude consiste à évaluer l'utilité des données de description morphologique des sols recueillies lors des campagnes de prospection des sols de la Montérégie (1982-2009) pour améliorer la précision des cartes numériques du contenu en sable, limon et argile de la couche de surface.

Matériel et méthodes

La base de données morphologiques des sols (BDMS) de la Montérégie comporte 44 479 profils de sol. Dans cette base, la texture a été décrite au niveau de la sous-classe (22) selon les normes du système de classification canadienne des sols. À chacune de ces sous-classes, a été attribuée la valeur médiane du pourcentage de sable, limon et argile de la classe texturale correspondante afin de transformer ces données semi-quantitatives en descripteurs métriques. La base de données analytiques des sols (BDAS) comporte pour sa part 3 209 échantillons de sol de surface. L'analyse granulométrique a été effectuée selon la méthode de l'hydromètre (Sheldrick et Wang 1993). Les semivariogrammes isotropes et anisotropes, le krigeage ordinaire (KO) et le cokrigeage (CK) ont été réalisés à l'aide du module *Geostatistical Analyst* d'ArcGIS. La taille des cellules retenue pour l'interpolation est de 90 m x 90 m. Aucune anisotropie significative n'ayant été détectée, les modèles isotropes seulement ont été analysés. Le ratio C/C_0+C a été utilisé pour évaluer le degré de développement de la structure spatiale des variables étudiées (Whelan et McBratney 2000). La validation croisée (VC) a été effectuée selon la méthode Jackknife ainsi qu'à partir d'un échantillon indépendant.

Résultats

Quelque soit la source de données utilisée (BDAS et BDMS), des structures spatiales fortes ($C/C_0+C > 0,7$) ont été observées pour le sable et l'argile. Ces structures étaient modérées pour le limon ($C/C_0+C = 0,4-0,6$). La carte numérique du contenu en argile dérivée à partir de la BDAS présentait des patrons de distribution spatiale plus grossiers que celle générée à partir de la BDMS, laquelle repose sur une plus forte densité d'échantillonnage. La VC réalisée à partir de la méthode Jackknife donne des valeurs d'erreur quadratique de prédiction (RMSE) semblables pour les deux sources de données (8-14%). Cependant, la VC réalisée à partir d'un échantillon indépendant montre que RMSE est plus élevée en utilisant la BDMS que la BDAS. Le cokrigeage du contenu en sable, limon et argile mesuré en laboratoire (BDAS) à l'aide des données morphologiques observées au champ permet de réduire significativement la valeur de RMSE de ces propriétés.

Conclusions

Les nombreuses données morphologiques recueillies lors de la prospection des sols de la Montérégie peuvent être utilisées pour améliorer les cartes numériques du contenu en sable, limon et argile de la couche de surface des sols de cette région. Cette étude montre l'importance des données de sols disponibles en archives dans la cartographie numérique des sols.

Références

- Lilly, A. et H. Lin. 2004. Using soil morphological attributes and soil structure in pedotransfer functions. Pages 115-141 dans Ya. Pachepsky et W.J. Rawls, eds. Development of pedotransfer functions in soil hydrology. Vol. 30. Developments in soil science. Elsevier.
- McBratney, A.B., M.L. Mendonca Santos et B. Minasny. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117: 3-52.
- Sanchez, P.A. et al. 2009. Digital soil map of the world. *Science* 325: 680-681.
- Sheldrick, B.H. et C. Wang. 1993. Particle size distribution. Pages 499-511 dans M.R. Carter, ed. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers. Boca Raton, Fl. U.S.A.
- Whelan, B.M. et A.B. McBratney. 2000. The "null hypothesis" of precision agriculture management. *Precision Agriculture* 2: 265-279.

Analyse de sensibilité du modèle CATHY aux propriétés hydrodynamiques du sol d'un micro-bassin agricole drainé

MUSHOMBE MUMA¹, SILVIO J. GUMIERE¹, ALAIN N. ROUSSEAU¹, CLAUDIO PANICONI¹, ERIC VAN BOCHOVE², MICHEL NOLIN², LUC LAMONTAGNE² ET WANHONG YANG³

¹INRS, Centre Eau, Terre et Environnement, Québec, QC;

²Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Québec, QC;

³University of Guelph, Guelph, ON.

Mushombe.Muma@ete.inrs.ca

Mots clés : analyse de sensibilité, CATHY, méthode de Morris, effet élémentaire, méthode FAST.

Une étude de sensibilité du modèle hydrologique tridimensionnel CATHY (Camporese *et al.*, 2010) a été réalisée au moyen de la méthode de Morris (Morris, 1991). Cette méthode permet d'évaluer les effets élémentaires des paramètres d'entrée sur les variables de sortie du modèle. L'analyse de sensibilité a été faite sur le micro-bassin versant agricole Bras d'Henri (2.4 km² dont à peu près 25 % sont drainés) localisé dans le bassin de la rivière Chaudière (Québec). Les groupes de paramètres testés sont les suivants : (i) le paramètre de forme de van Genuchten (*VGN*), (ii) les teneurs en eau à saturation et résiduelle (*VGPSAT* et *VGRMC*), (iii) les conductivités hydrauliques à saturation horizontales (*K_sXY*) et verticales (*K_sZ*), (iv) le coefficient d'emménagement (*S_s*), et (v) la porosité (*Por*) dans les différentes couches du milieu poreux et (vi) la hauteur de la nappe (*ic*) tels que représentés à la figure 1a. Comme première approche, nous avons choisi d'analyser le volume cumulé total net d'eau sortant du micro-bassin (l'intégrale dans le temps du débit à l'exutoire) comme étant la variable de sortie du modèle.

Des 24 paramètres évalués, les paramètres les plus sensibles sont *K_sXY5*, *S_s1*, *K_sZ1*, *K_sZ2*, *S_s2*, *ic*, *Por3* et *S_s3* (figure 1b). Aucun de ces paramètres n'a d'impact purement linéaire sur les résultats de sortie du modèle; c'est-à-dire à un effet élémentaire élevé d'un paramètre μ^* (effet linéaire) correspond aussi un écart-type élevé ou un effet d'ordre supérieur σ (interaction d'un paramètre avec d'autres paramètres testés). Cette évaluation a permis d'estimer l'importance des paramètres afin de limiter leur nombre pour une analyse ultérieure avec la méthode FAST (Saltelli *et al.*, 2000). Au final, cela permettra de diminuer les temps de calcul pour l'analyse de sensibilité et aussi d'identifier quels sont les meilleurs paramètres de calage du modèle CATHY.

	<i>VGN</i>	<i>VGRMC</i>		<i>VGPSAT</i>	
	SOIL				
C1		<i>K_sXY1</i>	<i>K_sZ1</i>	<i>S_s1</i>	<i>Por1</i>
C2					
C3		<i>K_sXY2</i>	<i>K_sZ2</i>	<i>S_s2</i>	<i>Por2</i>
C4		<i>K_sXY3</i>	<i>K_sZ3</i>	<i>S_s3</i>	<i>Por3</i>
C5					
C6		<i>K_sXY4</i>	<i>K_sZ4</i>	<i>S_s4</i>	<i>Por4</i>
C7					
C8					
C9					
C10					
C11					
C12		<i>K_sXY5</i>	<i>K_sZ5</i>	<i>S_s5</i>	<i>Por5</i>
C13					
C14					
C15					
IC	<i>WTHEIGHT</i>				

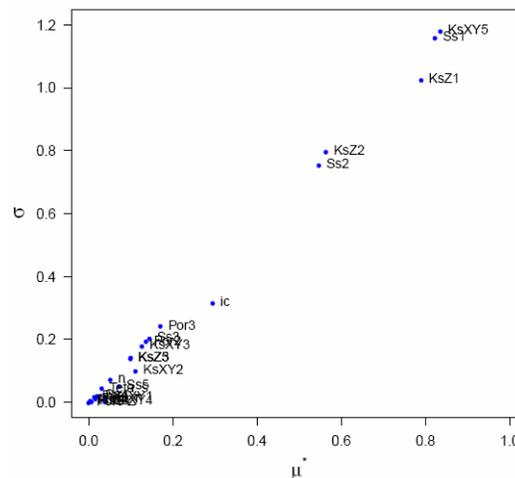


Fig.1a – Paramètres d'entrée choisis pour l'analyse de sensibilité

Fig.1b – Indices de sensibilité (μ^* et σ) de la méthode de Morris pour les paramètres testés

Références

- Camporese M., Paniconi C., Putti M. et Orlandini S. 2010. Surface-subsurface flow modelling with path-based runoff routing, boundary condition-based coupling, and assimilation of multisource observation data. *Water Resour. Res.* **46**, W02512, doi: 10.1029/2008WR007536.
- Morris M.D. 1991. Factorial sampling plans for preliminary computational experiments. *Technometrics* **33**, 161-174.
- Saltelli A., Chan K., and Scott E.M., editors. 2000. Sensitivity analysis. Wiley Series in Probability and Statistics. New York: John Wiley & Sons.

Observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricoles: influences des paysages et des systèmes cultureux sur les transferts de sédiments et de phosphore

AUBERT R. MICHAUD, JACQUES DESJARDINS ET ARIANE DROUIN

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 2700, Einstein, Québec, Québec, G1P 3W8.

Aubert.Michaud@irda.qc.ca

Mots clés : phosphore, bassin versant, eutrophisation, ruissellement, érosion.

Avec la mise en place de l'Observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricoles, l'IRDA offre depuis 2009 un soutien aux partenaires du Plan d'intervention agroenvironnemental sur les algues bleu-vert (ZIPP-Zones d'intervention prioritaires sur le phosphore) en coordonnant le suivi hydrométrique et de la qualité de l'eau aux exutoires d'un réseau de cinq paires de bassins versants expérimentaux. La distribution spatiale des bassins versants expérimentaux à l'échelle du Québec agricole est représentative d'une vaste gamme de conditions agro-climatiques, de systèmes de productions agricole et de paysages. Ceux-ci conditionnent des régimes hydriques fort contrastés entre les ruisseaux à l'étude localisés dans les régions de l'Estrie (Tomifobia), la Mauricie (Champlain), la Montérégie-Ouest (Esturgeon), la Montérégie-Est (Baie Lavalière), et le Bas-Saint-Laurent (Madawaska). Le réseau vise notamment à 1) Caractériser les processus de transfert diffus de sédiments, d'azote, de phosphore et de microbes pathogènes, 2) Mesurer la réponse de la qualité de l'eau suite aux actions concertées mises en œuvre dans les bassins versants, 3) Valider des outils de gestion agroenvironnementale du parcellaire et du territoire et 4) Soutenir la mobilisation et la concertation des intervenants régionaux et institutionnels.

Le dispositif par paires de bassins jumeaux a été retenu afin de documenter l'évolution dans le temps la qualité de l'eau en réponse aux interventions agroenvironnementales. Il repose sur un couple de bassins Témoin et Intervention, de même que sur deux périodes de suivi de l'écosystème aquatique, soit précédent les interventions (période de référence) et suivant l'introduction progressive des interventions (période d'évaluation). Le monitoring des ruisseaux repose sur trois protocoles complémentaires de mesures, soit le suivi hydrométrique en continu, l'enregistrement en continu du signal géochimique (sondes multi-paramètres) et l'échantillonnage ponctuel de la qualité de l'eau (dosages en laboratoire). Le protocole expérimental, validé dans le cadre d'études antérieures en bassins versants (Michaud et col., 2009), permet pour chacun des dix bassins à l'étude :

- l'estimation des débits instantanés (15 min) sur la base de courbes de tarage hauteur : vitesse : débit des cours d'eau;
- la séparation des hydrogrammes en ses composantes d'écoulement de ruissellement de surface et d'écoulement souterrain sur la base de la variabilité du signal de conductivité électrique;
- l'estimation des flux journaliers de nutriments et de sédiment au moyen de modèles de régression concentration : débit;
- la détection de réponse de la qualité de l'eau par l'analyse de covariance des paramètres de qualité de l'eau des bassins Intervention, utilisant les observations du bassin Témoin en covariable.

Le suivi hydrométrique et de la qualité de l'eau a mis en relief des différences marquées dans les réponses hydrologiques, de même que dans les migrations de sédiments et de nutriments aux exutoires des bassins expérimentaux. En écoulement de base comme en crue, les concentrations moyennes en MES et P total pondérées pour les hauteurs d'eau varient d'un facteur six entre les bassins versants en terre minérale. Dans l'ensemble, la vocation agricole du territoire et l'intensité des systèmes de culture expliquent en bonne partie ce gradient dans les régimes d'exportation. Le relief des bassins ne contribue pas à expliquer la vulnérabilité des territoires à l'étude. Les bassins aux pentes les plus inclinées (Estrie et Madawaska) sont associés aux concentrations de MES et de P les moins élevées en période de crue des ruisseaux. À l'inverse, les bassins versants présentant un relief plat (Esturgeon et Lavalière) témoignent des exportations les plus élevées. En interaction avec la vocation de l'utilisation du territoire, les propriétés des sols semblent y jouer un rôle déterminant dans les transferts de phosphore. La proportion des sols argileux est ainsi corrélée positivement avec les concentrations de P observées dans les ruisseaux drainant des sols minéraux. Un ruissellement de surface plus actif, de même que des écoulements préférentiels vers les drains souterrains semblent apporter les explications les plus plausibles à cette corrélation. Les sols organiques sous exploitation constituent une classe à part avec des concentrations en P qui demeurent fortement élevées en régime d'écoulement de base comme en crue. La faible capacité de fixation du P serait ici un facteur déterminant dans les transferts de surface et hypodermique de P. L'année 2011 en est une de transition pour le réseau de bassins jumeaux de l'observatoire, dont la période de référence se termine à l'automne prochain. La période hivernale 2011-2012 sera ainsi propice à la planification des actions agroenvironnementales concertées dans l'ensemble des bassins Intervention du réseau d'étude.

Référence: Michaud, A.R., J. Deslandes, J. Desjardins et M. Grenier. 2009. Réseau d'actions concertées en bassins versants agricoles. Rapport final de projet. IRDA, FAQDD, CDAQ et PCVC. 155 p.

<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/204.html>

Évolution de la teneur en P Mehlich-3 des sols agricoles de Chaudière-Appalaches en fonction du bilan des apports et des exportations de phosphore

MARC-OLIVIER GASSER¹, MARIE-HÉLÈNE PERRON¹, MICHÈLE GRENIER¹ ET MARCEL GIROUX²

¹IRDA, Québec, QC

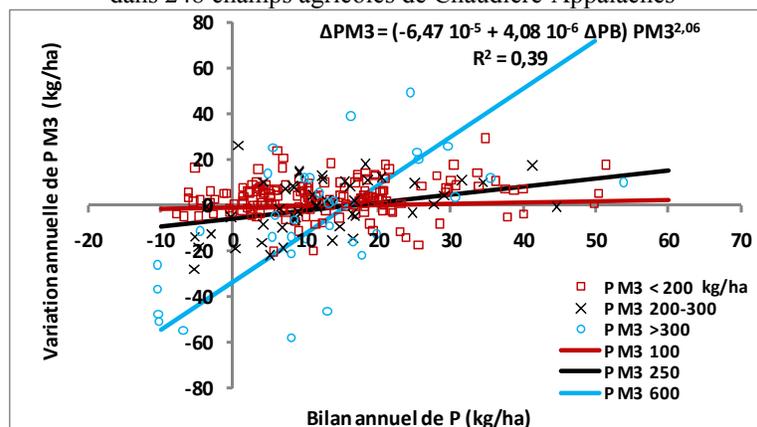
²Retraité

Marc-O.Gasser@IRDA.qc.ca

Mots clés : phosphore Mehlich-3, bilan de P, engrais de ferme, engrais de synthèse, réglementation

Depuis 2002, la réglementation québécoise limite les apports d'engrais de ferme dans les sols ayant des teneurs et des saturations élevées en phosphore (P). L'objectif général du projet consistait à quantifier et documenter l'évolution du P dans les sols de la région de Chaudière-Appalaches de 2002 à 2010 suite à la mise en place de ces mesures. Huit clubs conseils en agroenvironnement ont fourni les informations permettant de dresser le bilan des apports de P (engrais organiques et de synthèse) et des exportations de P reliées aux cultures dans 248 champs de producteurs agricoles. Les analyses de sol (pH, M.O. et P, K, Ca, Mg et Al extraits au Mehlich-3) en début et fin de bilan ont également été fournies. Sur les 1427 ha suivis, les lisiers de porc et les lisiers de bovins ont apporté 55 % du P épandu sur 57 % des superficies. Les prairies de graminées, le maïs-grain et les prairies de légumineuses représentaient les plus importantes cultures en termes de superficies récoltées (55 %) et d'exportation de P (67 %). Les apports annuels de P provenant des engrais variaient de 13 à 153 kg P/ha pour une moyenne de 64 kg P/ha, tandis que les exportations annuelles de P par les cultures variaient moins, soit de 14 à 78 kg P/ha pour une moyenne de 34 kg P/ha. Finalement, le bilan annuel de P variait de -11 à +54 kg P/ha pour une moyenne de +13 kg P/ha. Plusieurs propriétés des sols ont évolué au cours de cette période. Par exemple, la teneur en phosphore extrait au Mehlich-3 (P M3) a légèrement augmenté dans les sols ayant des teneurs initiales inférieures à 196 kg P M3/ha et a diminué dans les sols ayant des teneurs initiales supérieures. Par ailleurs, la teneur en Al M3 semble avoir augmenté au cours du temps passant d'une teneur moyenne de 970 mg Al M3/kg avant 2007 à 1133 mg/kg après 2007. Le pH à l'eau des sols a aussi augmenté au cours de cette période, surtout pour les sols ayant un pH eau initial < 6,5. Durant la période du bilan, le laboratoire responsable des analyses, a modifié ses méthodes de dosage des éléments extraits au Mehlich-3 pour passer à la spectrophotométrie par émission dans le plasma (ICP). Ces modifications pourraient expliquer en partie l'évolution des teneurs en P et Al M3 des sols, mais l'évolution du P M3 reflète aussi les interventions mises en place pour réduire les apports de P dans les sols présentant des teneurs et des saturations élevées en P au profit de sols ayant des teneurs plus faibles. Les teneurs en P M3 dans les sols de la région de Chaudière-Appalaches augmenteraient en moyenne de 0,36 kg P M3/ha par kg P/ha apporté en excès dans le bilan : $\Delta PM3 = -3,10 + 0,36 \Delta PB$ ($R^2 = 0,11$). L'inclusion de la teneur initiale en P M3 dans le modèle a permis de l'améliorer de façon significative: $\Delta PM3 = (-6,47 \cdot 10^{-5} + 4,08 \cdot 10^{-6} \Delta PB) PM3^{2,06}$ ($R^2 = 0,39$). Par contre, à l'inverse d'une de nos hypothèses de départ, la teneur en Al M3 comme indicateur de la capacité de fixation des sols en P ou comme variable explicative à l'évolution de la teneur en P M3 dans les sols, n'a pas contribué de façon significative à améliorer les modèles. Quelques explications seront présentées sur les sources d'erreur et les incertitudes entourant un tel exercice lorsqu'il est réalisé en condition de production.

