

# 28<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS

– PROGRAMME SCIENTIFIQUE –

*Qualité des sols et productivité des cultures*

---



---

Association québécoise de spécialistes en sciences du sol (AQSSS)

---

Hôtel Le Victorin  
Victoriaville, Québec  
**26-29 mai 2014**



## CONSEIL D'ADMINISTRATION

---

- 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
- Vice-présidente: **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
- 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: **Vincent POIRIER**, Université Laval, Centre d'étude de la forêt, Faculté de foresterie, géographie et géomatique, Département des sciences du bois et de la forêt, 2405 de la Terrasse, Québec QC G1V 0A6. vincent.poirier.1@ulaval.ca
- Administrateurs : **Jonathan LAFOND**, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département des sols et de génie agroalimentaire, 2480 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 0A6. jonathan.lafond.2@ulaval.ca
- Maxime PARÉ**, Université du Québec à Chicoutimi, Département des sciences fondamentales, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi QC G7H 2B1. maxime\_pare@uqac.ca
- Pascal DROUIN**, Lallemand Animal Nutrition, William H. Miner Agricultural Research Institute, 586 Ridge Road, Chazy, NY, USA. pdrouin@lallemand.com

## COLLABORATEUR

---

- Webmaître : **Rock OUMET**, Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles du Québec. Québec QC G1P 3W8. rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca

## COMITÉ ORGANISATEUR DU CONGRÈS 2014

---

Le conseil d'administration de l'AQSSS, **Pierre-Antoine GILBERT**, CÉGEP de Victoriaville, département d'agriculture, 475 rue Notre-Dame Est, Victoriaville QC G6P 4B3. gilbert.pierre-antoine@cegepvicto.ca, et **Rock OUMET**.

## **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 œuvrant 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/spip.php?page=article&id\\_article=165](http://www.aqsss.com/spip.php?page=article&id_article=165)), 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**

---

#### **PRIX 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. Depuis 2013, un appel de candidatures a lieu en début d'année à tous les deux ans.

---

***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**

---

#### **PRIX 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.

#### **PRIX 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 des 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 28 mai.  
L'AQSSS encourage les membres et les étudiants à être présents lors de cette soirée.**

## 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	Marion 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
2011	Luc Lamontagne	1. Vincent Poirier 2. Loïc D'Orangeville 3. Sébastien Marchand	Gregory Musset
2012		1. Loïc D'Orangeville 2. Yann Périard 3. Émilie Maillard	Ezequiel Miola
2013	Hani Antoun	1. Caroline Halde 2. Thomas Jeanne 3. Anaïs Charles	Dalel Abdi

## HISTORIQUE DES CONGRÈS DE L'AQSSS

Assemblée générale	Président	Lieu	Thème du congrès
			<b>Rétrospective de la recherche sur les sols au Québec</b> Chicoutimi, ACFAS mai 1985
			<b>La podzolisation des sols</b> Montréal, ACFAS mai 1986
1) 27 octobre 1987	Marton Tabi	Saint-Hyacinthe	<b>Utilisation rationnelle des sols</b> Ottawa, ACFAS mai 1987
2) 24 mai 1988	Fernand Pagé	Sainte-Foy	<b>Les sols organiques, un milieu de culture à découvrir et à exploiter</b> Moncton, ACFAS 10-11 mai 1988
3) 3 mai 1989	Fernand Pagé	Sainte-Foy	<b>La fertilisation intégrée des cultures : Une approche à développer</b> Montréal, ACFAS 17 mai 1989
4) 25 octobre 1990	Claude Camiré	Saint-Lambert	<b>Le dépérissement des érablières : Causes et solutions possibles</b> Sainte-Foy, 14-17 mai 1990
5) 7 octobre 1991	Régis Simard	Drummondville	<b>Les amendements organiques et la productivité du sol</b>
6) 5 octobre 1992	Régis Simard	Beaupré	<b>La qualité des sols</b>
7) 12 octobre 1993	Léon-Étienne Parent	Sainte-Anne-de-Bellevue	<b>La science du sol dans la dynamique environnementale</b>
8) 11 octobre 1994	Léon-Étienne Parent	Lennoxville	<b>La variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol</b>
9) 27 juillet 1995	Léon-Étienne Parent	Sainte-Foy	<b>Dynamique des éléments dans les écosystèmes terrestres</b>
10) 16 octobre 1996	Régis Simard	Saint-Hyacinthe	<b>Les nouveaux défis en sciences du sol</b>
11) 25 août 1997	Denis Côté	Lac Beauport	<b>Le sol et l'eau: deux ressources à gérer en interrelations</b>
12) 4 août 1998	Richard Beaulieu	Sainte-Foy	<b>La science du sol au service du développement durable en foresterie et en agriculture</b>
13) 17 août 1999	Rock Ouimet	Sainte-Anne-de-Bellevue	<b>La qualité des sols : du concept à la réalité</b>
14) 31 novembre 2000	Rock Ouimet	Forêt Montmorency	<b>La durabilité des ressources agricoles et forestières</b>
15) 22 août 2001	Rock Ouimet	La Pocatière	<b>L'utilisation des sols et la ruralité</b>
16) 12 juin 2002	Rock Ouimet	Normandin	<b>Les écosystèmes agricole et forestier du pré-nord</b>
17) 10 juin 2003	Rock Ouimet	Sherbrooke	<b>Le sol et la biodiversité</b>
18) 8 juin 2004	Rock Ouimet	Baie St-Paul	<b>La recherche en sol : où en sommes-nous ?</b>
19) 15 juin 2005	Rock Ouimet	St-Ignace-de Standbrige	<b>Utilisons-nous nos sols adéquatement?</b>
20) 6 juin 2006	Martin Chantigny	Montréal	<b>L'urbanisation et les sols</b>
21) 4 juin 2007	Martin Chantigny	Sainte-Catherine de la Jacques-Cartier	<b>Les sols en milieux froids</b>
22) 3 juin 2008	Martin Chantigny	St-Georges de Beauce	<b>Utilisation et productivité des sols négligés</b>
23) 20 mai 2009	Martin Chantigny	St-Paulin	<b>La rivière, reflet de la gestion des terres</b>
24) 1 <sup>er</sup> juin 2010	Martin Chantigny	Oka	<b>Vers des systèmes sol-plante sains et durables</b>
25) 25 mai 2011	Anne Vanasse	Wendake	<b>Les sciences du sol au 21<sup>e</sup> siècle : Défis à relever pour une ressource à préserver</b>
26) 04 juin 2012	Gilles Gagné	Lac-Beauport	<b>Les sols sous un climat en évolution : amis ou ennemis?</b>
27) 28 mai 2013	Gilles Gagné	Ville de Saguenay	<b>Les sols à bout de souffle?</b>



## SOMMAIRE DU PROGRAMME

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

	Lundi 26 mai	Mardi 27 mai	Mercredi 28 mai	Jeudi 29 mai
Matinée		8h00 – 9h00 <b>Inscription</b>  9h00 – 12h00 <b>Forum</b> <i>Qualité des sols et productivité des cultures</i>  Michaël Leblanc : La qualité des sols : indices et critères diagnostiques vers une intégration à un système d'aide à la décision sur le choix des pratiques culturales. Nicolas Bélanger : Les aires d'intensification de la production ligneuse au Québec : vers une foresterie de précision ? Anne Weill : Observations de l'état du sol dans différentes régions du Québec. Denis La France : Effet d'un système de culture maraîchère en planches permanentes sur l'évolution du sol.	8h00 – 8h30 <b>Inscription</b>  8h30 – 11h45 <b>Présentations orales</b>	8h15 – 16h15 <b>Tournée post-congrès</b> 1- Ferme Hamelon à Kingsey Falls : Production laitière biologique et gestion durable des sols 2- Forêt éducative de Saint-Albert : Réhabilitation des sols grâce aux biosolides municipaux 3- Moulin La Pierre à Saint-Norbert d'Arthabaska : Moulin hydraulique produisant de la farine certifiée biologique 4- Nature Canneberge à Saint-Louis-de-Blandford : Production de canneberges biologiques et sols, irrigation et drainage dans les cannebergières
Midi		12h00 – 13h15 <b>Dîner</b>	12h00 – 13h15 <b>Dîner</b>	
Après-midi		13h15 – 14h45 <b>Session d'affiches</b>  14h45 – 16h45 <b>Présentations orales</b>	13h15 – 14h45 <b>Présentations orales</b>  14h45 – 15h45 <b>Session d'affiches</b>	
Soirée	18h00 – 19h00 <b>Accueil et inscription</b> <b>Hôtel Victorin</b>  <b>Soirée libre</b>	17h00 – 19h00 <b>5 à 7 Assemblée générale de l'AQSSS</b>  <b>Souper libre</b>	15h45 – 18h45 <b>4 à 7 Minitour :</b> La ferme-école du CÉGEP de Victo et le parc du Mont Arthabaska  19h00 <b>Banquet et remise des prix</b>	

**Pour l'hébergement sur les lieux du congrès, les réservations doivent être faites par les participants directement à l'Hôtel Le Victorin, 19 boul. Arthabaska Est, Victoriaville G6T 0S4 Sans frais : 1-866-969-0533, Tél.: 819 758-0533, [www.hotelsvillegia.com](http://www.hotelsvillegia.com) Pour de plus amples détails, visitez [www.aqsss.com](http://www.aqsss.com)**

**Lundi 26 mai 2014**

---

**18h00 – 19h00**

INSCRIPTION  
Hôtel Le Victorin

**SOUPER ET SOIRÉE LIBRES**

**Mardi 27 mai 2014 - AM**

---

**8h00 – 8h55**

INSCRIPTION  
Hôtel Le Victorin

**8h55 – 9h00**

OUVERTURE  
Gilles Gagné, président de l'AQSSS

**9h00 – 12h00**

FORUM – Salle Colibri 1-2  
Qualité des sols et productivité des cultures  
*Modérateur : Vincent Poirier*

9h00 **La qualité des sols : indices et critères diagnostiques vers une intégration à un système d'aide à la décision sur le choix des pratiques culturales**  
MICHAËL LEBLANC

9h30 **Les aires d'intensification de la production ligneuse au Québec : vers une foresterie de précision ?**  
NICOLAS BÉLANGER

10h00 **PAUSE**

10h15 **Observations de l'état du sol dans différentes régions du Québec**  
ANNE WEILL

10h45 **Effet d'un système de culture maraîchère en planches permanentes sur l'évolution du sol**  
DENIS LA FRANCE

11h15 **DISCUSSION**

**12h00 – 13h15**

**DÎNER**

---

13h15 – 14h45

SESSION D’AFFICHES

Salle : Colibri 3

1. **Relations entre les fractions du P dans le sol et le bilan annuel du P dans un système maïs-soya**  
HAIXIAO LI, NOURA ZIADI, YICHAO SHI, CHRISTIAN MOREL, ALAIN MOLLIER, LÉON-ÉTIENNE PARENT
2. **A synthesis of studies on the effect of tillage treatment on soil aggregation using compositional data analysis.**  
YAN XU, SERGE-ÉTIENNE PARENT, DENIS A. ANGERS ET LÉON-ÉTIENNE PARENT
3. **Les patrons spatiaux du contenu et disponibilité de Cd, Cu, Pb et Zn dans des sols du paysage méditerranéen par rapport à la couverture végétale et les années de cessation de l'activité agricole.**  
ANA DE SANTIAGO MARTÍN, ROSA GALVEZ CLOUTIER, INMACULADA VALVERDE ASENJO, CRISTINA VAQUERO PEREA, CONCEPCIÓN GONZÁLEZ HUECAS, ANTONIO LÓPEZ LAFUENTE, JOSE R. QUINTANA NIETO, ANTONIO VÁZQUEZ DE LA CUEVA
4. **L'étude des silicates chez l'érable à sucre et son rôle potentiel sur la détoxification de l'aluminium.**  
PETER TIKASZ ET BENOÎT CÔTÉ
5. **Rotation des cultures annuelles et travail du sol en climat nordique : Quelle combinaison semble la plus profitable au Saguenay–Lac-Saint-Jean ?**  
MAXIME C. PARÉ, JEAN LAFOND ET DENIS PAGEAU
6. **Évaluation des propriétés des sols alluviaux en zone active de sédimentation et fertilité.**  
DIANE SAINT-LAURENT, VERNHAR GERVAIS-BEAULAC ET JEAN-SÉBASTIEN BERTHELOT
7. **Évaluation de la recharge des aquifères des bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska à l'aide des modèles SWAT et HELP.**  
ISABELLE BEAUDIN, MARC-ANDRÉ CARRIER, RENÉ LEFEBVRE ET AUBERT MICHAUD
8. **Contribution of soil biology to macroporosity and understanding of nutrient losses at tile-drained field sites.**  
HABIB DIOP, JOANN K. WHALEN, CHANDRA MADRAMOOTOO ET AUBERT MICHAUD
9. **Plan décisionnel de gestion de l'eau en production de canneberges basé sur le contrôle de nappe et la quantification des besoins en eau.**  
VINCENT PELLETIER, JACQUES GALLICHAND, STEEVE PEPIN ET JEAN CARON