Variation annuelle de la teneur en P M3 en fonction du bilan annuel de P dans 248 champs agricoles de Chaudière-Appalaches



L'écoconditionnalité : un outil économique de l'État incomplet

RAYMOND LEBLANC

Ordre des agronomes du Québec, 1001, rue Sherbrooke Est, bureau 810, Montréal, QC H2L 1L3
raymond.leblanc@oaq.qc.ca

Mots clés : pollution agricole, écoconditionnalité, assainissement de l'eau en milieu agricole, bassin versant.

Introduction

L'eutrophisation des plans d'eau est causée notamment par l'enrichissement des sols en phosphore (P) et par les pertes de P hors des champs. Les phénomènes de lessivage, de ruissellement de l'eau en surface et d'érosion des sols contribuent à ces pertes de P dans l'environnement. Le concept d'écoconditionnalité est défini comme « *un instrument d'administration publique qui vise à assurer une cohérence des actions gouvernementales en matière environnementale, une saine gestion des fonds publics et un suivi rigoureux du respect de la législation environnementale.* » (MAPAQ, 2003, p. 11). En 2001, le gouvernement créait le Groupe de travail sur l'écoconditionnalité dans le secteur agricole. En 2003, le Groupe de travail déposait un rapport au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Le Groupe de travail était composé de représentants du MAPAQ, du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, de la Financière agricole, de l'Union des producteurs agricoles et de l'Union québécoise pour la conservation de la nature. En 2004, l'État introduisait quatre mesures d'écoconditionnalité, soit la conformité du droit d'exploitation, du bilan de phosphore, de la bande riveraine et de la superficie utilisée pour la culture des végétaux.

Méthodologie

La méthodologie de l'étude consiste à analyser et comparer l'approche et les propositions du Groupe de travail sur l'écoconditionnalité avec l'approche et les mesures d'écoconditionnalité retenues par l'État en 2004.

Résultat

Les membres du Groupe de travail sur l'écoconditionnalité ont fait consensus sur les objectifs du concept mais ils n'ont pas fait consensus sur les mesures d'écoconditionnalité. L'un des objectifs consensuels était de favoriser l'adoption de pratiques agroenvironnementales ciblées en leur rattachant des mesures financières incitatives (MAPAQ, 2003, p. 11). Au Québec, mentionnons qu'aucune mesure d'écoconditionnalité incitative ne concerne l'adoption de pratiques de conservation des sols ou de protection des zones sensibles.

Conclusion

L'État devrait mettre en place un véritable programme d'assainissement de l'eau en milieu agricole axé vers des objectifs environnementaux, des interventions structurées dans le cadre d'une gestion par bassin versant prioritaire et des outils de contrôle complémentaires. La réglementation environnementale, l'écoconditionnalité et l'implantation d'un programme de paiements agro-environnementaux (compensations monétaires) pour les producteurs agricoles qui vont au-delà de la réglementation environnementale sont des outils nécessaires et complémentaires pour améliorer plus rapidement les écosystèmes aquatiques et agricoles. Un débat de société serait utile pour dégager les budgets nécessaires à long terme pour élaborer et mettre en œuvre ledit programme.

Références

- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. (2003). *Rapport final sur la mise en œuvre de l'écoconditionnalité dans le secteur agricole au Québec*, 63 p.
- Leblanc, R. (2010). *Le Groupe de travail sur l'écoconditionnalité dans le secteur agricole du Québec: une analyse des résultats dans le cadre d'une théorie de la gouvernance*. Université de Sherbrooke, mémoire de maîtrise, 216 p.

**RÉSUMÉS
SESSION III**

Gestion de l'eau

Calibration en laboratoire de quelques sondes de mesure au champ de la teneur en eau du sol

ISABELLE PERRON, ATHYNA N. CAMBOURIS ET MICHEL C. NOLIN

Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 979, Avenue de Bourgogne #140, Québec, QC, G1W 2L4.

isabelle.perron@agr.gc.ca

Mots clés : humidité du sol, EC-10, EC-TM, 5-TM, Hydrosense CS-620

Un surplus ou un manque d'eau dans le sol a des répercussions non seulement sur les processus de croissance de la plante, mais aussi sur les processus microbiologiques et pédologiques. La répartition de l'humidité du sol a un effet direct sur différents processus hydrologiques comme le ruissellement, l'infiltration, l'érosion ainsi que le lessivage, qui affecteront à leur tour la quantité et la qualité de l'eau de surface et/ou souterraine ainsi que la qualité des sols. Par ailleurs, la qualité de l'air peut elle aussi être affectée surtout lorsque le sol est gorgé d'eau. En effet, un sol saturé entraîne la dénitrification de l'azote résultant en formation de protoxyde d'azote (N₂O), un gaz à effet de serre plus nocif que le dioxyde de carbone (CO₂) (Brunelle et al. 2005).

L'objectif général du présent projet consiste à établir les courbes de calibration d'appareils de mesure d'humidité de différents sols du Québec. Afin d'atteindre cet objectif, cinq sols (Rougemont, St-Jude, Ste-Brigide, Providence, St-Dominique) de la région de la Montérégie et un sol de la région de Québec (série Morin) ont été prélevés selon deux profondeurs (0-30 cm et 30-60 cm). Les échantillons de sols ont été séchés à l'air libre et tamisés. Des apports de 250 ml d'eau (paliers de 0, 250, 500, 750 et 1000 ml) à environ 5 litres de sol sec ont permis d'humidifier le sol de façon homogène. Toutefois, pour la série Providence, sol très riche en argile, les paliers furent établis à 0, 750, 1200 et 1500 ml afin de permettre une distribution homogène de l'eau apportée. À chacun des paliers, les sols humides furent disposés dans quatre pots. Les sondes de mesure de l'humidité furent introduites verticalement et le sol fût compacté afin d'assurer un niveau de compaction similaire aux conditions de densité *in situ*. Les sondes captives ECH₂O, modèle EC-10, EC-TM et 5-TM, du manufacturier Decagon mesurant la teneur en humidité du sol ont été utilisées. Ces sondes branchées à des boîtiers (Onset et EM50) enregistreur de données ont permis d'obtenir des données continues (40 minutes) en m³/m³. Les logiciels spécialisés, Hoboware et ECH₂O Utility, ont permis le transfert des données et d'exposer les données sous forme de courbes en fonction du temps. Une sonde Hydrosense CS-620 permettant de recueillir des données ponctuelles du pourcentage de l'humidité de surface a aussi été calibrée. Pour chacun des pots et à chacun des paliers, l'humidité gravimétrique a été mesurée selon la méthode de Topp et al. (2008) sur un échantillon composite de volume spécifique de manière à comparer ces résultats avec les données mesurées par les sondes puis à créer les courbes de calibrations. Les analyses statistiques descriptives et multivariées ont été réalisées à partir du logiciel SAS.

Pour chacune des séries de sol, un modèle spécifique de courbe de calibration a été dérivé en fonction des résultats des analyses obtenues. L'analyse des modèles spécifiques a permis d'établir que les valeurs d'humidité mesurées à l'aide des sondes répondent au postulat de linéarité et présente une variance homogène avec les valeurs d'humidité mesurées par gravimétrie. Les coefficients de corrélation entre ses deux variables sont très élevés (> 90%). Les modèles présentent des R² très significatifs variant de 0.87 à 0.99. L'étude des contrastes des modèles spécifiques (pente et ordonnée à l'origine) n'a pas permis de grouper les sols par texture ou par teneur en matière organique afin d'établir une équation spécifique par classe texturale ou teneur en matière organique. Une équation générale pour chacune des sondes utilisant l'ensemble des données (n = 139) des différentes séries de sol a donc été établie. Ces résultats démontrent l'importance d'établir une calibration spécifique pour chaque sol et chaque sonde si l'on désire obtenir des valeurs précises et fiables des teneurs en humidité des sols.

Références

- Brunelle, A. 2005. Comment lire un profil de sol? Colloque en agroenvironnement « Des outils d'intervention à notre échelle. ». [Document pdf sur Agri-Réseau. 2005] www.agrireseau.qc.ca/.../documents/Brunelle_Andre.pdf.
- Topp, G.C., G.W. Parkin et Ty P.A. Ferré. 2008. *Soil water content*, pages 939 à 969. Dans: M.R Carter and E.G. Gregorich, Ed. *Soil Sampling and Methods of Analysis* 2nd Edition. Canadian Society of Soil Science.

Estimation des seuils d'irrigation en sols organiques par hydrodynamique

JEAN CARON¹, YANN PERIARD¹ ET SYLVAIN JUTRAS²

¹FSAA, Université Laval, Québec, QC, Canada

²Département des sciences du bois de la forêt, Université Laval, Québec, QC, Canada

Jean.Caron@fsaa.ulaval.ca

La laitue romaine est la production végétale la plus importante dans les sols organiques du Québec. Cependant, cette culture est hautement sensible à la brûlure de la pointe, un problème lié potentiellement au stockage et au transfert du calcium à l'intérieur de la plante, lui-même véhiculé par l'eau d'irrigation. Par conséquent, une définition précise des consignes d'irrigation apparaît critique afin de limiter ces dommages physiologiques potentiels. Des expériences au champ ont été faites pour déterminer dans les sols organiques les limites possibles aux mouvements d'eau susceptibles de causer la brûlure de la pointe. À différentes dates, des champs irrigués et non irrigués ont été suivis afin d'évaluer les flux d'eau en relation avec la brûlure de la pointe. Cette étude a démontré que les symptômes de brûlure de la pointe sont apparus durant des événements de haute demande d'évapotranspiration de l'été 2010, dès que le potentiel matriciel du sol tombait sous la valeur seuil de -10 to -15 kPa. Cette valeur de seuil était cohérente avec des valeurs faibles de conductivité hydraulique non saturée dans les différents horizons d'enracinement. Une approche par modélisation utilisant Hydrus a permis de quantifier les flux d'eau provenant du sol. L'utilisation de ce modèle a permis d'indiquer qu'un faible enracinement dans les horizons plus profonds et des transferts d'eau lents à des valeurs de potentiel matriciel inférieur à -15 kPa ont été des facteurs aggravant l'importance de ce désordre physiologique durant les canicules.

Gestion de la salinité en substrats sciure-tourbe

GUILLAUME LETOURNEAU¹, JEAN CARON¹, RÉMI NAASZ², D.E. ELRICK³ ET CAROLE BOILY¹

¹Dep. Des Sols et Génie Agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada.

²Premier Tech Horticulture Ltée, Rivière-du-Loup, Canada.

³University of Guelph, Guelph, Canada.

guillaume.letourneau.1@ulaval.ca

Mots clés : tomate de serre, salinité, eau immobile, mélanges sciure-tourbe.

Des substrats organiques composés de sous-produits d'industries québécoises, la sciure d'épinette et la tourbe modérément décomposée, ont déjà démontré un grand potentiel pour la culture en serre intensive. Disponibles à un coût moindre que les principaux substrats commerciaux, ils permettent l'obtention de rendements aussi élevés. Leur utilisation pourrait également mener à des économies d'eau et de fertilisants. Cependant, des problèmes associés à la gestion de la salinité en cours de culture ont été observés avec ces substrats. La présente étude a pour objectif la compréhension des mécanismes de transport et d'accumulation des sels en substrats sciure-tourbe et l'optimisation de la régie de l'irrigation pour la production de tomate de serre sur de tels substrats.

Des essais en serres commerciales et expérimentales de longue et moyenne durée ont été réalisées afin d'évaluer les performances des substrats sciure-tourbe pour la culture de la tomate tout en réalisant un suivi de l'évolution de la salinité des substrats et de la solution du sol. Des expériences de laboratoire ont également été effectuées afin de déterminer les propriétés physico-chimiques des substrats qui jouent un rôle dans le transport et l'accumulation des sels. Basé sur les résultats de ces expériences, le logiciel HYDRUS 3D a été utilisé afin de reproduire par simulation des conditions de culture en serre pour évaluer l'impact sur l'évolution de la salinité du substrat de différentes combinaisons de propriétés des substrats et de pratiques de gestion de l'irrigation.

Dans tous les essais de culture, les substrats sciures-tourbes ont permis l'obtention de rendements équivalents ou supérieurs aux matériaux de référence. En plus de fidèlement reproduire les phénomènes observés lors des essais de culture, Les simulations ont permis de constater que quelques pratiques simples de gestion de l'irrigation (nombre et position des goutteur, couvert pour restreindre l'évaporation, intensité du lessivage) permettraient de maintenir la salinité du substrat à des niveaux optimaux pour la culture de la tomate.

Variabilité spatiale de la réserve en eau utile pour la plante en sols organiques sous culture maraîchère comme outil pour une gestion locale de l'irrigation

JONATHAN A. LAFOND¹, JEAN CARON¹, SYLVAIN JUTRAS² ET YANN PÉRIARD¹

¹Centre de recherche en horticulture, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Qc.

²Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, Qc.

jonathan.lafond.2@ulaval.ca

Mots clés : RFU, sol organique, irrigation, géostatistique

Les termes « réserve en eau facilement utilisable par la plante » (RFU) sont généralement utilisés en sciences du sol pour désigner la capacité en eau du sol en tant que support pour la plante. Cette RFU a été redéfinie par Groenevelt et al. (2001) afin de la considérer comme une « capacité en eau intégrale ». Cette définition permet d'intégrer dans le calcul de la RFU différentes propriétés du sol comme la conductivité hydraulique, l'aération, la profondeur du profil de sol, la profondeur d'enracinement; toutes des propriétés qui peuvent varier spatialement à l'échelle du champ. Dans une perspective d'irrigation de précision, il devient donc important de considérer la variabilité spatiale de la RFU afin d'optimiser la conservation de l'eau et d'améliorer les rendements.

Cette étude est réalisée sur des sols organiques de la région de la Montérégie (Qc), en production maraîchère. Des cylindres de sol non-perturbé ont été prélevés dans deux horizons différents, un dans un horizon humique compacté (entre 15 et 25 cm de profondeur) et un autre dans un horizon généralement fibrique ou mésique (environ à 35-40 cm de profondeur). Les cylindres géoréférencés servaient ensuite à caractériser en laboratoire la conductivité hydraulique saturée et la courbe de rétention en eau. Une modélisation non-linéaire était ensuite appliquée sur chaque courbe de désorption pour permettre le calcul de la capacité en eau du sol. La profondeur d'enracinement de la laitue, l'épaisseur de matière organique et la conductivité hydraulique saturée étaient ensuite utilisées dans le calcul de la RFU. L'analyse géostatistique de la RFU a été réalisée à l'aide de GS+ (LLC Gamma Design Software) en considérant l'anisotropie et en utilisant une covariable de profondeur de matière organique dans le processus de krigeage. Les résultats obtenus dans GS+ étaient ensuite utilisés pour produire les cartes dans ArcGIS (ESRI).

Les résultats permettent de différencier des zones spécifiques où la RFU est moins importante, donc où l'irrigation devrait être contrôlée de manière plus attentive. La conductivité hydraulique de l'horizon induré a aussi permis de localiser des secteurs où la RFU peut être affectée négativement par un problème d'infiltration d'eau plus en profondeur dans le profil, causant des phénomènes de nappe perchée et de mauvais drainage, résultant souvent en des pertes de rendement pour les producteurs. Les cartes de RFU sont donc considérées comme un outil de gestion locale de l'irrigation dans une stratégie d'optimisation des rendements et de l'utilisation de l'eau.

Références

Groenevelt, P.H., Grant, C.D., and Semetsa, S. 2001. A new procedure to determine soil water availability. *Australian Journal of Soil Research* **39**, 577-598.

Importance de maintenir une bonne infiltration pour assurer la durabilité des systèmes de drainage souterrain

GEORGES LAMARRE¹, ODETTE MÉNARD² ET MYRIAM GAGNON³

¹MAPAQ, 177, St-Joseph, Ste-Martine, QC

²MAPAQ, 1355, Johnson Ouest, bur 3300 St-Hyacinthe, QC

³MAPAQ, 167-B, St-Jacques, Napierville, QC

georges.lamarre@mapaq.gouv.qc.ca

Mots clés : infiltration, drainage souterrain, compactage

Introduction

La productivité accrue ajoute une pression constante sur la structure des sols. Les équipements de plus en plus lourds appliquent des charges excessives. La capacité d'infiltration des sols baisse-t-elle? Les systèmes de drainage vieillissent, ont plus de 30 ans. Sont-ils encore efficaces?

Observations

Des observations de la culture du maïs-grain démontrent une baisse de rendement entre les drains en comparaison avec le rendement au dessus des drains, dans plusieurs cas. Plusieurs producteurs optent pour le nivellement et ajoutent un drain entre les lignes existantes pour assurer une production adéquate. Est-ce vraiment nécessaire?

Des sondages ont permis d'observer des problématiques au niveau des drains : colmatage des pertuis, présence de racines dans les tuyaux, problématiques d'installation, ocre de fer, etc.

Des essais d'infiltration à l'aide de l'infiltromètre à pression constante ont été réalisés sur plusieurs fermes. Le but est de comparer l'infiltration sur des sols en semis direct depuis plusieurs années avec des sols travaillés en mode conventionnel. L'infiltration est comparée dans les 10 premiers centimètres et à 40 cm. Les résultats sont liés à la santé du sol analysé. Une belle structure infiltre bien.

De plus, des observations sur le comportement de la nappe phréatique ont été réalisées dans le cadre d'un projet : « Détermination d'une méthode d'évaluation de l'efficacité des systèmes de drainage souterrain » en cours; programme canadien d'adaptation agricole (PCAA), proposé par le club agroenvironnemental Dura-club inc.(1). L'objectif principal de ce projet est de développer une méthode permettant de diagnostiquer les causes d'un mauvais drainage par l'évaluation du système de drainage souterrain existant. Le profil de comportement de la nappe phréatique montre l'efficacité de drains et permet de faire un lien avec l'écartement entre les drains. Des profils de sol observés montrent des sols compacts, des nappes phréatiques perchées et des problèmes d'infiltration.



Photo Pierre Filion montrant baisse de rendement entre les drains

Références

(1)Dura-club inc. a/s Myriam Gagnon

Comparaison de la gestion globale et locale de l'irrigation de la laitue romaine en sol organique

YANN PÉRIARD¹, JEAN CARON¹, SYLVAIN JUTRAS² ET JONATHAN A. LAFOND¹

¹Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, QC

²Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval, Québec, QC

yann.periard-larrivee.1@ulaval.ca

Mots clés : irrigation, réserve facilement utilisable, variabilité spatiale, sol organique

La production de la laitue au sud-ouest du Québec est la culture la plus importante pour les producteurs maraîchers de cette région. Elle s'effectue essentiellement sur des sols organiques. La laitue possède toutefois des risques importants de stress hydrique lors de période de forte demande d'évapotranspiration au cours de la saison de croissance. La gestion de l'irrigation demeure complexe pour le producteur, car le diagnostic de l'humidité du sol est très difficile. De plus, la variabilité spatiale des propriétés physiques du sol à l'intérieur des champs peut causer un problème d'hétérogénéité de réponse à l'irrigation (Warrick et Gardner 1983). En effet, des zones peuvent être sous-irriguées et d'autres peuvent avoir des excès d'eau. Ceci provoque une mauvaise utilisation de l'eau et peut causer des diminutions de rendements et des problèmes environnementaux. Une gestion locale de l'irrigation, qui tient compte des patrons spatiaux des propriétés physiques, peut permettre d'obtenir des rendements beaucoup plus homogènes (Nijbroek et al. 2003). Les sols organiques possèdent une forte hétérogénéité de la réserve en eau facilement utilisable. Ceci rend difficile la gestion de l'irrigation. L'objectif de cette étude est de comparer une gestion globale de l'irrigation à une gestion locale de l'irrigation.

Une expérience au champ a été réalisée au cours de l'été 2010 sur une superficie de 7ha. La décision de la commande d'irrigation était basée sur l'information générée par des tensiomètres à trois profondeurs de sol disposés dans chacune des zones à l'intérieur du champ. Le seuil critique d'irrigation était de -30 kPa. Ce seuil a été déterminé à partir des résultats d'expériences réalisées aux champs (Bergeron Piette 2010). La gestion locale tenait compte uniquement de l'information à l'intérieur de la zone sous gestion locale. Le seuil d'intervention pour la gestion globale était basé sur la grande moyenne de l'ensemble des zones sous gestion globale. Une caractérisation physique des sols et une cartographie de la réserve en eau facilement utilisable ont été effectuées au préalable pour permettre de définir les zones de sol à l'étude.

L'étude a révélé l'importance de tenir compte des patrons spatiaux de la réserve en eau facilement utilisable à l'intérieur des champs, ainsi que la date de plantation sur les besoins en eau de la laitue. Cette stratégie d'irrigation localisée a eu un effet positif sur les rendements en laitue commercialisable. Cette approche de gestion des besoins en eau devient primordiale pour le producteur afin de déterminer les zones d'interventions à préconiser au cours des périodes à forte demande d'évapotranspiration.

Références

- Bergeron Piette, É. 2010. Perte d'eau et de solutés durant l'irrigation des laitues romaines en sols organiques : comparaison de méthodes d'évaluation et impacts sur les rendements. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, QC, Canada. Sous presse.
- Nijbroek, R., G. Hoogenboom, et J.W. Jones. 2003. Optimizing irrigation management for a spatially variable soybean field. *Agricultural Systems*. 76:(1)359–377.
- Warrick, A.W., et W.R. Gardner. 1983. Crop yield as affected by spatial variations of soil and irrigation. *Water Resour. Res.* 19:(1)181–186.

Caractérisation des effluents des fermes de canneberge

SÉBASTIEN MARCHAND¹ ET RÉMI ASSELIN²

¹Département des sols et de génie agroenvironnemental, Université Laval, Québec, Canada

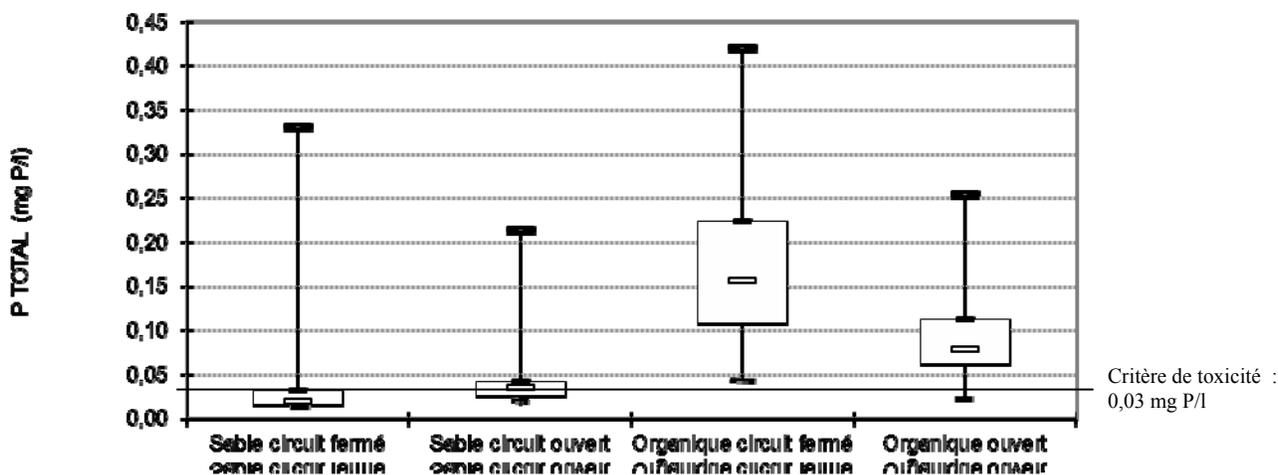
²Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Nicolet, Québec, Canada
sebastien.marchand.4@ulaval.ca

Mots clés : caractérisation, qualité de l'eau, canneberge, pesticides.

Les effluents de quatre cannebergeries ont été caractérisés durant deux saisons de culture. Les éléments inorganiques analysés étaient le phosphore total, l'azote ammoniacal et les matières en suspension. Les pesticides utilisés comme le dichlobenil, le napropamide, le clopyralide, le 2-4 D, le glyphosate, le sethoxydime ainsi que les insecticides diazinon et azynphos-méthyl ont également été analysés. Deux exploitations sur sol organique et deux sur sol sableux, dont une avec récupération et recyclage de l'eau et l'autre avec rejet direct à l'émissaire étaient comparées afin de vérifier l'effet de la rétention de l'eau sur la qualité des rejets à la rivière.

Les résultats montrent que les rejets de phosphore sont plus élevés dans le cas des fermes sur sol organique comparativement à celles sur sable. Quant aux pertes d'azote ammoniacal (N-NH₄), elles sont faibles et en-dessous du critère de 1,22 mg/l pour les deux types de fermes. En ce qui concerne les pesticides, nous avons retrouvé du dichlobenil dans l'eau sur toutes les fermes même plusieurs mois après les applications. Quant aux insecticides, le diazinon est le produit le plus utilisé et celui-ci a été retrouvé à la sortie des fermes en concentration dépassant le critère de protection de vie aquatique de 0,002 mg/l. Dans les sols organiques, la rétention de l'eau permet de diminuer les rejets de phosphore à la rivière. Également, la rétention de l'eau permet de réduire les risques de contamination à la rivière après les applications de diazinon dans les deux types de fermes avec système de recyclage. Dans l'échantillonnage de la rivière, nous avons observé la présence de diazinon dans 85 % des échantillons pour les fermes à circuit ouvert comparativement à 35 % des échantillons pour celles à circuit fermé. Les résultats suggèrent également de retenir l'eau sur la ferme au moins 15 jours en période d'application d'insecticides afin de minimiser les risques de rejets à la rivière.

Comparaison des rejets de phosphore total (P tot) dans les effluents des cannebergeries à l'étude



RÉSUMÉS
SESSION D’AFFICHES II

Nouvelles méthodes d'évaluation de la CEC des sols minéraux

NICOLAS SAMSON, ELIZABETH PARENT, ANTOINE KARAM ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

nicolas.samson@fsaa.ulaval.ca

Mots clés : CEC, pH tampon, acidité échangeable, argile et matière organique

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du potentiel du sol à retenir les bases échangeables sur les colloïdes argileux et organiques. Une partie de la CEC est occupée par l'acidité échangeable (H^+ et Al^{3+}) et l'autre par les bases (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} etc.). La CEC est déterminée par la méthode de l'acétate d'ammonium à pH 7,0. Toutefois, les laboratoires commerciaux d'analyses de sol se servent souvent de l'équation présentée dans le guide CRAAQ (2011) pour évaluer la CEC. Nous avons vérifié calcul de l'acidité échangeable (7,5-pH tampon*9) avec 110 sols du Québec. L'équation actuelle a surévalué la CEC de 14% en moyenne. La valeur 8 a permis d'obtenir une pente de 1 entre la CEC mesurée et prédite, mais le coefficient de régression est faible ($r^2=74$). L'acidité échangeable estimée (7,5-pH tampon*8) n'était pas bien corrélée à l'acidité échangeable mesurée ($r^2=28$).

Une seconde équation incluant les contenus en argile et en matière organique a été évaluée sur un plus grand nombre de sol du Québec (n=210), avec la procédure REG de SAS comme suit :

$$CEC \text{ (cmol/kg)} = 2,84 * MO(\%) + 0,24 * \text{argile} (\%) \quad (r^2=95)$$

Enfin, les mesures réalisées en proche infra-rouge (NIRS) montrent aussi un niveau très élevée (96%) en sols G2 et G3. Cette dernière méthode rapide et peu coûteuse, qui demande une validation incluant les sols G1, semble appropriée pour évaluer la CEC des sols G2 et G3.

Référence

CRAAQ, 2010. Chapitre 2 : Le sol. Guide de référence en fertilisation, 2ième édition. p. 1 à 54. Québec, Canada.

Minéralisation de l'azote dans deux composts enrichis de chlorotétracycline

SITHURAIN KENDE, ANTOINE KARAM ET LÉON ÉTIENNE PARENT

ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

antoine.karam@fsaa.ulaval.ca

Mots clés: fumiers de ferme, chlorotétracycline, contaminant, nitrate.

Dans les systèmes d'élevage conventionnels, les fumiers compostés peuvent contenir des antibiotiques. Ces substances sont ajoutées aux rations des animaux à des fins prophylactiques, de croissance ou thérapeutiques. Cependant, on ne connaît pas l'effet que ces derniers peuvent avoir sur la production de nitrate (NO_3), forme facilement assimilable par la plante, dans les composts avant leur application au sol. L'objectif de la présente étude est de suivre l'évolution de la production de NO_3 dans deux composts à base de fumier de bovin en présence de trois doses (0, 450 et 2250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de compost) de chlorotétracycline (CTC). Les traitements ont été répétés trois fois. Les fumiers compostés contenaient de la paille (CP) ou de la sciure de bois (CS). La production de NO_3 à partir du N organique des composts a été déterminée durant une incubation aérobie comprenant sept périodes (0, 10, 20, 40, 80, 120 et 160 jours), sous des conditions contrôlées de température et d'humidité. En général, le compost CP sans ajout de CTC a produit une quantité de NO_3 légèrement plus élevée que le compost CS. Les quantités de NO_3 produites dans les composts traités avec CTC étaient inférieures à celles des composts sans CTC (témoins). En moyenne au cours de l'incubation, l'ajout de CTC réduit de 10% la production de NO_3 dans le compost CP et de 12% dans le compost CS. L'inhibition était déjà présente après 10 jours d'incubation. Elle s'est stabilisée après 20 jours dans le compost CP et s'est poursuivie graduellement dans le compost CS jusqu'à la fin de l'incubation. Il est donc important d'approfondir les connaissances sur les réactions et les transformations des antibiotiques dans les composts pour mieux cerner l'impact de ces contaminants sur les processus biologiques lors du compostage.

Effet d'une chaux dolomitique sur la phytodisponibilité de l'aluminium dans un podzol humo-ferrique

LUC M.C. CASSÉUS, ANTOINE KARAM ET LÉON ÉTIENNE PARENT

ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

antoine.karam@fsaa.ulaval.ca

Mots clés: chaux dolomitique, amendement, fractions de sol, métal.