- 10. Utilisation du géoradar pour le diagnostic des systèmes de drainage en production de canneberges.**  
AWA MBODJ, DIANE BULOT, SILVIO J. GUMIERE, JONATHAN A. LAFOND, CHRISTIAN DUPUIS ET JEAN CARON
- 11. Sensibilité des conditions édaphiques d'un sol de canneberge en présence d'une couche restrictive à l'écoulement sur le potentiel matriciel dans la zone racinaire.**  
YANN PÉRIARD, SILVIO J. GUMIERE, ALAIN N. ROUSSEAU, JEAN CARON ET DENNIS W. HALLEMA
- 12. Détermination de courbes de rétention en eau typiques des sols organiques sous culture maraîchère du sud-ouest du Québec.**  
DENNIS W. HALLEMA, JONATHAN A. LAFOND, YANN PÉRIARD, SILVIO J. GUMIERE ET JEAN CARON
- 13. Caractérisation et cartographie des sols à l'aide de la conductivité électrique apparente de profondeur et de surface.**  
LUCIE GRENON, PHILIPPE VIGNEAULT, NICOLAS TREMBLAY ET YACINE BOUROUBI

---

**Mardi 27 mai 2014 - PM**

---

**14h45 – 16h45**

**SESSION I – Milieux industriels et valorisation des biosolides**

*Modérateur : Steeve Pepin*

Salle : Colibri 1-2

- 14h45 **Détermination du partitionnement des métaux entre les divers constituants du sol à l'aide de méthodes analytiques.**  
VALÉRIE LECOMTE, HUBERT CABANA ET RÉJEAN GIRARD
- 15h00 **Extraction du fer par électro-migration contrôlée avec des membranes échangeuses d'ions.**  
ALEXEY KASTYUCHIK, MOHAMMED AIDER ET ANTOINE KARAM
- 15h15 **Réhabilitation de sites de résidus de mines de fer au Nord du Québec et dans la région du Labrador.**  
CHRISTINE JUGE ET NORMAND COSSETTE
- 15h30 **Integrated biohydrogen and phosphate solubilizer production using biodiesel industry waste.**  
SAURABH JYOTI SARMA, SATINDER KAUR BRAR, YANN LE BIHAN ET GERARDO BUELNA
- 15h45 **Phosphore disponible dans les biosolides municipaux valorisés en agriculture.**  
CHEDZER-CLARC CLÉMENT, LOTFI KHIARI ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

- 16h00 **La disponibilité de l'azote dans les matières résiduelles fertilisantes (MRF) valorisées en agriculture.**  
CLAUDE-ALLA JOSEPH, LOTFI KHIARI ET LÉON-ÉTIENNE PARENT
- 16h15 **Bilan pédologique des éléments apportés par les boues d'usine d'épuration municipale appliquées dans des plantations forestières.**  
ROCK OUIMET, ANNE-PASCALE PION ET MARC HÉBERT
- 16h30 **La stratégie d'alimentation et de stockage du fumier de bovin laitier influence-t-elle le contenu en éléments traces métalliques des sols ?**  
ISABELLE ROYER, MARTIN H. CHANTIGNY, DENIS A. ANGERS, PHILIPPE ROCHETTE, DANIEL MASSÉ, SHABTAI BITTMAN ET CHAOUKI BENCHAAR

---

**Mardi 27 mai 2014 - PM**

---

**17h00 – 19h00**

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'AQSSS

Salle : Colibri 1-2

**Soirée**

Souper libre

---

**Mercredi 28 mai 2014 - AM**

---

**8h00 – 8h30**

INSCRIPTION  
Hôtel Le Victorin

---

**8h30 – 10h30**

**SESSION II – Fertilité, fertilisation et productivité des sols**

*Modérateur : Maxime Paré*

Salle : Colibri 1-2

- 8h30 **Statut des fractions de P du sol tôt au printemps: effet de l'hiver québécois.**  
NOURA ZIADI, YICHAO SHI, AIMÉ JEAN MESSIGA ET ROGER LALANDE
- 8h45 **Impact de la rotation, du travail du sol et de la source d'éléments nutritifs sur les rendements en plantes fourragères et en céréales.**  
JEAN LAFOND, DENIS ANGERS, DENIS PAGEAU ET JULIE LAJEUNESSE
- 9h00 **Effets de quatre facteurs de régie sur la stabilité structurale des agrégats d'un sol argileux.**  
GILLES TREMBLAY, YVES DION, SYLVIE RIOUX, ANNE VANASSE ET DENIS ANGERS
- 9h15 **Effets des engrais verts et de leur période d'enfouissement sur les rendements du blé.**  
FRÉDÉRIC VERVILLE, ANNE VANASSE, MARTIN CHANTIGNY, DENIS PAGEAU ET GILLES TREMBLAY
- 9h30 **Millet perlé sucré, sorgho sucré et maïs pour l'éthanol : ce que les racines ont à dire.**  
MARIE-NOËLLE THIVIERGE, ANNE VANASSE, MARTIN CHANTIGNY, DENIS ANGERS ET PHILIPPE SEGUIN
- 9h45 **Fertilisation azotée dans la production de pomme de terre du centre à l'est canadien: saison 2013.**  
ATHYNA CAMBOURIS, ISABELLE PERRON, NOURA ZIADI, JEAN LAFOND, BERNIE ZEBARTH, JUDITH NYIRANEZA, ALISON NELSON, CURTIS CARVERS ET NICOLAS TREMBLAY
- 10h00 **PAUSE**

10h30 **Évaluation de l'effet de quatre précédents culturaux sur les rendements et les maladies de la pomme de terre ainsi que sur la diversité bactérienne des sols en milieu nordique.**

THOMAS JEANNE, RICHARD HOGUE ET SAMUEL MORISSETTE

10h45 **Modélisation de la minéralisation des amendements organiques dans le sol par la méthode des balances.**

LÉON-ÉTIENNE PARENT, SERGE-ÉTIENNE PARENT ET ANTOINE KARAM

---

### **Mercredi 28 mai 2014 – AM**

---

#### **11h00 – 11h45**

#### **SESSION III – Variabilité spatiale et SIG**

*Modérateur : Athyna Cambouris*

Salle : Colibri 1-2

11h00 **Variabilité spatiale intra-parcellaire dans les courbes de réponse à l'azote en culture de maïs – Projet REZOTAGE.**

AUBERT MICHAUD, ARIANE DROUIN, MARC-OLIVIER GASSER, JACQUES DESJARDINS ET NOÉMI CÔTÉ

11h15 **GÉODEP: télédétection et SIG en appui au diagnostic et à la prévention de la contamination diffuse des eaux de surface.**

ARIANE DROUIN, AUBERT MICHAUD, ISABELLE BEAUDIN, JACQUES DESJARDINS ET NOÉMI CÔTÉ

11h30 **SIGSOL : Un système d'information et d'inférence spatiale sur les propriétés des sols forestiers.**

JEAN-DANIEL SYLVAIN, ROCK OUIMET, GUILLAUME DROLET, LOUIS DUCHESNE ET FRANÇOIS ANCTIL

---

#### **12h00 – 13h15**

**DÎNER**

---

**Mercredi 28 mai 2014 - PM**

---

**13h15 – 14h45**

**SESSION IV – Gestion des sols et de l'environnement**

*Modérateur : Jonathan Lafond*

Salle : Colibri 1-2

- 13h15 **Acclimatation nutritive de l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et de l'érable rouge (*Acer rubrum*) selon la qualité du sol et un accroissement de l'abondance en conifères.**  
ALEXANDRE COLLIN, CHRISTIAN MESSIER ET NICOLAS BÉLANGER
- 13h30 **Influence du climat et des facteurs pédologiques sur la nutrition et la productivité de *Salix miyabeana* SX 67 en régies de culture intensive.**  
MARIO FONTANA, MICHEL LABRECQUE, FRANÇOIS COURCHESNE ET NICOLAS BÉLANGER
- 13h45 **Est-ce que la succession naturelle sur des terres en friche permet de séquestrer autant de carbone que de les reboiser par la main de l'homme?**  
ROCK OUMET ET SYLVIE TREMBLAY
- 14h00 **Impact de la genèse anthropique d'un sol de canneberges sur les propriétés hydrauliques.**  
YANN PÉRIARD, SILVIO J. GUMIERE, ALAIN N. ROUSSEAU, JEAN CARON ET DENNIS W. HALLEMA
- 14h15 **Développement d'une méthode d'évaluation de la performance des systèmes de drainage souterrain dans la production de canneberge.**  
DIANE BULOT, SILVIO J. GUMIERE, JONATHAN A. LAFOND ET JEAN CARON
- 14h30 **La contraction du temps : vers une valorisation accrue des savoirs dans l'intérêt de la société qui y investit.**  
JEAN CARON