La phytodisponibilité de l'aluminium (Al) est particulièrement préoccupante dans les podzols acides en raison de l'effet toxique que peut exercer l'Al sur la croissance des plantes. Toutefois, l'ajout de chaux agricoles peut mitiger la solubilité et la phytodisponibilité de l'Al, dépendant de sa répartition dans les fractions du sol. Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer l'effet de l'apport d'une chaux dolomitique sur le fractionnement de l'Al dans un sol humo-ferrique de la série Morin ainsi que sur la répartition de l'Al dans les différentes parties du maïs (*Zea mays* L.). Des échantillons d'un sol acide (pH 5,1) ont été introduits dans des colonnes (diamètre interne 15 cm par 40 cm de longueur) puis amendés dans les 10 premiers centimètres du sol avec 0, 0,41, 0,82, 1,64, 3,28 g/kg de chaux dolomitique. Après la récolte du maïs, les quantités d'Al présentes dans les échantillons de sols ont été fractionnées afin d'extraire le métal associé aux phases suivantes: "échangeable", "carbonate", "oxyde", "matière organique/sulfure précipité" et "résiduelle". Les résultats démontrent que la fraction échangeable est la plus significativement affectée par les doses de chaux. La quantité d'Al échangeable (1 M MgNO₃, pH 7,0) était très faible (< 0.6%). La fraction "oxyde" représentait environ 63% de l'Al total. Les quantités de Ca échangeable (Ca-éch) et de Mg échangeable (Mg-éch) (0,5 M BaCl₂-TEA, pH 8,2) étaient négativement corrélées à celles d'Al échangeable (Al-éch). Les quantités de Al-éch étaient en relation inverse avec les paramètres suivants: Ca-éch (r = -0.914), Mg-éch (r = -0.944), pH du sol (r = -0.958) et les concentrations de Ca dans les tiges (r = -0.960), les feuilles (r = -0.920), les fleurs (r = -0.660), les épis (r = -0.850) et les racines (r = -0.881). En revanche, les quantités de Al-éch étaient positivement corrélées avec les concentrations d'Al dans les différentes parties de la plante : tiges (r = 0.754), feuilles (r = 0.936), fleurs (r = 0.926), épis (r = 0.825) et racines (r = 0.925). La plus forte concentration d'Al se trouvait dans les racines. Le chaulage du sol à pH = 6,4 a réduit la quantité de Al-éch à 0,13 cmol_e/kg et le rapport Al-éch/(Ca+Mg)-éch à 0,01. La concentration de l'Al a varié entre 10,7 à 34,7 mg/kg dans les tiges et entre 25,9 et 57,1 mg/kg dans les feuilles, concentrations en deçà de la valeur critique de toxicité établie à 80 mg/kg pour la majorité des cultures, et ce peu importe la valeur du pH et le niveau de Al-éch dans le sol. En conclusion, l'application de la chaux dolomitique contribue à diminuer substantiellement la quantité de Al-éch dans le sol et son prélèvement par la plante.

Microencapsulated *Sinorhizobium meliloti* formulation as alfalfa inoculant

ROJAN P. JOHN¹-TAREK ROUSSI¹, M. NAJIB¹, R.D. TYAGI¹, SATINDER K. BRAR¹, DANIELLE PREVOST² ET R. Y. SURAMPALLI³

¹Institut National de la Recherche Scientifique- Eau, Terre & Environnement (INRS-ETE), Université du Québec, 490, Rue de la Couronne, Québec G1K 9A9, Canada

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, Québec G1V 2J3, Canada

³USEPA, P.O. Box-17-2141, Kansas City, KS 66117, USA

John.Rojan@ete.inrs.ca; tarekrouissil@yahoo.fr

Mots clés : microencapsulation; *Sinorhizobium meliloti*; starch industry wastewater

Commercial rhizobial bio-inoculants are available as powder, granules and liquid, while encapsulation formulation is an interesting approach. Alginate is a promising polymer having versatile properties in encapsulation of microorganisms (Wang et al. 2006) and is totally an environmentally friendly material. Encapsulation has the same advantages than any other microbial formulation as it can be applied along with the seeds during sowing by simple mixing. Encapsulated microorganism can survive in beads due to the protective effect of matrix and there will be controlled release of microorganism by virtue of slow release of bacteria (Bashan, 1986).

In the current study, *Sinorhizobium meliloti* grown in starch industry wastewater was microencapsulated for agricultural application using low viscous sodium alginate as an encapsulation matrix. Sodium alginate mixed with cell concentrate was dropped into canola oil and emulsion technique was used for the production of microbeads. CaCl₂ (1 M) was used as a cross-linking agent. The efficiency of encapsulated formulation upon 3 months of storage at 4°C showed 9.9×10^9 CFU/mL (initial cell concentration 1×10^{10} CFU/mL). Microencapsulated formulation was coated on alfalfa seeds and $\sim 5.0 \times 10^4$ CFU/seed survived after 3 months of storage which was close to the highest level of prescribed requirement (10^3 - 10^5 CFU/seed).

Références

- Bashan, Y. (1986). Alginate beads as synthetic inoculant carriers for slow release of bacteria that affect plant growth. Appl. Environ. Microbiol. 51, 1089-1098
- Wang W, Liu XD, Xie YB, Zhang HA, Yu WT, Xiong Y, Xie WY, Ma XJ (2006) Microencapsulation using natural polysaccharides for drug delivery and cell implantation. J Mater Chem 16:3252–3267

Développement de formulations solides de *Sinorhizobium meliloti* à base de mélange tourbe-rejets industriels

TAREK ROUISSI¹, MAHMOUDI AMIN¹, ROJAN P. JOHN¹, D. PREVOST², SATINDER K. BRAR¹ ET R.D. TYAGI¹

¹Institut National de la Recherche Scientifique- Eau, Terre & Environnement (INRS-ETE), Université du Québec, 490, Rue de la Couronne, Québec G1K 9A9, Canada

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, Québec G1V 2J3, Canada

tarekrouissi1@yahoo.fr

Mots clés : *Sinorhizobium meliloti*, tourbe, rejets, enrobage,

La disponibilité de la tourbe représente une contrainte pour le développement des formulations de bioinoculants. La réduction des quantités de tourbe et la production efficace de cellules dans des milieux alternatifs au milieu standards permettront d'abaisser les coûts de production et de favoriser l'utilisation de ces produits (bioinoculants) à grande échelle. Dans cette étude, nous avons évalué la possibilité d'incorporer des pourcentages (30% p/p) de plusieurs rejets dans les formulations en poudres à base de tourbe.

Ces mélanges ont été utilisés comme support de croissance pour le *Sinorhizobium meliloti*. Les rejets étudiés étaient : le lactosérum (en poudre), les rejets de pomace, les eaux usées de microbrasserie (séchées), les eaux usées d'amidon (séchées), et les germes de blé. Les *Sinorhizobium meliloti* ont été cultivés dans les eaux usées d'industries d'amidon (en fermenteur 15l, 30°C, 48h, concentration finale en cellule $\approx 8.8 \cdot 10^9$ UFC/ml). Les mélanges tourbe-rejets ont été inoculés à 40%v/v. La maturation a été faite à 28°C, pendant 10 jours.

Le dénombrement des cellules a été fait à la fin de maturation. En comparant par rapport au contrôle (tourbe 100%), les résultats montrent qu'il est possible d'incorporer des fractions de ces rejets sans affecter les performances de la tourbe en termes de viabilité de cellules. Le mélange lactosérum-tourbe a permis d'atteindre des concentrations en cellules supérieures à celles dans le contrôle.

Les rejets de pomace, des eaux usées d'amidon et les boues d'épuration secondaires, (après concentration par centrifugation), ont été testés comme agent d'enrobage sur les semences (à 5% w/v), la viabilité des cellules sur les semences a été suivie pendant 4 mois. Les résultats montrent qu'il est possible de maintenir une concentration dans les normes (minimum 10^3 UFC/semence) jusqu'à 115 jours avec les eaux usées d'amidon. Les boues d'épuration permettent une bonne protection des cellules : la concentration en cellules viables s'est maintenue supérieure à la norme limite jusqu'à 75 jours de conservation à la température ambiante.

Concentrations minimales et maximales des oligo-éléments dans les feuilles de bleuet sauvage

JEAN LAFOND

AAC, CRDSGC, Normandin, QC

Jean.Lafond@agr.gc.ca

Mots clés : *Vaccinium angustifolium* Ait, oligo-éléments, concentration minimale et maximale des feuilles

Les concentrations minimales et maximales des oligo-éléments dans les feuilles de bleuet sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait.) ont été déterminées dans des études réalisées antérieurement dans les provinces maritimes canadiennes et au Maine (Lockhart et Langille 1962; Trevett 1972). Une étude réalisée au Saguenay-Lac-Saint-Jean (Bouchard et Gagnon 1987) a indiqué que les valeurs des concentrations en B, en Cu, en Fe et en Mn des feuilles ont été situées entre les concentrations minimales et maximales proposées par Trevett (1972). Seule la concentration en Zn des feuilles a été sous la concentration minimale suggérée.

Les seuils des concentrations minimales et maximales des oligo-éléments des feuilles du bleuet nain proposés antérieurement ne sont plus nécessairement adaptés à la productivité atteinte depuis quelques années et au mode de gestion des bleuetières. De plus, ces seuils ont été développés pour le bleuet cultivé sous des conditions pédo-climatiques différentes de celles du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Ainsi, l'objectif de l'étude a été de déterminer les concentrations minimales et maximales des oligo-éléments des feuilles de bleuet nain sauvage sous les conditions climatiques et édaphiques du Saguenay-Lac-Saint-Jean en utilisant l'approche de Quesnel et al. (2006) qui permet d'identifier le rendement maximal pour l'ensemble des concentrations des oligo-éléments.

Des essais de fertilisation azotée et phosphatée ont été réalisés dans 13 bleuetières commerciales entre 2001 et 2008. En moyenne, plus de 80 % des échantillons ont rencontré les nouvelles concentrations minimales pour les oligo-éléments des feuilles. Les valeurs des seuils ont été revues à la baisse pour les concentrations minimales en aluminium (Al), en cuivre (Cu), en fer (Fe), en manganèse (Mn) et en zinc (Zn). Seule la concentration minimale en bore (B) des feuilles a été revue à la hausse. Les valeurs des seuils des concentrations maximales ont aussi été revues à la baisse. Les concentrations minimales et maximales ont été de 26,2-73,5 mg kg⁻¹ pour le Al, 32,2-52,9 mg kg⁻¹ pour le B, 2,6-5,5 mg kg⁻¹ pour le Cu, 17,2-22,7 mg kg⁻¹ pour le Fe, 197-253 mg kg⁻¹ pour le Mn et 5,6-9,3 mg kg⁻¹ pour le Zn. La détermination de nouvelles concentrations minimales et maximales des oligo-éléments des feuilles a permis d'établir des intervalles de suffisance correspondant aux conditions de croissance du bleuet dans la région.

Références

- Bouchard, A. R. et Gagnon, M. J. 1987. Nutrient status of the lowbush blueberry, Lac-Saint-Jean Area, Québec, Canada. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **18**(5): 675-686.
- Lockhart, C. L. et Langille, W. M. 1962. The mineral content of lowbush blueberry. *Can. Plant Dis. Survey* **42**: 124-128.
- Trevett, M. F. 1972. A second approximation of leaf analysis standards for lowbush blueberries. *Maine Agr. Exp. Stat. Res. Life Sci.* **19**: 15-16.

Impact du travail du sol et de la fumure sur les rendements des cultures en orge continu et en rotation avec des plantes fourragères

NICOLE BISSONNETTE¹, JEAN LAFOND², DENIS PAGEAU², RAYNALD DRAPEAU² ET DENIS A. ANGERS¹

¹AAC, CRDSGC, Sainte-Foy, QC

²AAC, Ferme de recherche, Normandin, QC

Nicole.Bissonnette@agr.gc.ca

Mots clés : rendement, orge, plantes fourragères, labour, chisel, lisier de bovin.

Les pratiques culturales telles que les rotations, le travail du sol et la fertilisation organique influencent la qualité du sol et, par conséquent, le rendement des cultures. Après 20 ans de culture d'orge en monoculture et en rotation avec des plantes fourragères sur l'argile Normandin (Gleysol humique) à Normandin au Québec, on a comparé l'effet du travail du sol (labour conventionnel vs chisel) et de la fertilisation (minérale vs lisier de bovin) sur les rendements en grains de l'orge et en matière sèche des fourrages. On a utilisé le calcul du rendement relatif (rendement dans la rotation/ l'orge continu) pour comparer les rendements en grains des cultures d'orge. Le travail du sol a eu peu d'effet sur le rendement de cultures que ce soit dans la monoculture ou la rotation d'orge. Dans la monoculture, la fertilisation minérale a produit des rendements significativement plus élevés que le lisier de bovin. En moyenne, les rendements en grains d'orge ont été de 12 à 37% plus élevés dans la rotation que la monoculture et les augmentations les plus importantes ont été obtenues avec le lisier de bovin. Globalement, le système de culture d'orge en rotation avec des fourrages combiné avec l'utilisation du lisier de bovin a permis l'atteinte des plus hauts rendements. Une partie de cet effet est sûrement attribuable au niveau élevé de la qualité des sols observé dans ces systèmes, en particulier la teneur en MO et la structure du sol. L'analyse ultérieure des prélèvements en éléments nutritifs permettra de mieux départager ces effets de ceux liés directement à la nutrition des plantes.

Production de tomates en serre en mélange organique sciure/tourbe

CAROLE BOILY¹, JEAN CARON¹, GUILLAUME LÉTOURNEAU¹, STEEVE PEPIN¹, RÉMI NAASZ³ ET MARTINE DORAIS²

¹Département des sols et de génie agroalimentaire, Centre de recherche en horticulture, Université Laval, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche en horticulture, Université Laval, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

³Premier Horticulture Ltée, Rivière-du-Loup, QC, Canada, G5R 6C1

Carole.Boily@fsaa.ulaval.ca

Mots clés: substrat, pots, remontée capillaire, serre, *Lycopersicon esculentum*

Le Canada est un chef de file en production de tomates de serre. Cependant, il fait face à une compétition grandissante, notamment de la part du Mexique et du sud-ouest des États-Unis. Traditionnellement, la production de tomates de serre se fait principalement dans la laine de roche, milieu de culture dispendieux et produisant un volume important de déchets. L'usage d'un substrat plus écologique et moins coûteux a orienté les recherches vers l'utilisation de sous-produits forestiers et de tourbe comme milieu de culture. Les recherches échelonnées sur une période de 4 ans avaient pour objectifs, entre autres de comparer une génération expérimentale de substrats aux produits habituellement utilisés et d'évaluer l'effet de l'aération sur les rendements. Deux substrats sciure/tourbe avec des porosités d'air de 25 et 40% ont été comparés à la production sur pain de laine de roche et de fibre de coco. Des mesures du confort hydrique des plants pour les différents traitements ont été réalisées afin de définir les plages de potentiel matriciel favorisant le meilleur taux de photosynthèse. Ces mesures ont suggéré qu'il était possible d'atteindre avec les mélanges sciure-tourbe des rendements équivalents ou supérieurs à la laine de roche et à la fibre de coco, notamment avec un substrat ayant une porosité d'air de 25%. Un substrat sciure-tourbe permettant une activité photosynthétique accrue chez les plants a pu être développé dans le cadre des expériences. Même si les expériences ont démontré qu'il est possible d'obtenir des rendements équivalents et même supérieurs à la fibre de coco en utilisant des sous-produits forestiers et de la tourbe de moindre qualité pour produire des tomates de serre, des essais sur la gestion du climat et des autres facteurs influençant la production devront être réalisés afin de permettre aux substrats sciure-tourbe d'exprimer leur plein potentiel.

Effet de zones tampon végétales (bandes enherbées et enherbées+arborées) sur la dégradation de l'herbicide atrazine en dééthylatrazine dans l'eau de ruissellement et de drainage

EMMANUELLE CARON¹, PIERRE LAFRANCE¹, JEAN-CHRISTIAN AUCLAIR¹ ET MARC DUCHEMIN²

¹INRS-ETE, 490 de la Couronne, Québec, QC

²IRDA Inc, 2700 Einstein, Québec, QC

pierre.lafrance@ete.inrs.ca

Mots clés: bandes végétales, herbicides, ruissellement de surface, infiltration, rapport dééthylatrazine/atrazine

Introduction

L'efficacité des bandes végétales aménagées en bordure des champs pour réduire la contamination des eaux de surface par les herbicides est bien documentée. En augmentant le temps de résidence des herbicides dans le sol, les bandes végétales favorisent, entre autres, leur adsorption aux particules de sol et leur dégradation. L'atrazine demeure l'un des herbicides les plus couramment utilisés dans la culture intensive du maïs et est souvent détecté dans les cours d'eau du Québec. Un de ses principaux produits de dégradation, le dééthylatrazine (DEA), est un bon indicateur du temps de résidence de son composé-parent. L'objectif de la présente étude consistait à déterminer l'efficacité des bandes végétales à réduire la toxicité des eaux les traversant en favorisant la dégradation de l'atrazine en DEA.

Méthodologie

Un dispositif de 12 parcelles (30 m de long x 5 m de large) disposées en blocs aléatoires complets (trois traitements, quatre répétitions) cultivées en maïs-grain a été établi à la ferme expérimentale de l'IRDA à St-Lambert-de-Lauzon. Les trois traitements étudiés étaient: contrôle sans bande, bande enherbée (5 m) puis bande enherbée+arborée (5 m enherbée avec huit peupliers hybrides par parcelle). En 2004 et 2005, les eaux de ruissellement (captage sur la totalité de chacune des parcelles) et de drainage (drains d'échantillonnage de 10 cm de diamètre installés sous les bandes à 90 cm de profondeur) ont été prélevées lors des trois premières pluies suivant l'application de l'atrazine. À noter qu'il n'y a pas eu de ruissellement en 2005. Suite à deux filtrations de l'eau et à l'extraction des composés, les concentrations en atrazine et en DEA ont été déterminées par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse tandem. Le rapport DEA/atrazine (RDA) a été calculé en divisant la concentration ($\mu\text{g/L}$) de DEA par la concentration d'atrazine.

Résultats et discussion

Les valeurs du RDA (Tableau 1) ont été supérieures dans le drainage comparativement au ruissellement et étaient généralement inférieures dans le cas du témoin sans bandes. Dans certains cas, la valeur du RDA augmentait d'une pluie à une autre, soit en fonction du temps de résidence de l'atrazine sur et dans le sol.

Tableau 1 : Valeurs du RDA en 2004 (ruissellement et drainage) et 2005 (drainage) pour les trois pluies

		2004			2005		
		Pluie 1	Pluie 2	Pluie 3	Pluie 1	Pluie 2	Pluie 3
Ruissellement	Témoin	0,003	0,01	0,03	-	-	-
	Enherbée	0,004	0,05	0,04	-	-	-
	Enherbée+arborée	0,003	0,03	0,04	-	-	-
Drainage	Témoin	0,005	0,02	0,08	0,17	0,34	0,33
	Enherbée	0,01	0,03	0,07	0,31	0,60	0,32
	Enherbée+arborée	0,01	0,03	0,1	0,29	0,44	0,25

Conclusion

La présence de bandes végétales ralentit le ruissellement de surface et augmente l'infiltration de l'eau dans le sol. Ces processus prolongent le temps de résidence de l'eau et de l'atrazine sur et dans le sol, favorisant ainsi sa dégradation en un produit moins toxique, le DEA.

Mesure de l'évapotranspiration par micro-météorologie et bilan hydrique d'une culture de pomme de terre

ANNIE-CLAUDE PARENT ET FRANÇOIS ANCTIL

Département de génie civil et génie des eaux, Université Laval, Québec, QC.

Annie-Claude.Parent@gci.ulaval.ca

Mots clés : évapotranspiration, micro-météorologie, coefficient de croissance, bilan hydrique, pomme de terre

Introduction

Les modes de production agricoles et les rendements des cultures dépendent fortement des conditions météorologiques et dans une plus large mesure du climat. Comme ce dernier tend à se réchauffer tandis que les précipitations doivent demeurer stable (Ouranos 2010), l'évaporation et la transpiration (ou l'évapotranspiration) devront augmenter, accordant toute son importance à la mesure de l'évapotranspiration (ET). L'objectif de ce projet est de mesurer l'ET d'une culture de pomme de terre durant toute la saison de croissance. Le site à l'étude est un champ de pommes de terre situé à Saint-Ubalde (Culture Herman Dolbec Inc) au cours de l'année 2007.

Méthodologie

Les récents progrès ont permis de rendre plus accessible l'instrumentation nécessaire à la mesure de l'ET par micro-météorologie. Une station micro-météorologique comprend principalement deux appareils à échantillonnage rapide (20Hz) de la vitesse du vent en 3D (U_x, U_y, U_z) et de l'humidité de l'air (q). La combinaison de U_z et de q permet le calcul du flux d'ET toutes les demi-heures. D'autres instruments météo complètent la station: pluviomètre, radiomètres, anémomètre, thermomètres (air et sol), profileurs d'humidité du sol, plaques de flux de chaleur dans le sol, enregistreurs de données et système d'alimentation par panneaux solaires et batteries.

Résultats

L'ET saisonnière a suivi une courbe typique, plus faible au début de la saison (1.6mm/jr), atteignant son apogée au stade tubérisation (2.9mm/jr), et diminuant à maturité des plants (1.8mm/jr), pour un total de 192mm. La variation moyenne de l'ET intra-journalière a été telle que l'ET était presque nulle durant la nuit, grimpant doucement au lever du soleil (vers 6h), atteignant un maximum au zénith solaire (entre 12h et 14h), puis redescendant au même rythme que le soleil jusqu'à la tombée de la nuit (vers 20h). La courbe d'ET intra-journalière est différente selon le stade de croissance et donc fortement reliée à la durée du jour et à la croissance des plants. Des coefficients de croissance (K_c) variant tout au long de la saison ont pu être calculés connaissant l'ET de référence (ET_0), comme suit: $K_c = ET/ET_0$. Les valeurs de K_c ont été ajustées pour prendre en compte la baisse de rendement liée au stress hydrique qu'apporte nécessairement une pratique en agriculture pluviale (non irriguée). Le bilan hydrique se résume à l'équation suivante: $P - ET_a - \Delta W = D$. La pluie (P), l'ET et le stockage de l'eau dans le sol (ΔW) étant mesurés, le drainage (D), qui est relié directement aux événements de pluie, a pu être estimé. Au cours de la saison s'étendant du 20 mai au 19 septembre 2007, les quantités d'eau totales mesurées ou estimées ont été : $P=350\text{mm}$, $ET_a=192\text{mm}$, $\Delta W=16\text{mm}$ et $D=-143\text{mm}$.

Conclusion

Malgré la faible quantité de pluie tombée comparativement à la moyenne historique (563mm), les rendements ont été dans la moyenne (40T/ha) et l'ET des plants a pu être mesurée. Prochainement, il serait intéressant de comparer plusieurs années de mesures et différents cultivars de pomme de terre.

ET mesurée (ET_a), ET ajustée (ET_c), ET de référence (ET_0), et coefficient de croissance (K_c) par stade de croissance

Stade de croissance	Période	Nb jours	ET_a (mm)	ET_c (mm)	ET_0 (mm)	K_c
Germination	20 mai – 9 juin	21	31.9	33.0	120.3	0.32
Croissance végétative	10 – 28 juin	19	21.1	30.1	122.4	0.27
Initiation des tubercules	29 juin – 7 juillet	9	15.6	22.3	42.4	0.50
Tubérisation	8 juillet – 12 août	36	74.5	106.4	184.4	0.58
Maturité	13 août – 19 septembre	38	48.6	68.4	144.6	0.46
Saison de croissance	20 mai – 19 septembre	123	191.7	260.2	614.1	0.43

Référence :

Ouranos, 2010. Savoir s'adapter aux changements climatiques, 128p. Disponible à : http://www.ouranos.ca/fr/pdf/53_ssc_21_06_lr.pdf

Étude des effets de diverses pratiques culturales sur la croissance de la laitue et sur l'incidence de la brûlure de la pointe

JENNIFER CORRIVEAU¹, LINDA GAUDREAU¹, JEAN CARON¹ SYLVIE JENNI² ET ANDRÉ GOSSELIN¹

¹Centre de Recherche en Horticulture, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6

²Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 430 Boulevard Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada, J3B 3E6

jennifer.corriveau-boulay.1@ulaval.ca

Mots clés : brûlure de la pointe, brumisation, irrigation, calcium, laitue romaine

Le Québec est la province canadienne où l'on produit le plus de laitues avec une superficie de culture de près de 2800 ha. La laitue est surtout cultivée sur des sols organiques et près de 75 % de la production se situe dans la région de Châteauguay. Chaque année, les agriculteurs craignent l'apparition de la brûlure de la pointe, un désordre physiologique fréquemment rencontré chez la laitue, pouvant causer d'importantes pertes de rendement. La brûlure de la pointe se présente sous la forme de nécroses brunes ou noires à la marge des jeunes feuilles en pleine expansion. Son apparition est causée par une carence en calcium à l'extrémité des jeunes feuilles. Au niveau physiologique, une carence en calcium résulte en une perte de cohésion entre les cellules ce qui entraîne l'apparition de nécroses à la marge des jeunes feuilles. Malgré les nombreuses études réalisées sur la brûlure de la pointe, peu de méthodes pratiques et efficaces ont été développées afin de minimiser les pertes de culture associées à ce désordre. Ainsi, l'objectif de la présente étude était de mesurer l'effet de l'irrigation, de la brumisation et de l'application foliaire de calcium ou de prohexadione de calcium (un régulateur de croissance) sur la croissance de la laitue et l'incidence de la brûlure de la pointe.

Deux essais en serre sur la laitue romaine (cv Sunbelt) ont été réalisés. Des plants de laitues ont été cultivés dans des bacs de 84 litres remplis de sol organique. Les températures étaient maintenues à 22° C le jour et à 17° C la nuit. Une photopériode de quatorze heures était assurée par un éclairage d'appoint à haute pression de vapeur de sodium fournissant 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. L'humidité relative était maintenue à 50% le jour et à 75% la nuit. Les laitues ont été irriguées par un système goutte-à-goutte dont les consignes d'irrigation étaient contrôlées par un système de tensiomètres électroniques (Irrolis, Hortau Inc.). Un dispositif en tiroirs comprenant 5 blocs complets aléatoires a été mis en place. Les six traitements en parcelles principales étaient: témoin, brumisation de jour, brumisation de nuit, irrigation -30/-50 kPa, irrigation -50/-30 kPa et application foliaire de 100 ppm de prohexadione de calcium (Apogee). En sous-parcelles, trois traitements ont été étudiés : témoin, application foliaire d'eau et application foliaire de calcium. L'application foliaire de calcium consistait en une vaporisation d'une solution de chlorure de calcium à 360 ppm de calcium 2 fois par semaine sur les jeunes feuilles de laitue. L'application foliaire de calcium a réduit significativement l'incidence et la gravité de la brûlure de la pointe et a augmenté significativement la teneur en calcium dans les jeunes feuilles. Les traitements de brumisation, d'irrigation et d'application foliaire d'Apogee n'ont pas été efficaces contre la brûlure de la pointe. Ainsi, les résultats démontrent que l'ajout foliaire de calcium est efficace contre la brûlure de la pointe lorsqu'il est appliqué à répétition durant le cycle de culture.

À la lumière de ces résultats, des essais aux champs devront être entrepris afin de préciser le moment, la fréquence et la concentration des applications foliaires de calcium permettant le meilleur contrôle de la brûlure de la pointe chez la laitue. De plus, il serait pertinent de vérifier l'efficacité de l'ajout foliaire de calcium sur des laitues de type pommées (iceberg) ou de type feuilles.

RÉSUMÉS SESSION IV

Fertilité et fertilisation

Utilisation pendant neuf années consécutives de biosolides papetiers et résidus alcalins : Effets sur les rendements et la qualité des cultures

BERNARD GAGNON ET NOURA ZIADI

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, Boul. Hochelaga, Québec, QC;
bernard.gagnon@agr.gc.ca

Mots clés : biosolides papetiers, produits chaulants, cendre de bois, azote, métaux lourds

Au Québec, plus d'un million de tonnes humides de matières résiduelles fertilisantes (MRF) sont appliquées annuellement sur les champs agricoles (Hébert et al. 2008). De ce nombre, près de la moitié sont constituées de biosolides générés par l'industrie des pâtes et papiers, et plus de 150 000 tonnes sont des amendements alcalins (cendres, poussières de cimenterie, boues de chaux, etc.). Les biosolides papetiers sont très riches en matière organique et peuvent également constituer une source intéressante d'éléments nutritifs (N, P) pour les cultures (Camberato et al. 2006). Pour leur part, les résidus alcalins peuvent apporter certains éléments minéraux tout en accroissant le pH des sols. L'épandage des MRF sur les sols agricoles est soumis à une réglementation stricte quant aux contaminants chimiques et aux agents pathogènes (Québec MDDEP 2008). Les biosolides papetiers font en général l'objet de peu de contraintes d'utilisation puisqu'ils représentent un risque négligeable pour la santé (Charbonneau et al. 2001). Par contre, certains résidus alcalins tels les cendres de bois sont un peu plus chargés en métaux. Jusqu'à ce jour, peu d'études ont évalué l'impact d'applications répétées sur plusieurs années de ces produits sur les cultures commerciales.

L'expérience s'est déroulée de 2000 à 2008 sur un sol loameux à Yamachiche, dans la région de Trois-Rivières. De 2000 à 2002, les biosolides papetiers mixtes ont été apportés en post-levée en surface à des taux de 0, 30 et 60 t. hum. ha⁻¹. Les résidus alcalins (boues de chaux, cendres de bois, chaux calcique et deux sous-produits magnésiens) ont été appliqués à un taux de 3 t. hum. ha⁻¹ en mélange avec 30 t. ha⁻¹ de résidus papetiers. De 2003 à 2008, les parcelles recevant les résidus de magnésium ont été remplacées par des biosolides papetiers appliqués à 90 t. hum. ha⁻¹ et par un traitement d'engrais N minéral. Du maïs-grain a été cultivé de 2000 à 2002 et de 2006 à 2008 alors qu'une rotation haricot sec-maïs grain-soya a été appliquée de 2003 à 2005. Un supplément de N minéral (45 unités ha⁻¹ en moyenne) a été apporté à la dose de 30 t. de biosolides pour combler les besoins en N du maïs.

Les résultats démontrent que l'application répétée de boues de chaux suivie par la chaux agricole a produit les augmentations de pH les plus importantes. Les rendements ont augmenté avec la dose de biosolides dans le maïs et le haricot sec, avec l'engrais minéral dans le maïs, et avec les cendres de bois dans le haricot sec et le soya. L'analyse de la disponibilité des éléments minéraux au moyen des flux d'échange ionique a indiqué que les biosolides papetiers sont une source immédiate de P pour la culture mais que les nitrates ne sont accessibles que quelques semaines plus tard vue la faible teneur en N inorganique des matériaux. Dans l'ensemble, ces biosolides papetiers ont fourni 40% de l'azote nécessaire aux cultures en comparaison à l'engrais minéral. D'autre part, les biosolides appliqués à des taux \leq 30 t. hum. ha⁻¹ n'ont pas accru la teneur en métaux (Cu, Zn, Ni, Cd et Mo) des cultures. Toutefois, l'application répétée de produits chaulants, de par leur effet sur le pH du sol, peut représenter un risque important s'ils sont appliqués sur des cultures de légumineuses destinées aux ruminants en augmentant la disponibilité du Mo.

Références

- Camberato, J.J., Gagnon, B., Angers, D.A., Chantigny, M.H., and Pan, W.L. 2006. Pulp and paper mill by-products as soil amendments and plant nutrient sources. *Canadian Journal of Soil Science* **86**, 641-653. Erratum (2007) **87**, 118.
- Charbonneau, H., Hébert, M., et Jaouich, A. 2001. Portrait de la valorisation agricole des matières résiduelles fertilisantes au Québec – partie 2: Contenu en éléments fertilisants et qualité environnementale. *Vecteur Environnement* **34** (1), 56-60.
- Hébert, M., Busset, G., et Groeneveld, E. 2008. Bilan 2007 de la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Québec, QC. 14 pp.
- Québec MDDEP. 2008. Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Critères de références et normes réglementaires. Direction des politiques en milieu terrestre, Québec, QC. 153 pp.

Effet à long terme des boues d'usine d'épuration municipale sur la croissance des arbres en plantation (1992-2009)

ROCK OUIMET¹, ANNE-PASCALE PION² ET MARC HÉBERT³

¹MRNF-Direction de la recherche forestière, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8

²MDDEP-Direction du secteur agricole et des pesticides et ³MDDEP-Service des matières résiduelles, 675, boul. René Lévesque Est, 9^e étage, Québec QC G1R 5V7

rock.ouimet@mrnf.gouv.qc.ca

Historique

En 1992, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF) a entrepris des essais d'épandage de boues de l'usine d'épuration municipale de Victoriaville, QC, dans des plantations. À cette époque, une série de blocs expérimentaux comprenant diverses essences forestières avaient été installés dans cette région. Les doses de biosolide variaient de 200 à 400 m³/ha (200-700 kg N/ha). Les résultats préliminaires après trois ou quatre ans ont montré que l'épandage des biosolides avait stimulé la croissance des jeunes plantations dès la 2^e année de croissance. Dans le cadre d'une évaluation plus globale de la filière de valorisation sylvicole des biosolides¹, les parcelles de recherche ont été localisées puis revisitées en 2009 pour mesurer les impacts 16 à 19 ans après traitement.

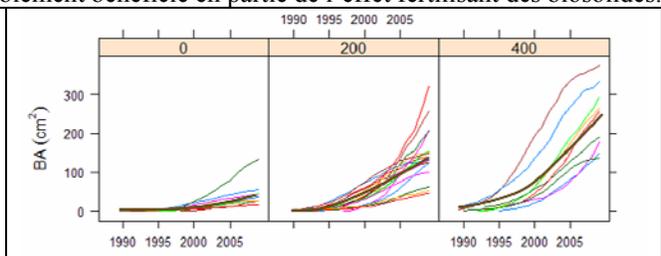
Méthodologie

Des neuf dispositifs initiaux, seulement quatre ont pu faire l'objet d'un suivi. Dans trois cas, les traitements ont été appliqués avant la plantation des semis. Ils ont été revisités entre le 19 et le 21 octobre 2009 et on a prélevé sur un certain nombre d'arbres des carottes de sondage à la hauteur d'environ 20 cm du sol (ainsi que leur diamètre) pour y mesurer la largeur des cernes annuels de croissance. Les mesures des cernes annuels (mm) ont été transformées en mesures de la surface terrière (cm²) connaissant le diamètre des arbres.