---

**14h45 – 15h45**

**SESSION D’AFFICHES – 2<sup>ième</sup> présentation**

Salle : Colibri 3

**Mercredi 28 mai 2014 - PM**

---

**15h45 – 18h45**

**4 à 7 Minitour**

La ferme-école du CÉGEP de Victoriaville et  
le parc du Mont Arthabaska

---

**19h00**

Banquet

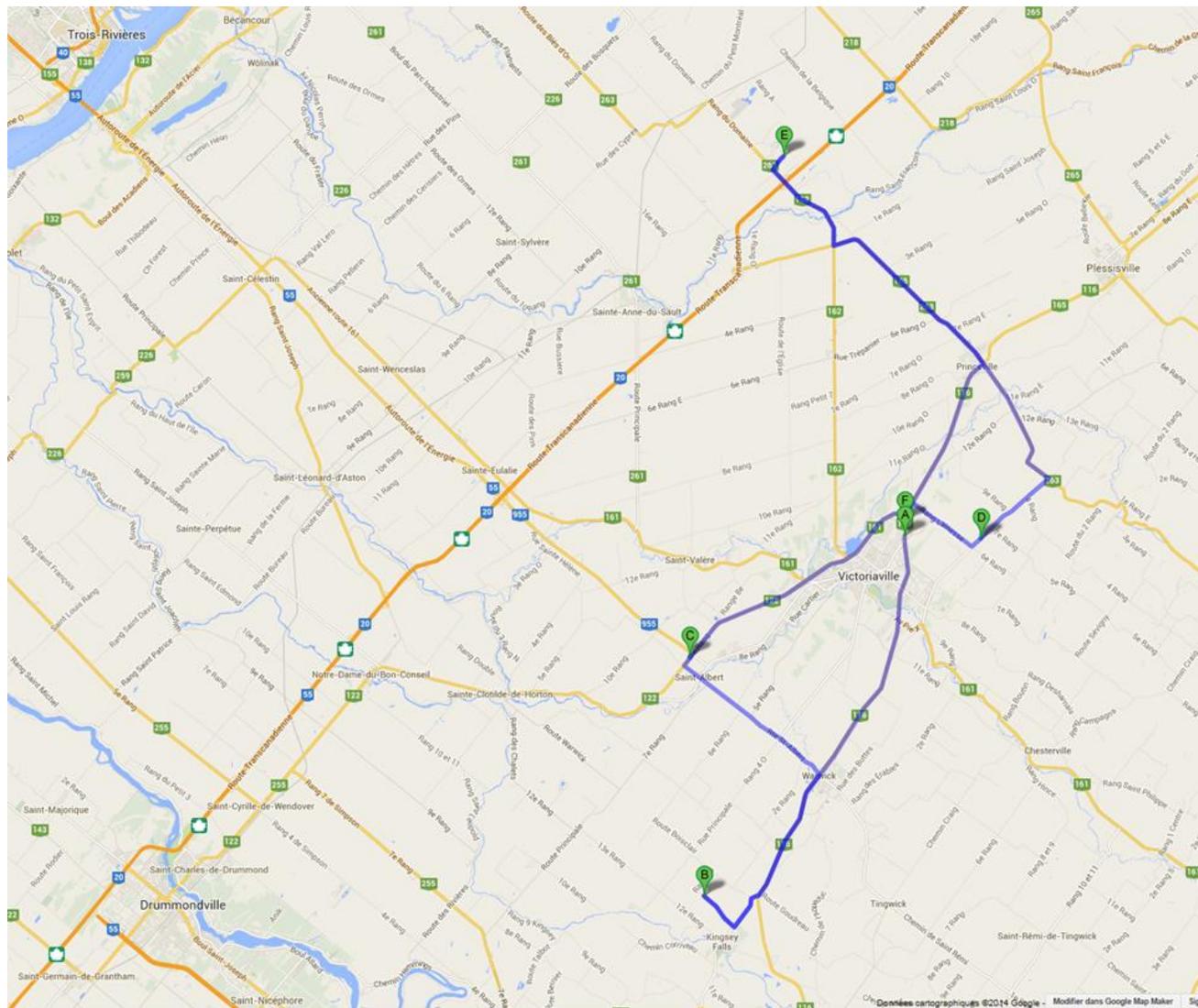
et

remise des prix de l'AQSSS

Jeudi 29 mai 2014

8:15 – 16:15

### TOURNÉE POST-CONGRÈS DANS LA RÉGION DES BOIS-FRANCS



**8h15 A RASSEMBLEMENT à l'Hôtel Le Victorin : Boulevard Arthabaska Est, Victoriaville**

8h20-8h45 *Déplacement en autobus.*

**8h45 B Ferme Hamelon, 350 Rang 3 Kingsey Falls : Production laitière biologique et gestion durable des sols**  
DENIS LA FRANCE

9h45-10h00 *Déplacement en autobus.*

**10h00 C Forêt éducative de Saint-Albert : Réhabilitation des sols grâce aux biosolides municipaux**  
ROCK OUMET et JEAN PAGE

11h15-11h45 *Déplacement en autobus.*

- 11h45 D Moulin La Pierre à Saint-Norbert-d'Arthabaska :** Moulin hydraulique produisant de la farine certifié biologique. Repas boîte à lunch et visite du moulin.  
LUCIE GRENON ET PIERRE-ANTOINE GILBERT
- 13h45-14h15 *Déplacement en autobus.*
- 14h15 E Nature Canneberge à Saint-Louis-de-Blandford :** Production de canneberge biologique et sols, irrigation et drainage dans les cannebergières.  
SIMON BONIN, VINCENT PELLETIER ET YANN PÉRIARD
- 15h45-16h15 *Déplacement en autobus.*
- 16h15 F Hôtel Le Victorin, fin de la tournée et FIN DU CONGRÈS.**

**Liens *google maps* pour trajets.**

**Minitour : Ferme-école du CÉGEP de Victoriaville et Mont Arthabaska. [Lien internet.](#)**

**Tournée. [Lien internet.](#)**



## **RÉSUMÉS DU FORUM**

---

**«Qualité des sols et productivité des cultures»**

---



# La qualité des sols : indices et critères diagnostiques vers une intégration à un système d'aide à la décision sur le choix des pratiques culturales

MICHAËL LEBLANC<sup>1,2</sup>, GILLES GAGNÉ<sup>2</sup>, LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6;

<sup>2</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, QC, G1P 3W8.

michael.leblanc@irda.qc.ca

**Mots clés :** pédologie, qualité des sols, seuils critiques, conservation des sols, productivité des cultures

Le concept de qualité des sols en culture relève de la capacité fonctionnelle du sol à soutenir la productivité biologique, à maintenir la qualité de l'environnement et à supporter la santé végétale et animale (Doran et Parkin 1994). Il a été introduit avec l'avènement des problèmes de dégradation des sols et la nécessité de promouvoir une gestion pérenne des agroécosystèmes. De nombreux indicateurs intégrant des propriétés physiques, chimiques et biologiques permettent l'évaluation de la qualité des sols en regard aux fonctions fondamentales du sol. Certaines de ces propriétés qualifiées de permanentes, inhérentes ou statiques comme la texture, le contenu en fragments grossiers, les types d'horizons, la nature minéralogique ou la profondeur du sol, évoluent très lentement selon des mécanismes pédogénétiques et sont associées aux informations pédologiques (classes de sols). D'autres propriétés qualifiées de modifiables ou dynamiques comme le contenu en matière organique, la stabilité des agrégats, la masse volumique apparente, le pH ou la biomasse microbienne sont sujettes à des changements relativement rapides d'ordre saisonnier, périodique ou induit par les pratiques culturales et nécessitent des évaluations ou des mesures plus régulières. Les indices de qualité peuvent également s'exprimer sur un continuum allant de strictement analytique à complètement descriptif. Dans les dernières décennies, de nombreuses études comparatives ou dynamiques se sont intéressées à l'effet des pratiques culturales (travail du sol, gestion des résidus, approche de fertilisation minérale et organique, rotation des cultures, pratique conventionnelle vs biologique) sur la qualité des sols, et dans une moindre importance, certaines études ont mis en relation la qualité des sols avec la productivité des cultures. Il est reconnu que les propriétés édaphiques influencent directement ou indirectement la croissance des plantes en agissant sur l'eau, l'aération, la température, la résistance mécanique ou la biodisponibilité des éléments nutritifs. Par contre, les difficultés liées au manque d'indicateurs communément convenus, leur fluctuation temporelle, le défi de recueillir certains de ces paramètres et le relativisme des valeurs centrées sur le jugement d'experts dans une variété d'environnements particuliers peuvent rendre l'évaluation de la qualité des sols inadéquate. C'est pourquoi une compréhension approfondie de la contextualisation du processus d'aide à la décision est nécessaire pour construire des évaluations de la qualité de sols utiles et fondées sur des données scientifiques (McBratney et al. 2012). Des approches analytiques (composition de la matière organique, statut biochimique et microbien du sol) et statistiques (analyse de données compositionnelles, techniques de partitionnement binaire et d'apprentissage automatique, méta-analyses) récemment développées ou appliquées à l'agronomie sont autant de nouvelles avenues pour évaluer, synthétiser et mettre en relation les caractéristiques pédologiques, climatiques et les pratiques culturales avec la qualité des sols, et ce notamment avec l'élaboration de seuils critiques. Profiter du potentiel de croissance végétale qu'offre un site, une zone d'aménagement ou une région agropédologique tout en maintenant la qualité des sols et de l'environnement représente toujours un défi de première importance pour les sciences du sol.

## Références

- Doran J.W. et Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. Pages 3-21 dans J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek et B.A. Stewart (éd.) Defining soil quality for a sustainable environment. Special publication number 35, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- McBratney, A.B., Minasny, B., Wheeler, I., Malone, B.P. et van der Linden, D. 2012. Frameworks for digital soil assessment. Pages 9-14 dans Minasny, B., Malone, B.P. et McBratney, A.B. (éd.) Digital Soil Assessments and Beyond, Taylor and Francis Group, London.

# Les aires d'intensification de la production ligneuse au Québec : vers une foresterie de précision ?

NICOLAS BÉLANGER

UER science et technologie, Centre d'étude de la forêt, TÉLUQ.  
belanger.nicolas@teluq.ca

**Mots clés :** productivité forestière, sylviculture intensive, nutrition des arbres, modèles pédoclimatiques, qualité des sols, budget de nutriments, altération des minéraux du sol, valorisation, matières résiduelles fertilisantes.

Dans le cadre de la nouvelle loi sur l'aménagement durable des forêts, le gouvernement provincial propose une intensification de la production ligneuse sur environ 15% du territoire forestier. À terme, les aires d'intensification de la production ligneuse pourraient représentées plus de 50% de la possibilité forestière annuelle. Afin d'atteindre ces objectifs, les plantations d'espèces d'arbres à croissance rapide (PEACR) sont fortement envisagées. Au cours de cette présentation, plusieurs aspects liés à la gestion des ressources souterraines dans les PEACR seront discutés. Notamment, mon équipe développe des outils (modèles) qui visent à identifier les sites susceptibles de supporter des rendements élevés de PEACR. Parmi les facteurs qui influencent la productivité forestière, l'eau et les nutriments sont indirectement ou directement influencés par la nature et les propriétés du sol. Pourtant, la plupart des modèles visant à expliquer la croissance des arbres n'incluent pas de variables édaphiques ou n'incluent que des variables exprimant les conditions générales du sol. Ces modèles expliquent rarement plus de 50% de la variabilité des indices de qualité de station (ou d'autres variables de croissance). Cette piètre performance s'explique par le fait que les variables explicatives ne sont pas appropriées pour les espèces et l'échelle à l'étude, et que, par conséquent, le rôle des sols à pourvoir les arbres en eau et en nutriments est marginalisé. Les modèles que j'ai développés au cours des 10 dernières années permettent de mieux expliquer la productivité des arbres en forêt boréale et en PEACR via des paramètres de sol plus raffinés qu'à l'habitude (Hamel et al. 2004; Pinno et al. 2009, 2011; Ens et al. 2013). Par ailleurs, les PEACR sont exigeantes d'un point de vue nutritionnel — les sols pourraient s'appauvrir de façon significative à l'intérieur d'une révolution et la productivité des PEACR pourraient diminuer si la gestion des ressources souterraines était inadéquate. Dans ce contexte, je discuterai donc de la disponibilité des éléments nutritifs à court et moyen terme des PEACR en présentant des budgets de divers nutriments (Hangs et al. 2014) ainsi que des incertitudes liées aux flux de nutriments via l'altération des minéraux du sol (Lafleur et al. 2013). Enfin, je présenterai des initiatives récentes de l'industrie forestière québécoise en ce qui a trait à la valorisation des matières résiduelles fertilisantes dans les PEACR pour assurer un rendement accru et soutenu de la biomasse ligneuse.

## Références :

Ens, J. et coll. (2013). Effects of edaphic conditions on site quality for willow (*Salix* spp.) plantations across a large climatic gradient in Canada. *New Forests*. 44(6): 899-918; Hamel, B. et coll. (2004). Productivity of black spruce and Jack pine stands in Quebec as related to climate, site biological features and soil properties. *Forest Ecology and Management*, 191(1-3): 239-251; Hangs, R.D. et coll. (2014). First rotation biomass production and nutrient cycling within short-rotation coppice willow plantations in Saskatchewan, Canada. *BioEnergy Research*. DOI 10.1007/s12155-014-9452-6; Lafleur, B. et coll. (2013). Influence of afforestation on soil: The case of mineral weathering. *Geoderma*. 202-203: 18-29; Pinno, B. et coll. (2009). Predicting productivity of trembling aspen in the Boreal Shield ecozone of Quebec using different levels of soil and site information. *Forest Ecology and Management*. 257(3): 782-789; Pinno, B., Bélanger, N. (2011). Estimating trembling aspen productivity in the boreal transition ecoregion of Saskatchewan using site and soil variables. *Canadian Journal of Soil Science*. 91(4): 661-669.

# Observations de l'état du sol dans différentes régions du Québec

ANNE WEILL

Centre d'Expertise et de Transfert en Agriculture Biologique (CETAB+), 475, rue Notre-Dame Est, Victoriaville, Québec, Canada G6P 4B3.  
anne.weill@cetab.org

**Mots-clés** : compaction, profil de sol, drainage, perméabilité

La compaction des sols est un phénomène fréquent au Québec. Alors que la couche travaillée présente souvent peu de problèmes, la zone de sol située en dessous de cette couche est souvent compactée ce qui peut grandement limiter les rendements. Il est donc nécessaire de faire une observation visuelle du sol sur une profondeur suffisante afin de bien comprendre ce qui limite la croissance des plantes. Le profil de sol agronomique permet de déterminer visuellement l'état du sol grâce à l'observation de paramètres tels que la structure du sol, l'aération, l'activité biologique et le développement des racines (Weill, 2009, Munkholm et al., 2013).