Résultats et discussion

Dans le dispositif de St-Albert, les chênes rouge ont réagi de façon spectaculaire 19 ans après l'ajout de biosolide (Figure 1). Le site était une ancienne sablière en friche et les sols étaient au départ très pauvres; l'ajout de biosolide a permis la survie et la croissance de ce feuillu noble. Dans le dispositif 93-07, les épinettes blanches, relativement exigeantes aussi du point de vue nutritif, ont aussi bien réagi à l'ajout de biosolide (augmentation de surface terrière de 61.5 %). L'enfouissement ou non des biosolides par hersage n'a pas influencé la réaction à long terme des arbres dans ce dispositif. Dans le dispositif de pin rouge 93-06, l'ajout de biosolide n'a pas causé d'augmentation de croissance statistiquement significative à long terme, que ceux-ci soient sous forme liquide ou pâteuse. Dans le dispositif de pin rouge 92-01 où la plantation avait 28 ans lors de l'épandage, la croissance de tous les arbres, témoins et traités, montre une augmentation significative après 1992. Ce changement de croissance s'explique, d'une part, par l'éclaircie qui y a été pratiquée en 1991 avant l'épandage de biosolide. D'autre part, l'effet a pu être masqué du fait que les parcelles de traitement étaient si étroites que les arbres dans les parcelles témoins voisines ont probablement bénéficié en partie de l'effet fertilisant des biosolides.

Figure 1. Évolution de la croissance en surface terrière (BA) individuelle des chênes dans le dispositif de St-Albert entre 1990 et 2009 en fonction de la dose de biosolide (m³/ha). Les lignes simples représentent les arbres individuels, tandis que la ligne noire en gras représente la moyenne ajustée de la croissance de tous les arbres.



Conclusion

Les arbres en plantation ont généralement connu une grande stimulation de leur croissance 16 à 19 ans après l'épandage de boues d'usine d'épuration municipale. Il apparaît que l'apport de boues d'usine d'épuration municipale est définitivement une avenue très intéressante, surtout pour les essences exigeantes, en vue d'augmenter le rendement des plantations forestières au Québec, recycler les biosolides et lutter contre les changements climatiques par la séquestration accrue du CO₂ atmosphérique par la photosynthèse.

¹ <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/valo-sylvicole-biosolide.pdf>

Variabilité à petite échelle des nitrates et phosphates adsorbés sur les membranes échangeuses d'anions

JUDITH NYIRANEZA¹, MICHEL C. NOLIN², NOURA ZIADI¹ ET ATHYNA N. CAMBOURIS²

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada. Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, Boulevard Hochelaga, Québec, Qc, G1V 2J3.

²Agriculture et Agroalimentaire Canada. Laboratoire de pédologie et d'agriculture de précision, 979, Avenue de Bourgogne, Québec, Qc, G1W 2L4.

judith.nyiraneza@agr.gc.ca

Mots-clés : azote, phosphore, coefficient de variation, stratégie d'échantillonnage

L'azote et le phosphore sont des éléments clés dans la nutrition des plantes. Les membranes échangeuses d'anions (AEM) ont été largement utilisées pour étudier la dynamique et la disponibilité d'azote (Ziadi et al., 2006; Nyiraneza et Snapp, 2007) et du phosphore (Cooperband et Logan, 1994) en agriculture conventionnelle. Cet outil est cependant peu utilisé en agriculture de précision.

Les objectifs de la présente étude menée dans un champ de maïs-grain (*Zea mays L.*) étaient; i) d'évaluer les effets de la texture, du temps et de la distance (par rapport au rang) d'échantillonnage sur les nitrates (AEM-N) et les phosphates (AEM-P) adsorbés sur les AEM; ii) de caractériser la variation (coefficient de variation, CV) et la structure (paramètres géostatistiques) de la variation spatio-temporelle des AEM-N et des AEM-P. L'étude a été menée dans la plaine de Montréal à Saint-Marc-sur-Richelieu au Québec en 2003 sur trois types de sols : sableux, loameux et argileux. Les AEM étaient installées à deux points par classe texturale pour un total de six points d'échantillonnage. À chaque point d'échantillonnage, 64 AEM (4 x 16 locations entre-rangs) ont été installées selon une grille de 3.0 x 2.25 m à trois temps d'échantillonnage: avant le semis (t_1); au stade V6 (t_2) et au stade V12 (t_3).

Une interaction significative entre la texture, le temps et la distance d'échantillonnage a été observée pour AEM-N. Les CV variaient entre 50 et 138 % pour AEM-N et de 52 à 263 % pour AEM-P. Pour ces deux éléments, une grande variation a été observée quand les AEM étaient placés sur le rang plutôt qu'à 15 ou à 30 cm du rang. Plus de 300 AEM par point d'échantillonnage (3.0 x 2.25 m) sont requis pour atteindre une marge d'erreur de 5 % associée à l'estimation de la moyenne à un niveau de probabilité de 90 %. Les paramètres géostatistiques (C/C_0+C et r^2 de la validation-croisée) ont révélé une faible variabilité structurale (C) et une forte variabilité aléatoire (C_0) de AEM-N et AEM-P. La variabilité spatio-temporelle, à petite échelle de AEM-N et AEM-P s'avère donc trop élevée pour proposer une stratégie d'échantillonnage fiable et économiquement abordable qui permettrait d'appuyer la prise de décision en agriculture de précision.

Références

- Cooperband, L.R., et Logan, T.J., 1994. Measuring in situ changes in labile soil phosphorus with anion-exchange membranes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 105-114.
- Nyiraneza, J., et Snapp, S. 2007. Integrated management of inorganic and organic nitrogen and efficiency in potato systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1508-1515.
- Ziadi, N., Nolin, M.C., et Cambouris, A.N. 2006. Anionic exchange membranes as a soil test for nitrogen availability. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 37: 2411-2422.

Disponibilité de l'azote et du phosphore dans les sols de bleuetières

JEAN LAFOND¹ ET NOURA ZIADI²

¹AAC, CRDSGC, Normandin

²AAC, CRDSGC, Québec

Jean.Lafond@agr.gc.ca

Mot-clés : *Vaccinium angustifolium* Ait., azote, phosphore

Le bleuët sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait.) prélève de façon préférentielle l'ammonium du sol. De plus, sous des conditions de pH de sol acide, le taux de nitrification demeure faible. Toutefois, des apports importants d'engrais azoté sous forme de sulfate d'ammonium peuvent engendrer une accumulation de nitrates sous la zone racinaire en fin de saison. Des études ont également rapporté que l'utilisation répétée d'engrais phosphaté avait provoqué une accumulation de P dans le sol, indiquant un faible prélèvement par la culture.

Dans la culture du bleuët, peu d'information est disponible sur la nutrition de la plante et la capacité des sols de bleuetières à fournir du N et du P. Au Québec, les indices de biodisponibilité du N et du P du sol n'ont pas été établis pour cette culture. Ainsi, l'objectif de cette étude a été d'évaluer différentes méthodes pour déterminer la biodisponibilité de l'ammonium et du P du sol à la culture de bleuët nain sauvage et de mettre en relation ces méthodes avec les rendements en fruits et les éléments nutritifs dans les feuilles.

Les traitements ont consisté en quatre doses de N (0, 30, 60 et 90 kg N ha⁻¹) et quatre doses de P (0, 30, 60 et 90 kg P₂O₅ ha⁻¹). L'ammonium a été extrait au KCl (N-NH₄KCl) et à l'eau (N-NH₄W) mais également déterminé à l'aide de membranes d'échange cationique (N-NH₄MEC). Le phosphore a été extrait au Mehlich 3 (P_{M3}) et à l'eau (P_W) ainsi qu'à l'aide de membrane d'échange anionique (P_{MEA}).

Les concentrations en N et en P du sol ont diminué au cours des saisons mais il y a eu une accumulation de P dans la couche de sol de surface. Les différentes méthodes d'analyse utilisées ont été aussi efficaces pour évaluer la biodisponibilité du N et du P du sol. Elles ont été sensibles pour détecter les différences entre les doses de fertilisants, particulièrement après leur application au printemps de l'année de végétation. Les fractions solubles du N du sol, rapidement et facilement échangeables (N-NH₄W et N-NH₄MEC) du sol ont été les mieux corrélées à la concentration en N des feuilles (0,20 < r² < 0,78) et aux rendements en fruits 0,22 < r² < 0,48). Le P_{M3} a été le mieux corrélé à la concentration en P des feuilles (r² = 0,30) et aux rendements en fruits (r² = 0,36).

Amélioration de l'efficacité du prélèvement de l'azote par l'utilisation d'urée à libération contrôlée

BERNARD GAGNON¹, NOURA ZIADI¹ ET CYNTHIA GRANT²

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, Boul. Hochelaga, Québec, QC;

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche de Brandon, R.R. 3, Brandon, MB.

bernard.gagnon@agr.gc.ca

Mots clés : gestion des fertilisants minéraux, azote, maïs

Au cours des dernières années, plusieurs approches ont été avancées afin d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote en maïs-grain et réduire les pertes potentielles dans l'environnement (Ladha et al. 2005). L'une de ces approches consiste en l'utilisation d'engrais à libération contrôlée. Ainsi, l'urée peut être enrobée avec un polymère ou un inhibiteur d'uréase ou de nitrification pour retarder le relâchement de l'azote minéral. Des études ont démontré les bénéfices tant cultureux que monétaires de l'utilisation de ces engrais lorsque les conditions de croissance sont sujettes à des pertes importantes d'azote, où les applications en post-levée sont communes et avec des cultures possédant des systèmes racinaires superficielles (Blaylock et al. 2005, Wilson et al. 2009, Ziadi et al. 2011). Toutefois, peu d'études ont évalué ce type de fertilisants dans la culture du maïs sous les conditions pédoclimatiques du Québec.

Une expérience a été conduite au champ pendant trois années (2008-2010) sur une argile Kamouraska dans la région de Québec afin d'évaluer les effets de deux types d'engrais à libération contrôlée: de l'urée enrobée d'un polymère (ESN®, Agrium) et de l'urée contenant un inhibiteur de nitrification (ENTEC®, COMPO), en comparaison avec de l'urée granulaire et une solution d'urée et nitrate d'ammonium 32% (UNA), sur le rendement du maïs-grain, le prélèvement du N et les nitrates résiduels du sol à l'automne. Trois doses ont été utilisées pour l'urée et ESN (50, 100 et 150 kg N ha⁻¹) en plus d'un témoin non fertilisé (0 N), alors que ENTEC et UNA ont été appliqués à 150 kg N ha⁻¹. L'urée, ESN et ENTEC ont été appliqués à la volée une semaine avant le semis et incorporés au sol, alors que UNA a été appliqué en bandes (120 kg N ha⁻¹) au stade 6-feuilles du maïs avec 30 kg N ha⁻¹ de nitrate d'ammonium calcique au démarrage. Un site différent a été utilisé à chaque année. Les neuf traitements ont été disposés en blocs aléatoires complets répétés quatre fois. Chaque parcelle avait une dimension de 3 × 7 m et comprenait quatre rangs de maïs. Toutes les parcelles ont reçu initialement 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ et 30 kg K₂O ha⁻¹ au printemps.

Les engrais à libération contrôlée d'azote, en particulier l'urée enrobée d'un polymère (ESN), ont été bénéfiques à la culture du maïs-grain. Lors des étés humides de 2008 et 2009, les rendements et le prélèvement en N ont été supérieurs à l'urée pour une application au semis. Des augmentations de rendements de 0.8 à 1.6 t ha⁻¹ ont été obtenues avec ESN, alors que les augmentations avec ENTEC ont été plus modestes (0.3-0.6 t ha⁻¹). Par contre, lors de l'été sec de 2010, peu de différences significatives ont été observées entre les engrais. En outre, ESN a permis d'obtenir des rendements en grains comparables à l'application en post-levée d'UNA pour toutes les années de l'étude. À la récolte de chaque année, les concentrations en N-NO₃ de la couche de surface (0-15 cm) ont augmenté, quoique modestement, avec l'application de ESN, alors que l'urée et UNA ont augmenté uniquement celles de 2010. Comparativement aux applications en post-levée qui assurent généralement un maximum de rendements sous les conditions climatiques du Québec, les engrais à libération contrôlée de par leur mode de fonctionnement pourraient fournir aux producteurs une plus grande flexibilité dans l'application des engrais, et ainsi réduire et faciliter le travail au champ.

Références

- Blaylock, A.D., Kaufmann, J., and Dowbenko, R.D. 2005. Nitrogen fertilizer technologies. Pages 8–13 in *Western Nutrient Management Conf. Proc.* Vol. 6. W.B. Stevens, éd. Salt Lake City, UT.
- Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., and van Kessel, C. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advance in Agronomy* **87**, 85–156.
- Wilson, M.L., Rosen, C.J., and Moncrief, J.F. 2009. Potato response to a polymer-coated urea on an irrigated, coarse-textured soil. *Agronomy Journal* **101**, 897–905.
- Ziadi, N., Grant, C., Samson, N., Nyiraneza, J., Bélanger, G., and Parent, L.-É. 2011. Efficiency of controlled-release urea for a potato production system in Quebec, Canada. *Agronomy Journal* **103**, 60–66.

Améliorer les recommandations en engrais par des tests sur l'apport du sol en azote minéral

NICOLAS TREMBLAY¹, BERNIE ZEBARTH² ET ADRIEN N'DAYEGAMIYE³

¹AAC, CRDH, St-Jean-sur-Richelieu, QC.

²AAC, PRC, Fredericton, NB.

³IRDA, Québec, QC.

Nicolas.Tremblay@agr.gc.ca

Mots clés : contributions; fractions; gestion de l'azote; minéralisation; seuils

La détermination des quantités optimales d'azote à apporter aux cultures est une tâche complexe qu'il faut résoudre au bénéfice de l'environnement et de la rentabilité des productions végétales. Les connaissances et les technologies se développent chaque jour davantage à cette fin. Il en est ainsi des tests réalisés sur les sols afin de déterminer le contenu en azote minéral ou de prévoir l'importance de sa minéralisation au cours de la saison. Cette présentation vise à catégoriser les tests sur l'apport du sol en azote minéral, à témoigner de leurs forces, de leurs faiblesses et de leurs usages, ainsi qu'à explorer les besoins en recherche et les défis qui se présentent particulièrement dans un climat continental humide comme le nôtre.

Sous nos climats, l'importante pluviométrie hors-saison est un facteur important de lessivage, mais des quantités appréciables d'azote minéral peuvent néanmoins être présentes au printemps et *a fortiori* au moment de l'application fractionnée en saison (ou même après la saison, à titre de vérification *postmortem*). Cette mesure sert d'estimation des crédits en N minéral déjà disponible à la culture dans le calcul d'un bilan prévisionnel. Alternativement, la mesure du N minéral au moment l'application fractionnée peut être comparée à un seuil au-delà duquel l'ajout d'azote n'est pas nécessaire (*presidedress soil nitrate test*; PSNT). Les formes de N minéral peuvent être mesurées par une multitude de moyens allant des électrodes aux méthodes basées sur la réflectivité dans l'infrarouge.

La minéralisation des formes organiques du sol est souvent la principale source d'azote minéral mise à la disposition des cultures. Ce processus biologique est très affecté par les conditions d'humidité, d'aération et de température des sols. Les méthodes d'incubations prolongées sont peu pratiques en doivent encore être perfectionnées. C'est la raison pour laquelle certains indicateurs rapidement disponibles ont été mis à l'essai, mais aucun ne s'est démarqué à ce jour. À titre d'exemple, l'*Illinois Soil Nitrogen Test* (ISNT) ne s'est pas révélé fiable. De meilleures estimations du potentiel de minéralisation seraient très utiles au calcul de bilans prévisionnels. Au Québec, une étude récente a indiqué que les nitrates du sol mesurés en postlevée au stade de V6 pour le maïs et de boutonnage pour la pomme de terre prédisent mieux les doses économiques d'azote sur maïs et la pomme de terre que les mesures en présemis.

Il existe manifestement un grand besoin de sélection et de standardisation des méthodes, non seulement quant à leurs principes, mais aussi quant aux paramètres qui entourent leur usage (localisation des sites et profondeurs d'échantillonnage, préservation et conditionnement des échantillons). Il est probable que le recours à quelques méthodes complémentaires bien choisies et bien stabilisées pourra offrir des indications précieuses aux agronomes chargés de faire les recommandations en azote. D'autres études sont nécessaires afin d'établir les classes de fertilité pour les nitrates selon les types de sol, les textures ou les précédents culturaux.