Les principales observations qui ont été faites lors de la réalisation de différents profils de sol au Québec ont été les suivantes :

- le drainage sous-terrain est souvent le premier facteur permettant de limiter la compaction;
- Lorsqu'une nappe perchée est présente, le sol est souvent sec en dessous car l'eau ne passe plus. Une telle situation amène parfois à des conclusions erronées car plutôt que de remettre en cause la vitesse de rabattement de la nappe phréatique on pense plutôt à une faible perméabilité de la zone compacte;
- même avec des systèmes extensifs, une zone compacte d'une épaisseur de 15-20 cm sous la couche de sol travaillée a été constatée dans plusieurs sols argileux naturellement mal drainés et non drainés artificiellement;
- plusieurs sols naturellement très massifs (certains tills, sols limoneux ou argileux) ne répondent pas au drainage sous-terrain mais plutôt à la décompaction;
- même en terrain uniforme, la réalisation de profils de sol sur des parcelles de recherches adjacentes a permis de constater que le degré de compaction peut varier de façon substantielle d'une parcelle à l'autre;
- La réponse à la fertilisation peut être fortement reliée au degré de compaction.

De façon générale il est important de bien interpréter l'état du sol afin de ne pas drainer ou sous-soler un sol inutilement. De plus la connaissance de l'état du sol permet de mieux comprendre la réponse des cultures à différents traitements réalisés en parcelles de recherche. L'évaluation visuelle du sol est un élément très important pour décider des améliorations à réaliser pour un sol. Il existe un groupe de travail à l'intérieur de l'organisation 'International Soil and Tillage Research Organisation (ISTRO)' dont le focus est l'évaluation visuelle du sol et un document spécial du journal 'Soil and Tillage Research' a récemment été publié sur ce sujet (Munkholm et al, 2013a,b).

## Références

Munkholm L.J., B. C. Ball and T. Batey (Ed.). 2013a. Special issue: Applications of Visual Soil Evaluation. [Soil and Tillage Research Volume 127](#), Pages 1-100, March 2013.

Munkholm L.J., B. C. Ball and T. Batey. 2013b. Applications of visual soil evaluation for subsoil structural quality assessment.

[http://www.njfi.nu/filebank/files/20130222\\$202920\\$fil\\$KK8sE0tD46mo0r6f307x.pdf](http://www.njfi.nu/filebank/files/20130222$202920$fil$KK8sE0tD46mo0r6f307x.pdf)

Weill A. 2009. Les profils de sol agronomique. Un outil de diagnostic sur l'état des sols. CRAAQ. 132 p.

## Effet d'un système de culture maraîchère en planches permanentes sur l'évolution du sol

DENIS LA FRANCE<sup>1</sup>, MARYSE LEBLANC<sup>2</sup>, MAXIME LEFEBVRE<sup>2</sup>, ANNE WEILL<sup>1</sup>,  
PIERRE-ANTOINE GILBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité, Cégep de Victoriaville, 475, Notre-Dame est, Victoriaville G6P 4B3;

<sup>2</sup>Plateforme d'innovation en agriculture biologique, Institut de recherche et développement en agroenvironnement, 335, rang des Vingt-Cinq Est, St-Bruno-de-Montarville, J3V 0G7.  
Denis.lafrance@cetab.org

**Mots clés :** planches permanentes, compaction, structure des sols,

En culture maraîchère, le travail du sol, l'entretien des cultures et la récolte exigent de nombreux passages de machinerie ou de personnel, notamment en conditions trop humides, ce qui entraîne la compaction des sols. Cette dégradation de la structure réduit le développement des racines, inhibe l'activité biologique, nuit au drainage et entraîne des baisses de rendement. Pour tenter de réduire l'incidence de la compaction, un concept et un système sont apparus en grande culture durant les années 70, visant à limiter les passages à des endroits prédéterminés : le "Controlled Traffic Farming".

Durant les années 90, un maraîcher allemand, Hubert Mussler, développe un système de planches permanentes en culture maraîchère : les passages de pneus se font toujours dans des allées non-travaillées, l'utilisation des appareils rotatifs tels le rotoculteur est réduite au minimum et le labour est éliminé. L'équipement principal de préparation des sols est issu des travaux de Manfred Wenz et de Hans Kemink. Joseph Templier, installé au GAEC les Jardins du Temple près de Grenoble décide d'adapter un système semblable. Il fabrique des équipements, et met en place un essai à la ferme en collaboration avec des chercheurs du SERAIL (Berry, 2006). Les premiers résultats sont peu concluants, mais il remarque un impact positif sur les sols et implante ce système sur l'ensemble de sa ferme. Un projet d'adaptation financé INNOVBIO est réalisé au Québec par une équipe du Cégep de Victoriaville et une fois les équipements mis au point, des essais sont réalisés à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique de l'IRDA à St-Bruno-de-Montarville sur des sols de série St-Urbain et Du Jour. On y compare un système de planches permanentes avec un témoin labour/rotobutteuse Comeb. Des études de profils de sols sont effectuées.

Les trois principaux équipements du système sont une butteuse à disque, un cultibutte qui travaille à 20 cm et une vibroplancheuse. Templier a fabriqué une butteuse en modifiant une butteuse à asperges blanches qui monte une planche haute et arrondie. Ici on a modifié une petite herse à disques crénelés en X. Le cultibutte a été fabriqué avec des pièces de Wenz Ecodyn, coûteuses. La vibroplancheuse est un vibroculteur adapté pour former la planche et préparer le lit de semence. Dès le début on observe une structuration améliorée du sol, notamment sous le niveau de travail des dents du cultibutte. Après deux ans d'essais, le projet est reconduit sur trois ans pour valider les effets sur le sol. Le comportement des cultures est variable mais les effets sur le sol sont positifs (Leblanc, 2014). À gauche, passage de rotobutteuse dans un sol St-Samuel et à droite effet des équipements de planches permanentes.



### Références

Berry D., J. Demeusy, 2006, Travail du sol en planches permanentes, Bilan de 6 années d'essais, SERAIL. Adabio  
Leblanc M, et al, 2014, Productions maraîchères biologiques en planches permanentes, Rapport d'étape, IRDA

**RÉSUMÉS DES PRÉSENTATIONS PAR AFFICHES**  
(par ordre alphabétique du premier auteur)

---



# Les patrons spatiaux du contenu et disponibilité de Cd, Cu, Pb et Zn dans des sols du paysage méditerranéen par rapport à la couverture végétale et les années de cessation de l'activité agricole

ANA DE SANTIAGO MARTÍN<sup>1</sup>, ROSA GALVEZ CLOUTIER<sup>1</sup>, INMACULADA VALVERDE ASENJO<sup>2</sup>, CRISTINA VAQUERO PEREA<sup>2</sup>, CONCEPCIÓN GONZÁLEZ HUECAS<sup>2</sup>, ANTONIO LÓPEZ LAFUENTE<sup>2</sup>, JOSE R. QUINTANA NIETO<sup>2</sup>, ANTONIO VÁZQUEZ DE LA CUEVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de Génie civil et Génie des eaux. Faculté de Sciences. Université Laval. Québec. Canada;

<sup>2</sup> Département des Pédologie. Faculté de Pharmacie. Université Complutense de Madrid (UCM). Espagne ;

<sup>3</sup> Centre de Recherche Forestière (CIFOR). Institut National de Recherche de la Technologie et de l'Alimentation Agricole (INIA). Espagne.

a.de-santiago-martin.1@ulaval.ca

**Mots clés:** métaux lourds, patrons spatiaux, changement d'utilisation du sol, vigne, région méditerranéenne

La qualité du sol est largement déterminée par le type d'usage, ainsi que par la gestion de son utilisation. Au cours des dernières décennies, l'Union Européenne a subventionné le déracinement des vignes. Pourtant, l'afforestation des sols agricoles peut entraîner l'acidification des sols et l'augmentation des concentrations de matière organique labile et, par conséquent, la disponibilité des métaux lourds. La municipalité de Navas del Rey (Madrid, Espagne), dernièrement caractérisé par des vignes, a subi une forte variation dans l'affectation des terres et, actuellement, est dominée par une végétation méditerranéenne sclérophylle avec de vignes dispersées. L'objectif de ce travail a été d'évaluer la contribution du temps de cessation de l'activité agricole, la sorte de végétation colonisant et les caractéristiques des sols aux patrons spatiaux du contenu et disponibilité de Cd, Cu, Pb et Zn. L'échantillonnage a été réalisé en 2010 dans une maille de 2.5 x 2 km (146 points). Nous avons utilisé des photographies aériennes de 5 dates différentes (1957, 1968, 1985, 1998 et 2004) afin de quantifier le nombre d'années que chaque point a été couvert par la végétation naturelle. Les échantillons de sol ont été prises (0-5 cm) sous la couverture d'une plante ligneuse (*Quercus rotundifolia*, *Retama sphaerocarpa*, *Lavandula stoechas*, *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus*), sous des communautés herbacées (*Agrostis castellana* et des communautés annuelles) ou en vignes cultivées. De chaque échantillon a été déterminée le contenu total et extractible avec EDTA des métaux et plusieurs paramètres du sol qui contrôlent la disponibilité métallique. L'influence des paramètres environnementaux sur les patrons spatiaux des métaux a été étudiée au moyen d'une ANOVA à deux facteurs et d'une analyse d'ordination canonique de redondance (RDA). La lithologie et les années de cessation de la culture ont été les facteurs explicatifs les plus importants dans l'ordination des patrons spatiaux du contenu total des métaux (Fig. 1a). Le contenu total de Cu a été favorisé dans les sols de vigne pendant que le contenu de Cd, Pb et Zn a été positivement influencé par la présence de genêt (*Retama sphaerocarpa*), d'Agrostis, d'argile et d'oxydes de Fe amorphes (Am-Fe). La quantité de C organique total (COT), la capacité d'échange cationique (CEC) et les années de cessation de la culture ont été les facteurs explicatifs les plus importants dans l'ordination des patrons spatiaux de la disponibilité métallique (Fig. 1b). Les contenus disponibles de Cd, Pb et Zn ont été supérieurs dans les sols pris sous genêt et Agrostis (avec de COT supérieur) et inférieurs dans les pâturages et les vignes. Les contenus métalliques totaux (TCd, TCu et TPb) ont montré vecteurs dans la même direction que la disponibilité de Cd, Pb et Cu. On a observé aussi une influence négative du pH sur le Cd, le Pb et le Zn disponibles (opposé au patron du Cu). En conclusion, les résultats montrent que le changement d'affectation des terres a affecté la disponibilité de métaux et que cette affectation a été différente selon les espèces végétales colonisatrices, ce qui doit être pris en compte lors de la gestion de ces sols.

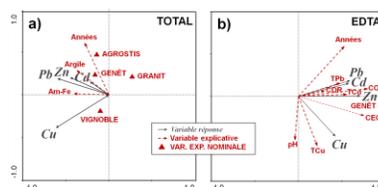


Figure 1. Diagrammes d'ordination de RDA par corrélation avec les deux premiers axes pour le contenu total (a) et disponible (b) de Cd, Cu, Pb et Zn dans les sols (gris) en fonction des paramètres environnementaux (rouge).

# Évaluation de la recharge des aquifères des bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska à l'aide des modèles SWAT et HELP

ISABELLE BEAUDIN<sup>1</sup>, MARC-ANDRÉ CARRIER<sup>2</sup>, RENÉ LEFEBVRE<sup>2</sup>, AUBERT MICHAUD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 2700, rue Einstein, Québec. G2G 1N7;

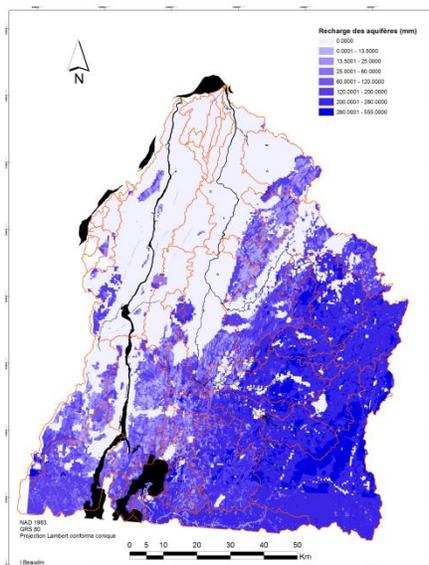
<sup>2</sup>Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement, Québec, Québec, G1K 9A9.  
Isabelle.Beaudin@irda.qc.ca

**Mots clés :** Recharge des aquifères, modélisation, SWAT, HELP.

En 2008, le MDDEFP mettait sur pied le programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) qui vise à dresser un portrait de la ressource en eaux souterraines des territoires municipalisés du Québec méridional dans le but ultime de la protéger et d'en assurer la pérennité. Dans le cadre du PACES Montérégie, l'IRDA a été entre autres impliqué dans la comparaison de l'évaluation de la recharge des aquifères, modélisée à l'aide des modèles SWAT et HELP.

HELP (Hydraulic Evaluation of Landfill Performance) est un modèle hydrologique conçu pour concevoir des décharges alors que SWAT vise à simuler les effets de différents scénarios de gestion du territoire sur les transferts hydriques. Bien qu'il n'ait pas été conçu pour les études hydrogéologiques, HELP est couramment utilisé afin d'évaluer la recharge des aquifères alors que SWAT l'est peu.

Dans le cadre du présent projet, SWAT et HELP ont tous deux été utilisés pour évaluer la recharge des bassins versants des rivières Yamaska et Richelieu en territoire canadien (approx. 9 000 km<sup>2</sup>). Afin de rendre les résultats comparables, les deux exercices ont fait usage des mêmes données de base : un modèle numérique de terrain (30 m), une carte de l'utilisation du sol (30 m), une carte pédologique matricielle (30 m; IRDA) ainsi qu'une carte des dépôts d'argile. De plus, les données de température et de précipitation de 15 stations ont aussi été utilisées. Les modèles ont ensuite été calés et validés à l'aide de données hydrométriques quotidiennes et mensuelles issues d'une dizaine de stations de mesures réparties sur le territoire. Les résultats sont tirés d'une simulation sur 32 ans (1979-2010).



Les résultats de SWAT montrent une distribution spatiale de la recharge très variable. On y perçoit clairement une plus forte recharge dans le piedmont appalachien où les précipitations sont plus abondantes, les températures plus faibles et le territoire plus boisé. Au contraire, la présence d'une importante couche d'argile au nord, empêche quasi-totalement la recharge, sauf où les Montérégiennes pointent. L'influence du territoire agricole, fortement drainé, est également perceptible. Sur une base annuelle, les prédictions de la recharge avec SWAT sont variables d'une année à l'autre et généralement plus élevées que celles de HELP.

Figure1. Carte de la recharge

# **Contribution of soil biology to macroporosity and understanding of nutrient losses at tile-drained field sites**

HABIB DIOP<sup>1</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>1</sup>, CHANDRA MADRAMOOTOO<sup>2</sup>, AUBERT MICHAUD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Natural Resources Sciences McGill University, Macdonald Campus, 21111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9;

<sup>2</sup>Bioresource engineering Department, McGill University Macdonald Campus, 21111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9;

<sup>3</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec.  
habib.diop@mcgill.ca

The increasing frequency and severity of cyanobacteria blooms in rivers and lakes of Quebec has become a major issue, with hundreds of water bodies affected each year. Out of 230 water bodies surveyed every year on average for the period of 2007 to 2012, the Ministry of Sustainable Development, Environment and Parks (Quebec) documented on average 142 lakes with cyanobacteria outbreaks every year (MDDEP 2014). In watersheds with predominantly agricultural land use, the nitrogen (N) and phosphorus (P) losses from agricultural fields in surface and subsurface pathways are higher than the levels needed to stimulate cyanobacteria growth; hence agricultural fields are often a non-point source of water pollution. Subsurface pathways merit investigation since they were responsible for 65% of the N and 37% of P outflow from agricultural fields in Pike River watershed, Quebec (Umuhire et al 2007). Nutrients contained in the preferentially moving water that bypass the soil matrix are readily transported from agricultural fields via tile drainage, assuming that the preferential flow pathways connect to the tile drainage lines. Among the preferential flow pathways of interest are biopores created by the burrowing activities of anecic earthworms, which are persistent (maintained by the earthworms) and extend to the same depth as the tile lines (about 1 m depth). The aim of this project is to investigate the role of biopores in facilitating quick nutrient losses to subsurface drainage, before it can be held by the soil and used by the plants. A simplified conceptual model, supported by evidence from the literature (Richard and Steenhuis 1988; Richard et al. 1988; Shipitalo and Gibbs 2000; Jarvis 2007; Rasouli, et al. 2014) and linking soil porosity to the nutrient loading at the tile drain outlet will be presented. Experimental data will be collected from two farms situated on privately owned land located in Notre-Dame de Stanbridge, QC and St-Alexandre, QC. Both municipalities are located in the Pike River watershed (630 km<sup>2</sup>), which spans the Quebec-Vermont border and empties into Missisquoi Bay of Lake Champlain. Preliminary field surveys will be conducted in April to May, 2014 for earthworms' population assessment and biopore mapping. Analysis of dye infiltration patterns will help elucidate biopore distribution in the soil profile. This study will provide valuable insight into the role of earthworm biopores in solute movement in the tile-drained field sites, contributing to the development of more precise recommendations to avoid excessive N and P losses through subsurface pathways. Unique contributions of the study include the extent to which biopore networks are connected and facilitate preferential flow to tile drains, the spatio-temporal dynamics of biopore networks and their relative proportions in contrasting soil textures of southern Quebec.

# Caractérisation et cartographie des sols à l'aide de la conductivité électrique apparente de profondeur et de surface

LUCIE GRENON<sup>1</sup>, PHILIPPE VIGNEAULT<sup>1</sup>, NICOLAS TREMBLAY<sup>1</sup>, YACINE BOUROUBI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec;

<sup>2</sup>Effigis Geo Solutions, Montréal, Québec.

lucie.grenon@agr.gc.ca

En agriculture de précision, la gestion optimale des applications d'azote pour la culture du maïs-grain à la ferme nécessite une connaissance de la variabilité des sols. La mesure de la [conductivité électrique apparente \(CEA\) des sols](#) permet de caractériser et de cartographier certaines propriétés des sols, entre autres la texture et le drainage.

Nos recherches portant sur l'application d'engrais azotés (N) en post-levée pour la culture du maïs-grain ont permis de constater que les doses de N modulées seulement par les classes de CEA de surface ne tiennent compte que d'une partie de la variabilité des sols à considérer. L'objectif de cette étude est de valoriser les mesures de CEA tant en profondeur (granulométrie des matériaux originels et drainage du sol) qu'en surface afin de caractériser et de cartographier le maximum de propriétés du sol pouvant servir à optimiser les doses de N.

Une vingtaine de champs ont été cartographiés à l'aide du conductivimètre à électrodes VERIS 3100 (Veris Technologies Inc., Salina, KS). Des centaines de profils de sols à l'intérieur de ces champs ont été décrits et identifiés en séries de sols dont certains échantillonnés pour les horizons A, B et C afin d'en déterminer la granulométrie et la texture. Sur plusieurs autres sites de ces champs, des échantillons de la couche de surface ont été prélevés afin d'en déterminer la granulométrie, la classe texturale et le pourcentage de matière organique.

Les données de conductivité électrique mesurées à l'aide du Veris, avec un pas d'environ 1 à 2 m, ont été interpolées par la méthode de krigeage à l'aide d'un logiciel de géostatistiques (GS+, Gamma Design Software, Plainwell, MI) et cartographiées à l'intérieur d'une matrice d'un mètre carré à l'aide d'un GIS (ArcGIS, ESRI, Redlands, CA). Les bases de données étaient préalablement nettoyées de leurs données aberrantes et la structure spatiale vérifiée à l'aide de la modélisation des semi-variogrammes. Les valeurs de surface (0-30 cm) et de profondeur (0-90 cm) ont été traitées séparément. Les cartes de conductivité électrique en profondeur (CEAp) ont été classifiées en 6 classes selon la granulométrie des matériaux originels et le drainage, allant de la classe 10, pour les valeurs de CEA<sub>p</sub> les plus basses, correspondante aux matériaux squelettiques bien drainés, à la classe 60, pour les valeurs de CEA<sub>p</sub> les plus hautes, correspondante aux matériaux argileux-très fins, très mal drainés à mal drainés. Les cartes de conductivité électrique de surface (CEAs) sont séparées en 5 classes selon la texture de surface, allant de la classe 1, pour les valeurs de CEAs les plus basses, correspondante à des textures de surface grossières, à la classe 5, pour les valeurs de CEAs les plus hautes, correspondante à des textures de surface fines à très fines. Les deux cartes classifiées ont été combinées (somme des classes CEA<sub>p</sub> et CEAs. Ex. : 10+1=11, 10+2=12, 20+2=22, etc.) afin de créer une nouvelle carte (CEA<sub>ps</sub>) dont les classes combinées de 2 chiffres peuvent varier de 11, pour des matériaux squelettiques avec une texture de surface grossière, à 65, pour des matériaux argileux-très fins avec une texture de surface fine à très fine.

L'étude des corrélations entre les valeurs de CEA en profondeur et en surface et les données granulométriques des matériaux originels et de la couche de surface et du drainage du sol selon les cartes de CEA combinées de plusieurs champs ayant des sols différents, devraient permettre de préciser les classes de CEA<sub>ps</sub> correspondantes aux types de sols et leurs textures de surface (séries de sols et phases de texture de surface). Il sera ainsi possible à partir des cartes de sols disponibles pour la Montérégie d'estimer des classes de CEA et de moduler les doses d'azote appliquées en post-levée au maïs-grain en fonction de la variabilité des sols.

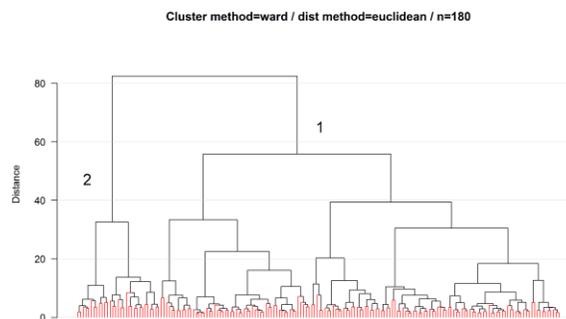
# Détermination de courbes de rétention en eau typiques des sols organiques sous culture maraîchère du sud-ouest du Québec

DENNIS W. HALLEMA<sup>1</sup>, JONATHAN A. LAFOND<sup>1</sup>, YANN PÉRIARD<sup>1</sup>, SILVIO J. GUMIERE<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, 2480 boulevard Hochelaga, Québec (QC) G1V 0A6, Canada.  
dennis-wesley.hallema.1@ulaval.ca

**Mots clés :** Rétention d'eau, Van Genuchten, laitue, HYDRUS

L'agriculture en sols organiques accélère les processus de dégradation et d'oxydation de la tourbe causant par le fait même des changements importants des propriétés physiques et chimiques de ces Humisols. Le labour, par exemple, conduit à un degré de décomposition plus élevé qu'une tourbe intacte résultant en un plus faible contenu en matière organique, en une masse volumique apparente plus élevée, en une diminution de l'organisation du système de pores, et éventuellement en une réduction de la capacité de stockage en eau et de la conductivité hydraulique à saturation du sol organique. Au Québec, environ 5200 ha de sols organiques sont utilisés essentiellement pour la culture maraîchère et il est estimé qu'une majorité de cette surface est aujourd'hui affectée par des problèmes de drainage. Le comportement hydraulique de ces sols organiques cultivés est peu documenté et ce que l'on peut trouver à ce sujet date déjà d'une cinquantaine d'années. L'objectif de cette étude était donc de dériver, à partir de mesures prises sur des échantillons intacts, des courbes de rétention typiques pour ces sols organiques cultivés du sud-ouest du Québec. Les résultats montrent que le modèle de Van Genuchten (1980) représente mieux les données des courbes de rétention en eau que le modèle de Groenevelt-Grant (2004) en termes de somme des erreurs résiduelles au carré. Cependant, les différences de performance entre les deux modèles sont minimales dû au nombre élevé d'itérations utilisées pour déterminer les valeurs des paramètres ( $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$ , etc.). Le modèle de Groenevelt-Grant offre une meilleure représentation du mécanisme de double porosité observé lorsque le potentiel matriciel diminue sous les -20 cm parce qu'il peut être ancré aux deux extrémités de la courbe de rétention en eau, c'est-à-dire aux points de teneur en eau à saturation et de flétrissement temporaire de la laitue (environ -300 cm). Enfin, une classification agglomérante hiérarchique (Figure 1) a été effectuée sur 180 échantillons de sol organique, ce qui a permis d'identifier deux courbes de rétention en eau typiques : une correspondant à un sol organique plus épais (> 120 cm de sol organique) possédant une proportion de matière organique supérieure à 0.84 et une masse volumique apparente plus faible que  $0.3 \text{ g cm}^{-3}$ ; et une autre représentant les sols organiques moins épais (< 120 cm), plus décomposés (matière organique < 0.84) et ayant une masse volumique apparente plus élevée que  $0.3 \text{ g cm}^{-3}$ .