Références

- Dessureault-Rompré J., Zebarth B.J., Burton D.L., Sharifi M., Cooper J., Grant C.A., Drury C.F. (2010) Relationships among mineralizable soil nitrogen, soil properties, and climatic indices. *Soil Science Society of America Journal* 74:1218-1227.
- Nyiraneza, J., A. Ndayegamiye, M. O. Gasser, M. Giroux, M. Grenier, C. Landry and S. Guertin. 2010. Soil and crop parameters related to corn nitrogen response in Eastern Canada. *Agron. J.* 102: 1478-1499.
- Olf H.W., Blankenau K., Brentrup F., Jasper J., Link A., Lammel J. (2005) Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 168:414-431.
- Ros G.H., Temminghoff E.J.M., Hoffland E. (2011) Nitrogen mineralization: A review and meta-analysis of the predictive value of soil tests. *European Journal of Soil Science* 62:162-173.
- Schroder J.J., Neeteson J.J., Oenema O., Struik P.C. (2000). Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research* 66:151-164.

Impacts agro-environnementaux de divers fertilisants azotés sur la production de pomme de terre

ATHYNA N. CAMBOURIS¹, BERNIE J. ZEBARTH², NOURA ZIADI¹, CYNTHIA GRANT³ ET CRAIG DRURY⁴

¹ AAC, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Québec, QC.

² AAC, Centre de recherche sur la pomme de terre, Fredericton, NB.

³ AAC, Centre de recherche de Brandon, MB.

⁴ AAC, Centre de recherche sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, ON.

Athyna.Cambouris@agr.gc.ca

Mots clés : rendement en tubercules, prélèvement en azote, azote résiduel du sol, lessivage des nitrates.

La culture de la pomme de terre (PDT) nécessite des doses élevées d'engrais azotés (N) pour atteindre des rendements (RDT) élevés et une bonne qualité. Une saine gestion des engrais azotés est importante tant sur le plan économique qu'agro-environnemental. L'efficacité de la fertilisation azotée pourrait être améliorée en sélectionnant le type d'engrais et la dose d'application qui correspondent le mieux à l'approvisionnement en N du sol et aux besoins de la PDT. L'objectif principal de cet essai était d'évaluer les effets agro-environnementaux de différentes sources et doses de fertilisants minéraux azotés sur le RDT et les pertes de N dues aux lessivages intra saisonnier et hivernal.

En 2008 et 2009, un essai de 13 traitements faisant intervenir cinq doses de N (0, 60, 120, 200 et 280 kg N ha⁻¹) et 3 sources de fertilisants azotés, a été mis en place dans un champ commercial de PDT à Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier sur des podzols humo-ferriques orthiques (séries Morin en 2008 et Pont-Rouge en 2009). Le cultivar utilisé a été le Russet Burbank. Les 3 sources de N utilisées sont le nitrate d'ammonium (AN), le sulfate d'ammonium (AS) et un engrais azoté à libération lente (ELL). Le dispositif expérimental est un bloc complet aléatoire avec 4 répétitions. Les RDT totaux et commercialisables ont été mesurés. Pour évaluer les impacts environnementaux, le lessivage intra saisonnier des nitrates a été évalué à partir de la concentration en N-NO₃ de l'eau du sol (i.e. [N-NO₃]) extrait de lysimètres de 90 cm de long installés dans quelques traitements. À chaque année, 9 périodes d'échantillonnage de l'eau du sol (r1 à r9) extrait via les lysimètres ont été effectuées entre la plantation et la récolte. De plus, les sols (0-90 cm) ont été échantillonnés à la fin de chaque saison de même que le printemps suivant pour déterminer l'azote résiduel du sol (ARS) et le lessivage hivernal.

Les conditions climatiques des 2 saisons de croissance étaient contrastantes (précipitations 2008 = 712 mm vs 2009 = 406 mm). Les RDT totaux et commercialisables ont augmenté avec l'ajout des doses d'azote jusqu'à un maximum de 200 kg de N ha⁻¹. La source de N n'a pas eu d'effet sur les RDT totaux ou commercialisables. Le prélèvement en N par la culture pour les sources AN et AS a toujours été plus élevé en 2009 qu'en 2008 tandis que celui de l'engrais ELL n'a pas été influencé par les conditions climatiques de la saison 2008. En 2008 et 2009, l'interaction source de N par période d'échantillonnage a eu un impact significatif sur la [N-NO₃] mais l'effet est inconsistant d'une année à l'autre. En effet, en 2008, la [N-NO₃] de la source ELL a été moins élevée que celles des sources AN et AS et ce pour r1 à r3. En 2009, la [N-NO₃] de la source ELL a été moins élevée que celle de la source AN et ce pour r1. Par contre, la [N-NO₃] de la source ELL a été plus élevée que les deux autres sources de N et ce pour r7, r8 et r9. L'ARS n'a pas été influencé par la source ou la dose de N mais seulement par les périodes d'échantillonnage. Les teneurs moyennes en N-NO₃ (0-90 cm) mesurées à la récolte (6,5 kg N-NO₃ ha⁻¹) et au printemps (9,9 kg N-NO₃ ha⁻¹) suivant ont été très faibles. Dans ce cas, la teneur en ARS a été peu efficace pour déterminer le lessivage potentiel des nitrates après la récolte dans ces sols à texture grossière.

Après deux années d'expérimentation, les sources de N ont eu peu d'effet sur le RDT et l'ARS. Par contre, ELL peut s'avérer plus avantageux lors d'une saison pluvieuse comme celle rencontrée en 2008 en augmentant l'efficacité du prélèvement en N et en réduisant le lessivage potentiel des nitrates surtout en début de saison. La recherche est en cours pour les trois prochaines années.

Réponse à la fertilisation azotée du maïs selon différentes rotations

ADRIEN N'DAYEGAMIYE

Institut de recherche et de Développement en Agro-environnement (IRDA), 2700, Einstein, Québec, Qc, G1P 3W8
adrien.ndaye@irda.qc.ca

Les cultures utilisent généralement moins de 50% d'azote (N) provenant des engrais azotés (Nyiraneza et al. 2010a), ce qui augmente les coûts de production ainsi que les pertes d'azote. Mieux connaître les crédits d'azote des sols sous différents précédents culturaux pourrait permettre une meilleure optimisation des doses des engrais azotés.

Cette étude a été conduite en 2007 et 2008 sur la culture de maïs afin de déterminer l'influence des précédents culturaux sur les rendements et les prélèvements en azote du maïs, l'efficacité de l'engrais azoté et les doses économiques. Six doses croissantes d'engrais azotés (0, 50, 100, 150, 200 et 250 kg N ha⁻¹) ont été appliquées sur le maïs dans 62 sites répartis dans sept régions agricoles du Québec sous des séquences de rotation maïs-maïs (S1), soya-maïs (S2) et soya-céréale-maïs (C3). Les rendements relatifs ont été utilisés pour calculer les seuils critiques de deux indicateurs de disponibilité d'azote : les nitrates du sol en postlevée extraits avec la solution 2M KCl ou avec Nitrachek (0,025M Al₂(SO₄) 18 H₂O + 0,050M NaCl). Ces indicateurs ont été choisis suite à une étude précédente menée sur les mêmes sites dans laquelle 12 indicateurs de disponibilité d'azote avaient été corrélés aux doses et aux rendements économiques (Nyiraneza et al. 2010b).

Les résultats ont montré que les rendements en grains, les prélèvements en azote, l'efficacité de l'engrais azoté et les doses économiques ont été fortement influencés par les précédents culturaux. Les rendements du maïs ont varié de 8,4 à 10,8 tonnes ha⁻¹ et étaient plus faibles pour la séquence de rotation C1 en comparaison avec les rotations C2 et C3 qui intégraient le soya. Les prélèvements en azote ont varié de 98,9 à 169,0 kg N ha⁻¹ tandis que l'efficacité de l'azote de l'engrais a varié entre 52 et 100 kg de grain par kg d'azote apporté. Les valeurs de ces paramètres ont été plus élevées dans les rotations C2 et C3 par rapport à C1. Toutefois l'interaction entre les précédents culturaux et l'année a été significative, ce qui suggère que la disponibilité de l'azote dans les systèmes avec le soya était influencée par les conditions climatiques. Les doses économiques selon les types de rotations ont varié de 167 à 196 kg N ha⁻¹, et elles étaient beaucoup plus faibles dans C2 et C3 et élevées dans C1. Pour les différents paramètres étudiés, aucune différence significative n'a été observée entre les deux systèmes C2 et C3 qui incluaient le soya. Ces résultats indiquent que le soya en rotation des cultures augmente la disponibilité en azote pour les cultures suivantes. En se basant sur les prélèvements en azote du maïs, ce crédit en azote du soya a varié entre 32 et 45 kg N ha⁻¹. Il ressort que les précédents culturaux peuvent augmenter l'azote disponible dans les sols.

Cette étude a montré que les seuils critiques des nitrates du sol à partir desquels il n'y aurait pas de réponse du maïs à la fertilisation azotée ont été variables en 2007 et 2008, étant respectivement de 20 et 23 mg N-NO₃ kg⁻¹ extraits avec 2M KCl et de 27 et 64 mg NO₃ kg⁻¹ extraits avec Nitrachek. Même si les seuils critiques des nitrates semblent variables à cause des conditions climatiques pour chaque année, ces résultats indiquent qu'il est peu probable d'observer une réponse à l'application d'engrais azotés au sarclage du maïs lorsque la teneur en nitrate en postlevée est égale ou supérieure à 20 mg N-NO₃kg⁻¹ de sol. D'autres études sont encore nécessaires afin de mieux connaître les crédits d'azote du sol et des précédents culturaux et d'optimiser ainsi les doses d'engrais azotés.

Références

- Nyiraneza, J., Chantigny M.H., N'Dayegamiye, A., et Laverdière M.R. 2010a. Long-term manure applications and forage reduce nitrogen fertilizer requirements of silage corn-cereal cropping systems. *Agron. J.* 102: 1244-1251.
- Nyiraneza, J., N'Dayegamiye, A., Gasser, M.O., Giroux, M., Grenier, M., Landry, C., et Guertin, S. 2010 b. Soil and crop parameters related to corn nitrogen response in eastern Canada. *Agron. J.* 102: 1478-1490.

Développement de formulation en poudre de *Sinorhizobium meliloti*

TAREK ROUISSI¹, ROJAN P. JOHN¹, MAHMOUDI AMIN¹, D. PREVOST², SATINDER K. BRAR¹, MÉLANIE LOURO^C ET R.D. TYAGI¹

¹Institut National de la Recherche Scientifique- Eau, Terre & Environnement (INRS-ETE), Université du Québec, 490, Rue de la Couronne, Québec G1K 9A9, Canada

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, Québec G1V 2J3, Canada

³Université de Montpellier, France.

tarekrouissi1@yahoo.fr

Mots clés : *Sinorhizoobium meliloti*, formulation, optimisation, l'efficacité

Les formulations commerciales courantes de *Sinorhizoobium meliloti* sont sous forme de tourbeensemencée avec des cultures de cellules. L'obtention de cette tourbe inoculée requiert une série de procédés industriels coûteux (disponibilité de la tourbe, stérilisation, emballage...), et exigeant une durée de macération, ce qui est parfois risqué (contamination). Le présent travail a pour objectif de développer une alternative à ces formulations traditionnelles: dans cette étude nous sommes intéressés à l'optimisation d'un procédé industriel (le séchage par atomisation) afin de développer des formulations en poudre, efficace et à faible coût. Les *Sinorhizoobium meliloti* ont été cultivés dans les eaux usées d'industries d'amidon (en fermenteur 15l) : ce milieu permet une croissance en cellules qui dépasse les 6.10^9 UFC/ml (Rouissi et al.2010).Un plan d'expérience (plan composite centré) a été utilisé pour optimiser les conditions de séchage de ces cellules. Les paramètres étudiés sont : la température de séchage, la pression de pulvérisation, le débit d'air de séchage, et le débit de la solution à pulvériser. Une solution protectrice pour les cellules (à base de lactosérum et sucre) a été développée également. L'analyse des résultats en utilisant la méthode de réponse de surface a démontré qu'il est possible de parvenir à une combinaison de paramètres qui permettent la récupération de poudre avec une viabilité qui dépassent 6.10^9 UFC/g. le modèle obtenu permet une bonne prédiction des résultats (test lack of fit). Les tests de croissance en sachet de la luzerne ont prouvé l'efficacité de ces poudres: le rendement en poids était comparable à celui du control inoculé avec des cellules fraîches cultivées dans le milieu standard.

Références

Rouissi, T., John, R.P., Brar, S.K., Tyagi, R.D., et Prévost, D. (2010). Centrifugal recovery of rhizobial cells from fermented starch industry wastewater & development of stable formulation. », *Industrial Biotechnology*, 6(1), p. 41-49.

Dissolution biologique des phosphates : état des connaissances et perspectives d'avenir

PAOLA MAGALLON SERVIN, SALMA TAKTEK, MARTIN TREPANIER, ANTOINE DIONNE ET HANI ANTOUN

Centre de Recherche en Horticulture, Université Laval, Québec, Qc, G1V0A6

Hani.antoun@fsaa.ulaval.ca

Mots clés : bactérie, champignon, mycorhize, phosphore assimilable, phosphatases.

Une grande partie du phosphore (P) soluble ajouté sous forme d'engrais chimique ou de fumier est rapidement fixée dans les sols sous des formes peu solubles non disponibles aux plantes. Lors de conditions de faible disponibilité du P, les plantes utilisent diverses stratégies afin de mobiliser le P dont elles ont besoin. Ainsi, les plantes peuvent augmenter la longueur et la densité des poils absorbants et diminuer le diamètre des racines afin d'augmenter la surface spécifique des racines venant en contact avec le sol. En effet, de 60 à 70% du P est prélevé par les plantes via les poils absorbants. Les plantes relâchent aussi des acides organiques, des protons, ou du CO₂ qui peuvent dissoudre les formes insolubles de P inorganique. Elles peuvent aussi produire des phosphatases et des phytases pouvant minéraliser le P organique qui peut représenter jusqu'à 50% du P total dans les sols.

Cependant, les racines des plantes (rhizoplan) et le sol qui y est fortement attaché (rhizosphère) abritent des microorganismes qui immobilisent le P dissous par les plantes. Certains de ces microorganismes utilisent aussi plusieurs mécanismes d'action semblables à ceux des plantes pour solubiliser le P, comme la production d'acides organiques, de protons ou des phosphatases et pourraient donc être mis à profit afin d'améliorer la nutrition phosphatée des plantes.

Depuis plus d'un demi-siècle, on sait que l'inoculation des plantes avec certains microorganismes dissolvant les phosphates (MDP) peut avoir un effet bénéfique sur la croissance, la nutrition et l'état sanitaire des plantes. Malgré toutes ces recherches, on trouve actuellement très peu d'inoculants à base de MDP en comparaison aux rhizobiums ou aux agents de lutte biologique. Cela s'explique par la complexité de l'écosystème sol-plantes-microorganismes et par la mauvaise compréhension de toutes les interactions pouvant y avoir lieu. Par exemple, malgré le fait que la plupart des plantes cultivées vivent en symbiose avec les champignons mycorhiziens, la présence de ces organismes importants est encore ignorée dans la littérature récente. Pourtant, la nature et la présence de ces champignons peuvent influencer directement l'interaction entre la plante et les autres microorganismes bénéfiques. En effet, c'est de ces observations qu'est né le concept de la mycorhizosphère très différente de la rhizosphère d'une plante non mycorhizée. Finalement, les constituants de la microfaune du sol peuvent aussi influencer les résultats des interactions plantes-microorganismes.

Dans cette présentation nous allons montrer l'évolution de nos travaux portant sur la dissolution biologique des phosphates et nous discuterons des perspectives d'avenir.

Disponibilité du phosphore du sol : influence du travail du sol et de la fertilisation minérale

NOURA ZIADI¹, AIMÉ JEAN MESSIGA¹, CHRISTIAN MOREL², GILLES TREMBLAY³ ET LÉON ETIENNE PARENT⁴

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3.

²Institut National de la Recherche Agronomique, 1220 UMR TCEM, BP 81, 33883 Villenave d'Ornon cedex, Bordeaux, France.

³Centre de recherche sur les grains inc., 740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu de-Beloeil, Québec, QC, J3G 0E2.