**Figure 1.** Dendrogramme avec la classification agglomérante hiérarchique selon Ward (1963) des paramètres physiques et hydrauliques du sol pour 180 échantillons de sol organique.

## References

- Groenevelt, P. H., and Grant, C. D., 2004. A new model for the soil-water retention curve that solves the problem of residual water contents. *European Journal of Soil Science* 55, 479-485.
- Van Genuchten, M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal* 44, 892-898.
- Ward, J. H., Jr., 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236-244.

## Relations entre les fractions du P dans le sol et le bilan annuel du P dans un système maïs-soya

HAIXIAO LI<sup>1,2,3</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, YICHAO SHI<sup>1</sup>, CHRISTIAN MOREL<sup>3</sup>, ALAIN MOLLIER<sup>3</sup>, LEON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3;

<sup>2</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6;

<sup>3</sup>UMR Interaction Sol Plante Atmosphère, Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Bordeaux-Aquitaine, 71 Rue Édouard Bourlaux, 33140 Villenave-d'Ornon, France.

lihaixiao001@gmail.com

**Mots clés:** fractionnement du P, log ratio isométrique (*ilr*), concentrations du P, quantification

Le phosphore du sol peut être divisé en différentes fractions selon leur phyto-disponibilité. A cet effet, une méthode de fractionnement séquentiel du P a été développée par Hedley et al. (1982) pour extraire les fractions inorganiques et organiques du P comme compartiments plus disponibles (resin-P, NaHCO<sub>3</sub>-P), moins disponible (NaOH-P) et lentement disponible (HCl-P). La valeur brute de ces fractions peut fausser l'analyse statistique et par conséquent l'interprétation des résultats. Cependant, l'analyse des données en utilisant des coordonnées de log ratio isométriques (*ilr*) (Egozcue et al., 2003) est appropriée pour la modélisation des compartiments interactifs du P en utilisant des partitions binaires séquentielles (SBP) pour des groupes de phyto-disponibilité du P. Ceci permet de calculer la distance d'Aitchison à partir d'une composition de référence. Notre objectif était de relier les résultats de l'*ilr* entre les fractions du P au rendement de la culture et au bilan cumulatif du P. La base de données provient de recherches menées au site expérimental d'AAC à l'Acadie, Québec. Il s'agit d'une rotation bi-annuelle de maïs – soja établie sur un loam argileux St-Blaise depuis 1992. Le fractionnement du P (Hedley et al. 1982) a été effectué sur les échantillons de sol prélevés en 2001, 2002, 2007 et 2008. Les *ilrs* ont parfois montré des coefficients de détermination (R<sup>2</sup>) avec le bilan cumulatif du P semblables à ceux obtenus avec des fractions.

### Références:

Hedley, M.J., W.B. Stewart, and B.S. Chauhan. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivar-dynamics and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 46:970–976.

Egozcue, J. J., V. Pawlowsky-Glahn, G. Mateu-Figueras, and C. Barceló-Vidal. 2003. Isometric log-ratio transformations for compositional data analysis. *Mathematical Geology* 35 (3), 279-300.

# Utilisation du géoradar pour le diagnostic des systèmes de drainage en production de canneberges

AWA MBODJ<sup>1</sup>, DIANE BULOT<sup>1</sup>, SILVIO J. GUMIERE<sup>1</sup>, JONATHAN LAFOND<sup>1</sup>, CHRISTIAN DUPUIS<sup>2</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, 2480 boulevard Hochelaga, Québec (QC) G1V 0A6, Canada;

<sup>2</sup>Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, 1065, avenue de la Médecine, Québec (QC) G1V 0A6, Canada.

awa.mbodj.1@ulaval.ca

**Mots clés :** géoradar, canneberges, drainage.

La gestion optimale des ressources hydriques est impérative tant pour accroître la productivité des cannebergeries et que pour limiter son impact environnemental. Elle passe par une bonne régie d'irrigation mais aussi de drainage. Les causes d'un mauvais drainage sont multiples allant d'une mauvaise conception, à diverses discontinuités dans le profil de sol. Le géoradar constitue une bonne alternative aux méthodes de diagnostic conventionnelles moins adaptées à l'échelle du champ. C'est une méthode non invasive de mesure géophysique à haute résolution qui utilise l'énergie électromagnétique. L'objectif de ce travail est de développer une méthodologie de diagnostic du système de drainage basé sur les mesures de géoradar en culture de canneberge. Pour l'atteindre, une expérience en cours consiste à caractériser la topographie souterraine en passant le géoradar au champ en hiver. La nappe phréatique, des horizons et des drains peuvent déjà être distingués dans le profil de sol. Des cartes en trois dimensions seront produites à l'issue du traitement complet des données. Une expérience à venir est la variabilité hydrogéologique au champ en été : cartographie de la nappe et rabattement de la nappe après une irrigation. La validation est assurée par des mesures de tensiomètres et de sondes de pression. Le passage de l'antenne du géoradar sur un profil de sol contrôlé au laboratoire permettra une interprétation adéquate des radargrammes (Figure 1) obtenus au champ.

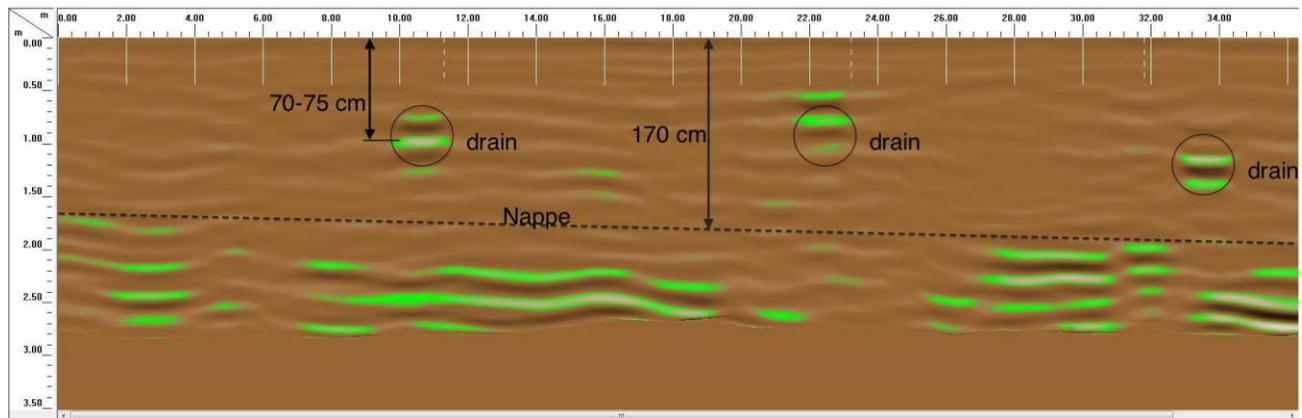


Figure 1. Radargramme d'un champ de canneberges présentant 3 drains et une nappe à environ 1.70 m

# Rotation des cultures annuelles et travail du sol en climat nordique : Quelle combinaison semble la plus profitable au Saguenay–Lac-Saint-Jean ?

MAXIME C. PARÉ<sup>1</sup>, JEAN LAFOND<sup>2</sup>, DENIS PAGEAU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, QC, Canada, G7H 2B1;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Normandin, QC, Canada, G8M 4K3.

maxime\_pare@uqac.ca

**Mots clés** : Canola, charrue, chisel, orge, pois et qualité du sol

## Introduction

Au Saguenay–Lac-Saint-Jean, les cultures annuelles prennent de plus en plus d'ampleur au détriment des cultures pérennes. Toutefois, il y a peu d'information régionale sur les effets à long terme des pratiques culturales reliées à la rotation des cultures et au travail du sol sur les rendements et les paramètres de la qualité des sols.

## Méthode

Cette étude a été réalisée à la ferme de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Normandin. Cinq types de rotation ont été évaluées soient : 1) Canola-Orge-Orge-Pois; 2) Canola-Pois-Orge-Orge; 3) Canola-Orge-Pois-Orge; 4) Pois en monoculture; et 5) Orge en monoculture. Toutes les séquences de rotation étaient présentes à chacune des années (14 séquences au total). Le canola en monoculture n'a pas été évalué. Deux pratiques de travail du sol ont été investiguées en sous-parcelles soient : 1) Charrue (25 cm de profondeur); et 2) Chisel (15 cm de profondeur). Au total, trois cycles de rotation de quatre années ont été réalisés pendant 12 années entre 1999 et 2010. Le dispositif a été implanté sur une luzernière âgée de trois années. Les rendements des cultures et plusieurs propriétés chimiques et physiques des sols ont été mesurés à chacune des années.

## Résultats

Comparativement aux autres rotations, les monocultures d'orge et de pois ont diminué significativement les rendements en grain de 403 et 965 kg ha<sup>-1</sup>, respectivement. Lorsque trois cultures étaient insérées dans la rotation, le type de rotation et le travail du sol ont eu peu d'impact sur les rendements des cultures. Comparativement à la charrue, le chisel a réduit les rendements d'orge de 276 kg ha<sup>-1</sup>, seulement lorsque l'orge était cultivée en monoculture. Comparativement à la charrue, le chisel a amélioré les paramètres de qualité du sol tels que : la concentration en azote disponible (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans la zone 0-20 cm (+2 mg kg<sup>-1</sup>), la conductivité hydraulique (+0.013 cm hr<sup>-1</sup>) et la proportion (+15 %) de macro-agrégats (2-6 mm). Cette étude montre clairement les avantages d'utiliser le chisel au détriment de la charrue en système de rotation des cultures – peu importe le type de rotation – alors que la charrue semble préférable au chisel en système de monoculture d'orge seulement. Durant les 12 années de l'étude, le cycle de rotation a fortement réduit les rendements des cultures : orge (-1 500 kg ha<sup>-1</sup>); pois (-2 500 kg ha<sup>-1</sup>) et canola (-766 kg ha<sup>-1</sup>). Il est possible que ces fortes diminutions de rendement soient reliées aux conditions environnementales et/ou aux effets positifs de la luzernière initiale sur la qualité du sol. Toutefois, notre dispositif expérimental ne permet pas la vérification de ces hypothèses.

# Plan décisionnel de gestion de l'eau en production de canneberges basé sur le contrôle de nappe et la quantification des besoins en eau

VINCENT PELLETIER<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, STEEVE PEPIN<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6.  
vincent.pelletier.8@ulaval.ca

**Mots clés :** irrigation, drainage, évapotranspiration, photosynthèse.

La gestion de l'eau en production de canneberges a été la cible de récents travaux qui ont permis de déterminer la zone de confort hydrique maximisant la productivité de la plante. Les paramètres physiologiques de la plante sont optimaux lorsque le potentiel matriciel de l'eau dans le sol ( $\phi$ ) est maintenu entre -3,0 et -6,5 kPa. En démarrant l'irrigation par aspersion lorsque  $\phi$  atteint -7,5 kPa, les plantes répondent à un léger stress hydrique maximisant leur productivité. Lorsque la température dans le feuillage atteint une température critique, l'irrigation par aspersion pourrait être utilisée afin de refroidir le feuillage et limiter les conséquences reliées à un stress thermique. En maintenant la nappe à une profondeur permettant un flux de remontée capillaire suffisant, les besoins en eau de la plante pourraient être comblés sans recourir à l'irrigation par aspersion. Une nappe trop élevée pourrait cependant entraîner des problèmes d'aération racinaire.

Ce projet propose une démarche qui permettra de développer un plan décisionnel proactif de gestion de l'eau en fonction des prévisions météorologiques. Cette démarche exige de répondre aux cinq objectifs suivants : 1) Établir un coefficient de culture applicable à l'évapotranspiration de référence, 2) Déterminer la hauteur de nappe optimale permettant une remontée capillaire suffisante pour combler l'évapotranspiration pour les cinq principaux types de sol utilisés en production de canneberges, 3) Déterminer le seuil de température maximale que peut tolérer la plante sans baisse de productivité et évaluer l'efficacité de l'irrigation de refroidissement contre le stress thermique, 4) Établir un critère de drainage et 5) Développer un plan décisionnel de gestion de l'eau.

Des expérimentations en laboratoire/cabinets de croissance combinées à des expérimentations au champ sont présentement en cours afin de répondre à ces objectifs. Un dispositif constitué de tensiomètres et de sondes de teneur en eau installés dans la zone racinaire permettra de calculer les flux d'eau sortant du sol (évapotranspiration) par bilan hydrique. Une nappe phréatique maintenue à 50 cm sous la surface du sol a été comparée à une nappe maintenue à 70 cm sur 25 hectares en production en 2013 et le sera à nouveau en 2014. Des colonnes de sol permettront de mesurer le flux maximal en remontée capillaire que peut fournir différents types de sol. Les paramètres physiologiques de la plante seront mesurés en fonction de différentes températures du feuillage afin de déterminer la température critique. Une seconde phase de mesures sera réalisée afin d'évaluer la réponse de la plante à un refroidissement du feuillage lorsque la température critique est atteinte. Des canneberges cultivées en bacs (525 cm<sup>2</sup>; sur sable) sont présentement soumises à des conditions de sol saturées pendant des intervalles de 1 à 5 jours, et ce à différents stades de développement de la plante. La mesure des paramètres physiologiques et celle du rendement final permettra de déterminer la durée maximale que peut tolérer la canneberge avec un excès d'eau dans la zone racinaire.

L'irrigation souterraine a permis une diminution substantielle des quantités d'eau utilisée durant la saison de croissance tout en maximisant les rendements en comparaison avec l'irrigation par aspersion traditionnelle. Des résultats préliminaires ont démontré qu'un gain de 42% de la photosynthèse peut être réalisé suite au refroidissement du feuillage lorsque la température y atteint 33°C. Au cours de la période de réveil de la plante et pendant la floraison, une diminution de la photosynthèse a été observée dès le premier jour où le sol était en conditions saturées. Cette diminution a atteint 35 % lorsque le sol était maintenu saturé pendant cinq jours. Lorsque les quatre premiers objectifs seront atteints, un plan décisionnel de gestion de l'eau pourra être élaboré. Avec la quantification des besoins en eau en fonction des conditions climatiques, ce plan pourra être appliqué de façon proactive par les producteurs de canneberges.

# Sensibilité des conditions édaphiques d'un sol de canneberge en présence d'une couche restrictive à l'écoulement sur le potentiel matriciel dans la zone racinaire.

YANN PÉRIARD<sup>1</sup>, SILVIO JOSÉ GUMIÈRE<sup>1</sup>, ALAIN N. ROUSSEAU<sup>2</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, DENNIS W. HALLEMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, QC;

<sup>2</sup>Institut national de la recherche scientifique : Centre Eau, Terre et Environnement, Québec, QC.  
yann.periard-larrivee.1@ulaval.ca

**Mots clefs:** Drainage, sensibilité multi-locale, couche restrictive, canneberge

La gestion de l'eau sur un site de production de canneberges nécessite des stratégies d'irrigation et de drainage intelligentes pour soutenir une forte productivité et pour minimiser l'impact environnemental. Par exemple, pour éviter la propagation de maladies et répondre à la demande d'évapotranspiration, il est impératif de maintenir des conditions d'humidité optimales dans la zone racinaire, qui dépendent d'un système de drainage efficace. Cependant, plusieurs problèmes de drainage ont été identifiés dans les champs de canneberges. La plupart de ces problèmes sont dus à la présence d'une couche restrictive dans le profil du sol qui induit la formation d'une nappe perchée (Gumiere et al., 2014). L'objectif de ce travail est d'évaluer les effets d'une telle couche restrictive sur l'efficacité de drainage par le biais d'une analyse de sensibilité multi-locale. Ainsi, nous avons évalué la sensibilité de l'efficacité de drainage par rapport à différents paramètres de propriétés hydrauliques de la couche restrictive, de configurations géométriques (profondeur et épaisseur de la couche restrictive) et de conditions climatiques (précipitation). La dynamique de l'eau dans le sol a été simulée avec le modèle d'éléments finis Hydrus 1D (Šimůnek et al., 2008). La sensibilité multi-local a été calculée avec les dérivées directionnelles de Gâteaux selon la procédure décrite par Cheviron et al. (2010). Les résultats indiquent que l'efficacité de drainage est plus sensible aux propriétés hydrauliques du sol de la couche restrictive qu'aux configurations géométriques et conditions climatiques. Ensuite, la profondeur de la couche restrictive est plus sensible que l'épaisseur de celle-ci. L'efficacité de drainage est très peu sensible aux conditions climatiques. L'analyse de sensibilité multi-locale de l'efficacité de drainage selon les propriétés hydrauliques du sol, les conditions climatiques et configurations géométriques a permis de diagnostiquer et d'identifier les combinaisons pouvant provoquer un problème de drainage causé par la présence d'une couche restrictive. Cependant, il devient important d'identifier les mécanismes impliqués dans la genèse des sols anthropiques de canneberges afin d'identifier les conditions qui peuvent conduire à la formation d'une couche restrictive.

## Références:

- Cheviron, B., S.J. Gumiere, Y. Le Bissonnais, R. Moussa and D. Raclot. 2010. Sensitivity analysis of distributed erosion models: Framework. *Water Resources Research* 46: W08508. doi:10.1029/2009WR007950.
- Gumiere, S.J., J. Lafond, D. W. Hallema, Y. Périard, J. Caron et J. Gallichand. 2014. Mapping soil hydraulic conductivity and matric potential for water management of cranberry: Characterization and spatial interpolation methods. Soumis pour publication dans *Biosystems Engineering*.
- Šimůnek, J., M.T. van Genuchten and M. Šejna. 2008. Development and Applications of the HYDRUS and STANMOD Software Packages and Related Codes. *Vadose Zone J.* 7: 587-600. doi:10.2136/vzj2007.0077.

# Évaluation des propriétés des sols alluviaux en zone active de sédimentation et fertilité

DIANE SAINT-LAURENT<sup>1,2</sup>, VERNHAR GERVAIS-BEAULAC<sup>2</sup>, JEAN-SÉBASTIEN BERTHELOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche en géomorphologie fluviale et sols, UQTR, C.P. 500, Trois-Rivières, QC, G9A 5H7;

<sup>2</sup>Département des Sciences de l'environnement, UQTR, C.P. 500, Trois-Rivières, QC, G9A 5H7.

diane.saint-laurent@uqtr.ca

**Mot clés** : Teneur en matière organique, fertilité des sols, sols alluviaux, récurrence d'inondations, sud du Québec

**Introduction** : Cette étude porte sur la dégradation des sols alluviaux en lien avec la recrudescence des inondations et l'analyse des propriétés physico-chimiques des sols affectés par les crues des rivières Saint-François et Massawippi (Saint-Laurent et al., 2010). Ces deux rivières sont affectées périodiquement par les inondations surtout depuis les trois dernières décennies, ce qui a pour effet de modifier l'environnement fluvial et la qualité des sols affectés par ces crues successives.

**Méthodologie** : Les sites échantillonnés sont délimités par trois zones d'inondation, soit les zones de récurrence d'intervalle 0-20 ans, intervalle 20-100 ans et celles non affectées par les inondations. Plus de 600 échantillons de sol ont été prélevés dans 94 quadrats. Les échantillons de sol recueillis ont été analysés, notamment pour la texture avec l'analyse granulométrique au laser, ainsi que par les méthodes standards d'analyse des sols pour mesurer la teneur en carbone organique (C.O.), en azote (N), en phosphore (P), en potassium (K) et la capacité d'échange cationique (CEC). Les méthodes de terrain et d'analyse sont en conformité avec les normes établies par le Système canadien de classification des sols (SCCS, 2002) et les méthodes d'échantillonnage et d'analyses des sols (McKeague, 1978). Des analyses statistiques, dont les tests de *Mann-Withney U* et de *Student* ont été fait pour évaluer si des différences significatives existent entre les sols des zones de récurrence d'inondation (0-20 ans et 20-100 ans) et celles à l'extérieur des plaines inondables.

**Résultats** : Les résultats montrent que les crues successives ont un effet direct sur la qualité et les propriétés pédologiques des sols alluviaux. Les concentrations de carbone organique total (COT) et d'azote total (AT) sont plus faibles dans les zones affectées par les crues fréquentes. Les concentrations de C.O. et d'azote diminuent aussi avec la profondeur des profils. Les sols sont plus acides dans les zones extérieures aux inondations en raison de la présence de biomasse au sol qui génère des produits acidifiants lors de la décomposition. Les sols sont plus à nue (moins de litière) dans les endroits affectés par les crues périodiques. Le contexte géomorphologique des deux rivières est aussi différent. Ceci explique les variations dans les résultats des propriétés des sols analysés suivant les secteurs d'analyse et les zones d'inondation.

**Conclusion** : Si les conditions hydroclimatiques actuelles se maintiennent, soit une augmentation de la fréquence d'inondation dans les bassins et sous-bassins du sud du Québec, il est probable d'assister à un appauvrissement progressif des sols alluviaux et conséquemment une diminution de leur qualité. Ceci peut entraîner avec le temps, un dépérissement des peuplements forestiers présents sur les plaines alluviales. Aussi, ceci pourrait s'accompagner d'une baisse de la régénération forestière et d'une perte de la biodiversité.

## Références :

- McKeague J. A. (1978). Manuel de méthodes d'échantillonnage et d'analyse des sols, Société canadienne de la Science du sol, (2e éd.), Ottawa, 267 p.
- Saint-Laurent D, St-Laurent J, Lavoie L, Drouin A, Ghaleb B (2010a). Floodplain sedimentation rates, soil properties and recent flood history in Southern Québec. *Global and Planetary Change*, 70: 76-91. DOI 10.1016/j.gloplacha.2009.11009.
- Système canadien de classification des sols (2002). Direction générale de la recherche Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, 3e édition, publication 1646, Ottawa, 196, p.

# L'étude des silicates chez l'érable à sucre et son rôle potentiel sur la détoxification de l'aluminium

PETER TIKASZ<sup>1</sup> ET BENOÎT CÔTÉ<sup>1</sup>

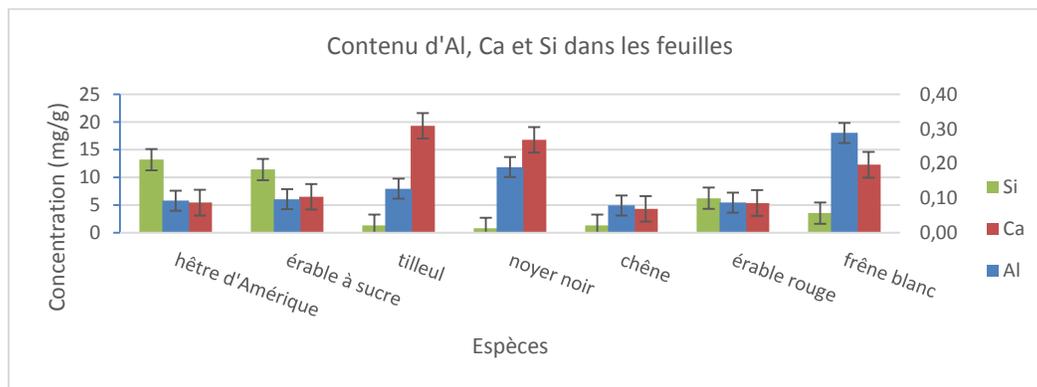
<sup>1</sup>Département des Sciences des Ressources Naturelles, Campus Macdonald de l'Université McGill, 21,111 Lakeshore Road, Ste. Anne de Bellevue, Québec, H9X 3V9.  
peter.tikasz@mail.mcgill.ca

**Mots clés :** silicate, aluminium, toxicité

Les différentes structures, propriétés physiologiques et protectives des silicates ( $\text{Si}_x\text{O}_x$ ) ont été étudiées sur plusieurs plantes. Les silicates, en faibles concentrations dans la solution de sol, pourraient avoir un impact positif sur la croissance des plantes et pourraient diminuer la toxicité de l'aluminium et du manganèse chez certains arbres ayant une propensité à les accumuler. Nos objectifs sont donc de déterminer : (1) si l'érable à sucre est un accumulateur de silicone (Si) (2) si l'accumulation de Si est fonction du type de sol (3) si les silicates diminuent la toxicité de l'Al chez les érables à sucre, et (4) s'il y a une interaction entre l'Al et le Ca qui diminuerait la toxicité de l'Al.