⁴Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada;

noura.ziadi@agr.gc.ca

Mots clés: P-Mehlich 3, P total, essais de longue durée, maïs, soja

Le phosphore (P) est un élément essentiel pour le développement et la croissance des plantes. Son apport au sol sous forme d'engrais minéral et/ou organique est nécessaire pour répondre aux besoins nutritionnels des plantes. Cependant, appliqué en excès par rapport aux besoins des cultures, il peut causer des problèmes environnementaux notamment la pollution de l'eau. Il est alors indispensable de bien comprendre sa dynamique dans le sol et son prélèvement par la plante afin de gérer efficacement son utilisation. L'effet du travail du sol et de l'apport du P inorganique sur les rendements en grains des cultures et sur les différentes formes du P dans un essai de longue durée a été étudié. Le site expérimental a été établi en 1992 à la ferme expérimentale d'AAC situé à l'Acadie (Tremblay et al. 2003; Messiga 2010) et qui continue de faire l'objet d'un suivi annuel. Il s'agit d'une rotation bi-annuelle, maïs – soja, établie sur un loam argileux selon un dispositif expérimental en split-plot avec quatre répétitions. L'essai comprend deux traitements : le travail du sol (semis direct [SD] et un labour conventionnel [LC]) qui est appliqué aux parcelles principales, et neuf combinaisons de 3 doses d'azote (0, 80 et 160 kg N ha⁻¹) et 3 doses de P (0 [0P], 17,5 [17.5P], et 35 [35P] kg P ha⁻¹) apportées uniquement à la phase maïs de la rotation en parcelles secondaires. Seulement les parcelles recevant les trois doses de P avec la dose 160 kg N ha⁻¹ ont été retenues. Les rendements en grain du maïs et du soja n'ont pas été affectés par l'apport de P. Cependant, le rendement en grain du maïs le plus élevé a été 10.1 Mg ha⁻¹ en 2004 sous le LC et le plus faible a été 5.8 Mg ha⁻¹ en 2000 sous le SD. Pour le soja, le rendement en grain le plus élevé a été 5.2 Mg ha⁻¹ en 2009 sous le LC et le plus faible a été 1.1 Mg ha⁻¹ en 2001 sous le SD. Le bilan cumulé de P qui est la différence entre les apports et les exportations de P entre 1992 et 2010 a été en moyenne – 311.1 (±16.1), – 122.3 (±12.8) et 49.8 (±23.3) kg P ha⁻¹ pour les traitements 0P, 17.5P et 35P, respectivement. Le PM3 a varié entre 25.9 mg kg⁻¹ avec 0P sous le LC et 69.8 mg kg⁻¹ avec 35P sous le SD. Ces résultats corroborent ceux obtenus avec les membranes d'échange anioniques qui démontrent que le P est plus disponible sous SD que sous LC et plus au printemps qu'à l'automne. Il est alors clair que le travail du sol, le système de culture, les conditions climatiques notamment hivernales et l'apport du P influencent grandement la disponibilité du P du sol aux plantes ainsi que ses différentes transformations.

Références

- Tremblay, G., Robert, L., Filion, P., Govaerts, G., Mongeau, R., Filiatrault, J., Beausoleil, J.M., Moreau, G., Tran, T.S. 2003. Régies culturales et fertilisations azotée et phosphatée dans une rotation maïs-soya. Bulletin technique No. 3.05. CÉROM, Saint-Bruno-de-Montarville, Quebec City, QC. 8 pp.
- Messiga, A.J. 2010. Transferts du phosphore dans les sols de grandes cultures. Thèse de doctorat. Université Laval, QC. 217p.

Relation entre le statut du phosphore du sol et le bilan de P dans une prairie de fléole des prés

AIME JEAN MESSIGA¹, NOURA ZIADI¹, GILLES BÉLANGER¹ ET CHRISTIAN MOREL²

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Québec, QC;

²Institut National de la Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherche 1220, Transfert sol-plante et cycle des éléments minéraux dans les écosystèmes cultivés, Bordeaux, France.

aimejean.messiga@agr.gc.ca

Mots clés : bilan de P, gestion de P, P-Mehlich 3, fléole des prés.

L'augmentation globale de la production agricole en réponse à la croissance de la population mondiale va doubler la demande en phosphore (P) d'ici 2050. Une augmentation substantielle de l'utilisation de P dans les systèmes agricoles va diminuer les réserves mondiales de P et poser un problème environnemental majeur à cause du risque associé au transport de P vers les cours d'eau. Une meilleure gestion de P est donc nécessaire pour maximiser les rendements agricoles et réduire les conséquences environnementales. Le bilan entre les flux entrants et sortants de P est un outil fiable qui permet de suivre les évolutions du stock de P dans la couche labourée des sols de grandes cultures (Oenema et al. 2003; Messiga et al. 2010). Cette relation varie suivant le type de sol (Morel et al. 2000) mais Messiga et al. (2010) ont démontré récemment l'invariance de cette dynamique avec la durée de culture et le niveau de fertilisation phosphatée dans un sol non carbonaté. L'objectif de cette étude est d'analyser l'effet de différents niveaux de fertilisation minérale azotée sur cette dynamique reliant l'évolution du stock de P du sol au bilan de P dans le contexte d'une prairie de fléole des prés (*Phleum pratense* L.) cultivée au Québec.

L'étude a été réalisée dans un essai de longue durée établi en 1998 sur un loam sableux graveleux de la série St-André à la ferme expérimentale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada située à Lévis. Après l'implantation de la fléole des prés en 1998, quatre niveaux de P (0, 15, 30 et 45 kg/ha en parcelles principales) et N (0, 60, 120 et 180 kg/ha en sous parcelles) ont été appliqués annuellement entre 1999 et 2006 dans un dispositif en split-plot avec quatre répétitions. La biomasse aérienne a été récoltée deux fois chaque année entre 1999 et 2006 et leur teneur en P a été mesurée. Des échantillons de sol (0-15 cm) ont été prélevés entre 2001 et 2007, séchés et tamisés à 2 mm. Le P du sol disponible aux plantes a été évalué par deux méthodes : la mesure de la concentration des ions P dans la solution du sol après mise en suspension de 1 g dans 10 ml d'eau distillée (C_p ; mg/L) (Morel et al. 2000) et le P Mehlich-3 (P_{M3} ; mg/kg) [Mehlich, 1984]. Chaque année, la différence entre le P appliqué au printemps et le P exporté par les récoltes de biomasse aérienne, i.e. bilan annuel de P, a été calculé de même que le bilan cumulé de P (Bcum).

Aucune réponse significative de la fléole des prés à l'application de P n'a été obtenue tout au long de l'étude. Par contre, le rendement en biomasse sèche a augmenté significativement avec la dose de N appliquée jusqu'à la dose de 120 kg N/ha. Pour un niveau de fertilisation P, le bilan cumulé (Bcum) de P au terme de l'étude en 2006 a diminué avec l'augmentation de la dose de N appliquée. Par exemple, il a été de 286 kg P/ha pour le traitement $P_{45} \times N_0$ et +182 kg P/ha pour $P_{45} \times N_{180}$, et de -59 kg P/ha pour le traitement $P_0 \times N_0$ et -148 kg P/ha pour $P_0 \times N_{180}$. Le traitement $P_{15} \times N_{60}$ a permis de maintenir le Bcum proche de zéro avec une valeur de +7 kg P/ha. Après neuf ans d'expérimentation, P_{M3} a varié entre 8 et 79 mg/kg et C_p entre 0.18 et 0.72 mg/L. L'effet global de l'augmentation de la dose de N a été une diminution de P_{M3} et C_p en relation avec Bcum. Pour chaque indicateur du P disponible aux plantes, une relation linéaire avec le Bcum incluant toutes les doses de N, a été proposée: $C_p = 0.0014 \text{ Bcum} + 0.3$ ($R^2 = 0.79$, $P < 0.001$) et $P_{M3} = 0.13 \text{ Bcum} + 36.8$ ($R^2 = 0.64$, $P < 0.001$). Un Bcum positif ou négatif de 100 kg P/ha permet ainsi d'élever ou de diminuer C_p de 0.14 mg/L et P_{M3} de 13 mg/kg. Cette stabilité de la relation dans cette prairie de fléole des prés est expliquée par l'absence de modifications significatives des principales propriétés du sol par la fertilisation N.

En conclusion, la relation entre le bilan de P et le statut de P du sol dans une prairie de fléole des prés est stable et unique quelle que soit la dose de N appliquée. Une conséquence directe est l'utilisation du bilan de P comme outil essentiel et fiable pour suivre les évolutions du statut de P et gérer efficacement la fertilisation P dans les prairies de fléole des prés recevant des doses variables de N pour améliorer les rendements en biomasse sèche au Québec.

Références

- Mehlich, A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, **15**, 1409–1416.
- Messiga, A.J., Ziadi, N., Plénet, D., Parent, L.-E. & Morel, C. 2010. Long-term changes in soil phosphorus status related to P budgets under maize monoculture and mineral fertilization. *Soil Use and Management*, **26**, 354–364.
- Morel, C., Tunney, H., Plénet, D. & Pellerin, S. 2000. Transfer of phosphate ions between soil and solution: perspectives in soil testing. *Journal of Environmental Quality*, **29**, 50–59.
- Oenema, O., Kros, H. & de Vries, W. 2003. Approaches and uncertainties in nutrients budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy*, **20**, 3–16.

Efficacité de la fertilisation foliaire des cultures

LOTFI KHIARI

Département des sols et de GAA, Université Laval, Québec, QC.

lotfi.khiari@fsaa.ulaval.ca

L'application foliaire des engrais est de plus en plus répandue dans le contexte d'une agriculture intensive qui épuise assez rapidement les réserves en éléments fertilisants des sols. Les travaux de recherche portant sur ce mode de fertilisation ont commencé depuis l'aube des années 50 et ont montré des résultats très controversés. Malgré, cette incertitude de l'efficacité de l'application des engrais foliaires, les technologies de fabrication de ces produits se sont multipliées à un rythme fulgurant depuis les années 80. Le développement d'équipements d'irrigation sous pression comme le goutte à goutte a forcé l'industrie des engrais à développer des produits purifiés et entièrement solubles dans l'eau pour éviter le colmatage de ces équipements. La mise en disponibilité de ce type d'engrais solubles a conduit les producteurs à essayer le mode de la nutrition foliaire des peuplements végétaux comme c'était le cas pour leurs ancêtres aquatiques connus par leur capacité d'absorber des minéraux par voie foliaire. De nos jours, l'alimentation foliaire est considérée parmi les principales techniques utilisées pour compléter la nutrition par voie racinaire des peuplements végétaux. Il est donc important de passer en revue la littérature nationale et internationale portant sur, les mécanismes, les facteurs et les limites physiologiques et techniques de l'application foliaire des principes actifs N, P K, Ca, Mg et oligo-éléments.

Concentrations en cadmium des grains de maïs et de blé panifiable sous les conditions du Québec

NOURA ZIADI¹, GILLES BÉLANGER¹, XIANGLAN LI² ET BERNARD GAGNON¹

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Québec, QC, Canada;

²State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, China.
noura.ziadi@agr.gc.ca

Mots-clés: cadmium, fertilisation azotée, maïs, blé

Le cadmium (Cd) est un métal lourd présent dans le sol qui peut être accumulé par les plantes à des niveaux relativement élevés sans effet négatif sur leur croissance. L'espèce végétale, les caractéristiques du sol et les pratiques culturales sont les principaux facteurs influençant l'accumulation et la distribution du Cd dans les plantes (Loganathan et al. 1996, Grant et al. 1998, Fan et al. 2009). Des études effectuées en Australie, en Bolivie, aux États-Unis et dans l'Ouest canadien ont démontré l'effet des pratiques culturales, notamment la fertilisation azotée, sur l'accumulation du Cd dans les grains du blé panifiable. Aucune étude, par contre, n'a été effectuée dans l'Est du Canada. Nos objectifs étaient d'examiner les concentrations en Cd dans les grains de maïs et de blé panifiable produits au Québec, et de faire le lien entre celles-ci, la fertilisation azotée et certaines caractéristiques du sol. L'étude a été réalisée sur 12 sites-années (2004-2006) pour le blé et sur 5 sites-années (2004-2008) pour le maïs. Pour le blé, les traitements consistaient en quatre doses de N (0, 40, 120 et 200 kg N ha⁻¹) appliquées à deux dates, soit au semis et au stade début élongation. Pour le maïs, l'apport de N minéral (150 ou 160 kg N ha⁻¹) ou du N organique (biosolides papetiers à 30, 60 et 90 t. hum. ha⁻¹) a été comparé au témoin (0 kg N ha⁻¹). Des échantillons de sol ont été prélevés avant l'application des traitements et analysés pour leurs caractéristiques physico-chimiques, notamment la teneur en Cd extrait au Mehlich-3. Les échantillons de grains de blé (n = 192) et de maïs (n = 40) ont été analysés pour leurs concentrations en N et Cd. La concentration en Cd dans les grains de blé a augmenté significativement avec la fertilisation azotée à 11 des 12 sites-années (Li et al. 2011). En moyenne, cette concentration a varié de 53 µg kg⁻¹ matière sèche (MS) dans les parcelles témoins à 87 µg kg⁻¹ MS lorsque 200 kg N ha⁻¹ étaient apportés. La concentration en Cd a également varié avec les sites-années (34-99 µg kg⁻¹ MS) mais elle n'a jamais excédé la limite proposée pour l'alimentation humaine (235 µg kg⁻¹ MS). Pour le maïs, l'apport de N minéral n'a pas eu d'effet significatif sur la concentration en Cd dans les grains. Les concentrations obtenues (1,9-6,2 µg kg⁻¹ MS) étaient très faibles et n'ont jamais excédé la limite proposée pour l'alimentation humaine (118 µg kg⁻¹ MS). L'apport des biosolides papetiers, par contre, a augmenté les concentrations en Cd dans les grains, quoique ces concentrations sont demeurées relativement très faibles. Les résultats de cette première étude au Québec sont rassurants quand à l'accumulation du Cd par ces deux cultures. Les concentrations mesurées n'ont jamais excédé les limites proposées pour l'alimentation humaine.

Références

- Fan, J., Ziadi, N., Bélanger, G., Parent, L. E., Cambouris, A. et Hu, Z. 2009. Cadmium accumulation in potato tubers produced in Quebec. *Can. J. Soil Sci.* 89: 435–443.
- Grant, C. A., Buckley, W. T., Bailey, L. D. et Selles, F. 1998. Cadmium accumulation in crops. *Can. J. Plant Sci.* 78: 1–17.
- Li, X., Ziadi, N., Bélanger, G., Cai, Z., et Xu, H. 2011. Cadmium accumulation in wheat grain as affected by mineral N fertilizer and soil characteristics. *Can. J. Soil. Sci.* (in press).
- Loganathan, P., Hedley, M. J., Gregg, P. E. H. et Currie, L. D. 1996. Effect of phosphate fertiliser type on the accumulation and plant availability of cadmium in grassland soils. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 46: 169–178.

Utilisation du bilan nutritif et ses limitations

MICHEL CESCAS

Professeur retraité, Département des Sols et de Génie Agroalimentaire Université Laval, Québec, QC
michel.cescas@fsaa.ulaval.ca

Mots clés : bilan, éléments nutritifs

La méthode du bilan en éléments nutritifs consiste à définir les entrées et les sorties en éléments nutritifs (N,P,K) et d'en faire le bilan, savoir combien le sol a perdu ou gagné de ces éléments. C'est une opération comptable. Les entrées (intrants) et les sorties (extrants) sont suivant Stoorvogel et Smaling (1990) :

Entrées	Sorties
1-Engrais minéraux	1-Récoltes
2-Fumiers	2-Résidus des cultures
3-Fixation biologique de l'azote	3-Lessivage et percolation
4-Dépôts éoliens	4-Pertes gazeuses
5-Sédimentation	5-Érosion

L'évaluation en éléments nutritifs est faite à trois niveaux : au niveau micro (à l'échelle de la parcelle ou du village), au niveau méso (à l'échelle de la région, de la province, ou du pays), et au niveau macro (à l'échelle du continent). Les bilans les plus précis sont ceux faits au niveau de la ferme ou du village. Au niveau de la région ou du pays l'évaluation est moins précise. La plupart du temps on a un manque de données, comme au Québec, pour la sédimentation, les pertes gazeuses par dénitrification et pertes d'ammoniac pour les sols calcaires, et pour les pertes par érosion. Heureusement, la plupart du temps, les pertes et les gains manquants sont relativement négligeables et se balancent entre eux, ce qui a permis à Fixen et Johnston (2002) de pouvoir faire un bilan pour le Québec (N, P, et K).

La limitation des bilans en éléments nutritifs est principalement dûe à la pauvreté des données des intrants et des extrants. Ces bilans ne peuvent que donner un aperçu comment évolue la fertilité des sols en général et ne peuvent être utilisés à des fins de fertilisation des cultures au Québec (qui est basée et légalisée sur un tout autre principe) . Ils n'ont qu'un but principal c'est d'aider à déterminer les effets des pratiques agricoles sur la fertilité des sols.

Références :

Stoorvogel, J J. et Smaling, E. M. A. 1990. Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa : 1983-2000. Report 28. Wageningen, The Netherlands, Winand Staring Center.
Fixen, P. E. et Johnston, A. M. 2002. Plant nutrient in North America, PPI/PPIC/FAR Technical Bulletin 2002-1.

merci à un fier partenaire de l'AQSSS