La litière de sept espèces d'arbres feuillus fut échantillonnée à l'Arboretum Morgan alors que les feuilles d'érable à sucre furent échantillonnées à différentes stations dans le sud du Québec. Afin d'extraire le Si des feuilles, celles-ci furent brûlées à 500°C pendant huit heures. Les cendres furent ensuite soumises à une fusion avec du lithium meta- et tetra-borate avant d'être mises en solution par l'ajout d'acide ( $\text{HNO}_3$ ). L'analyse élémentaire des solutions fut faite par ICP-MS (Cornelis et al. 2010). Des systèmes hydroponiques ont aussi été conçus dans le but d'observer et analyser l'effet du Ca, Al et Si ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-MnSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-Ca(NO}_3)_2$ ) sur la croissance des tiges et racines.

Nos résultats préliminaires indiquent que l'érable à sucre et le hêtre sont des espèces qui accumulent le Si (masse sèche 1%), comparés à d'autres feuillus. La concentration de Si dans les feuilles varie spatialement et temporellement (années). Des corrélations significatives entre le Si et l'Al, ( $r=0.63$   $p<0.0001$ ) et entre le Si et le calcium ( $r=0.42$   $p<0.0001$ ) furent observées.



## Références

Cornelis, J.-T., Ranger, J., Iserentant, A. and Delvaux, B. 2010. Tree species impact the terrestrial cycle of silicon through various uptakes. *Biogeochemistry*, **97**, 231-245.

# A synthesis of studies on the effect of tillage treatment on soil aggregation using compositional data analysis

YAN XU<sup>1,2</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>2</sup>, LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Soils and Agri-Food Engineering, Pavillon Paul-Comtois, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6;

<sup>2</sup>Agriculture and Agri-Food Canada, Soils and Crops Research and Development Centre, 2560 Hochelaga Boulevard, Québec, QC, G1V 2J3.

Leon-Etienne.Parent@fsaa.ulaval.ca

**Key words:** Aggregate-size distribution, Aitchison distance, Soil conservation, tillage, ultimate structure

Soil aggregation is a key soil quality indicator related to crop productivity, C sequestration, water and solute transport, biological habitats and resistance to erosion. Soil cultivation is one of the notable management practices that disrupts soil aggregates, compacts soil and disturbs plant and animal communities. Management decisions on soil cultivation need reliable information on soil aggregation to implement corrective practices. Despite several studies reporting the influence of tillage treatment on soil aggregation, there is yet no robust criterion to interpret the effect of beneficial practices on soil health. Because soil aggregate-size distribution is compositional, the Aitchison distance—an unbiased index used in compositional data analysis – between observed and reference aggregate-size distributions can be used as a soil quality index across studies.

The object of this paper is to conduct a synthesizing analysis of published studies on the effect of tillage treatment on water-stable aggregation in order to derive a critical soil aggregation index. We used 38 paired conventional tillage (CT) and no-tillage (NT) comparisons from nine papers that reported soil mass on sieve-sizes corrected for sand content and based on the wet sieving method. Ultimate soil structure was defined as unobservable amount of macro (>250  $\mu\text{m}$ )-aggregates and reference vector to compute the Aitchison distance. Aitchison distance from ultimate structure in CT was related to gains in Aitchison distance of NT over NT. Data were partitioned using a receiver operating characteristic procedure to define a threshold distance from ultimate structure supporting decisions on soil management. An optimized Aitchison distance threshold of 4.20 separated highly (< 4.20) from less ( $\geq 4.20$ ) responsive soils to NT with test performance of 89%. Results showed that highly responsive specimens were soils which were initially in poor structural state. Below the critical value (4.2), micro-aggregates assembled into middle macro-aggregates, while beyond the critical value, larger macro-aggregates formed from CT to NT. Therefore, the study indicated the Aitchison distance from ultimate structure was useful as soil health index for soils likely to show a high response to beneficial practices regenerating soil structure.



**RÉSUMÉS DES PRÉSENTATIONS ORALES**  
(par ordre alphabétique du premier auteur)

---



# Développement d'une méthode d'évaluation de la performance des systèmes de drainage souterrain dans la production de canneberge

DIANE BULOT<sup>1</sup>, SILVIO J. GUMIERE<sup>1</sup>, JONATHAN LAFOND<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, G1V 0A6.  
diane.bulot.1@ulaval.ca

**Mots clés** : méthode d'évaluation des systèmes de drainage, propriétés hydrodynamiques du sol, Géoradar

L'élaboration d'une région d'irrigation de précision ciblant l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau ne peut être complète sans la caractérisation et la solution des problèmes de drainage. La plupart des champs de canneberges possèdent un système de drainage souterrain installé en parallèle, ayant pour but le contrôle du niveau de la nappe phréatique et l'évacuation de l'eau excédentaire. Contrairement à la croyance populaire, les canneberges ne poussent pas dans l'eau et sont très sensibles aux variations de tension de l'eau dans le sol. Les travaux réalisés depuis le début du projet ont mis en évidence le besoin impératif d'apporter des correctifs majeurs aux systèmes de drainage actuellement en vigueur dans les champs de canneberges afin de réduire considérablement le gaspillage d'eau et les pertes de rendements et d'argent. Les causes du mauvais drainage sont nombreuses, passant d'une mauvaise conception du système lui-même, à des causes plus complexes liées à la dynamique de l'eau dans le sol.

L'objectif principal de ce projet est de présenter une nouvelle méthode d'évaluation de la performance des systèmes de drainage souterrain et de proposer des solutions pour en améliorer l'efficacité. À l'été 2013, le dispositif expérimental piézométrique et tensiométrique de suivi de la profondeur de la nappe phréatique a été mis en place sur 10 champs (6 proches de Manseau, Québec et 4 dans la région du Lac-St-Jean, Québec). Un échantillonnage systématique de cylindres de sol intact a été réalisé dans ces champs afin d'exécuter des analyses en laboratoire durant l'automne 2013 et l'hiver 2014. Ces analyses permettent d'étudier la variabilité spatiale verticale et horizontale des propriétés hydrodynamiques et physicochimiques du sol dans un même champ. Durant l'hiver 2014, un Géoradar a été utilisé afin de cartographier les premiers mètres de sol en vue de caractériser le profil et les différentes zones (zones denses, nappes, drains, etc.) du sol. Cette cartographie au Géoradar sera mise en relation avec les propriétés du sol mesurées au préalable. En complément, des observations qualitatives seront faites au printemps 2014. Il s'agira de repérer des mauvaises herbes de la canneberge et des insectes préférant les milieux humides ou mal drainés, ainsi que de détecter ses changements de couleur ou de maintien directement au niveau des plants de canneberges.

Les résultats préliminaires obtenus ont permis de mettre en évidence que les champs ne répondent pas tous de la même manière suite à une irrigation test et que cela peut être dû aux propriétés du sol, et ainsi au drainage. À l'été 2015, 15 champs différents seront sélectionnés avec les producteurs pour répéter la prise de données.

## Fertilisation azotée dans la production de pomme de terre du centre à l'est canadien: saison 2013

ATHYNA CAMBOURIS<sup>1</sup>, ISABELLE PERRON<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, JEAN LAFOND<sup>1</sup>,  
BERNIE ZEBARTH<sup>2</sup>, JUDITH NYIRANEZA<sup>3</sup>, ALISON NELSON<sup>4</sup>, CURTIS CARVERS<sup>4</sup>,  
NICOLAS TREMBLAY<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CRSGC, AAC, Québec, QC;

<sup>2</sup>CRP, AAC, Fredericton, NB;

<sup>3</sup>CRCB, AAC, Charlottetown, IPE;

<sup>4</sup>CRB, AAC, MB;

<sup>5</sup>CRH, AAC, St-Jean-sur-Richelieu, QC.

athyna.cambouris@agr.gc.ca

**Mots clés :** gestion de l'azote, rendement total et commercialisable.

L'optimisation de la fertilisation azotée (N) dans la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est cruciale pour l'obtention de rendement de qualité en tubercules tout en permettant de minimiser les risques de pollution environnementale. Les recommandations en N pour la pomme de terre sont générales et statiques. Selon les guides de fertilisation locaux, les recommandations en N pour le Manitoba (MB) et l'Île du Prince-Édouard (IPE) sont de 190 kg N ha<sup>-1</sup> et celles du Québec (QC) varieraient entre 125 et 175 kg N ha<sup>-1</sup>. Ce projet a pour objectif d'évaluer la réponse à la fertilisation azotée de la pomme de terre sous diverses conditions pédoclimatiques durant trois saisons de croissance (2013-2015).

Pour la première saison de croissance 2013, six sites expérimentaux ont été établis dans les provinces du MB (MB-01, MB-02), du QC (QC-03; QC-04; QC-05) et de l'IPE (IPE-06) sur des séries de sols couramment utilisées pour la culture de la pomme de terre. Les traitements de fertilisation azotée consistent en cinq doses de N (kg N ha<sup>-1</sup>; N0, N60, N120, N180 et N240) et sont répétés quatre fois. Afin de respecter les pratiques locales, les sources de N variaient selon les provinces ainsi que leur mode d'application. Les sites MB utilisaient de l'urée appliquée à la volée, un mélange d'ammonium sulfate et de nitrate d'ammonium calcique appliqué en bande et le nitrate d'ammonium appliqué en bande ont été respectivement utilisés au MB, QC et IPE. Puisque le fractionnement de N à l'IPE n'est pas une pratique courante, tous les engrais ont été appliqués en bande à la plantation. Aux sites du MB et du QC, l'application des engrais a été fractionnée pour les doses de 120, 180 et 240 kg de N ha<sup>-1</sup>. Pour ces mêmes sites, un sixième traitement consistant à appliquer la dose de N180 sans fractionnement a été ajouté. Deux cultivars de pomme de terre ont été utilisés soit le Russet Burbank pour la majorité des sites et le cultivar Classic Russet pour le QC-05. À chacun des sites, les rendements totaux et commercialisables ont été mesurés.

Le rendement total moyen a été de 50,4, 41,5, et 40,6 t ha<sup>-1</sup> pour les sites MB-01, MB-02 et IPE-06. Aucun effet significatif des doses de N n'a été observé sur le rendement total en tubercules pour ces trois sites (MB-01, MB-02 et IPE-06). Globalement, l'effet de l'azote a été significatif (linéaire et quadratique) seulement pour les essais conduits au QC. Les sols ainsi que les conditions climatiques sont les principaux facteurs qui expliquent ces différentes réponses. La dose de N, estimée en utilisant un modèle quadratique-plateau, nécessaire pour atteindre un rendement maximal de 36, 37 et 26 t ha<sup>-1</sup>, était de 161, 78 et 85 kg N ha<sup>-1</sup> pour les sites QC-03, QC-04 et QC-05. Pour ces trois sites, la différence du climat (nord QC-05 vs sud QC-03 et QC-04) ainsi que la texture de surface (QC-03 sable loameux, QC-04 loam et QC-05 loam limoneux) expliquent en partie les différences observées. La capacité intrinsèque de fournir de l'azote de chacun des sites influence la réponse à la fertilisation azotée jusqu'au point où certains d'entre eux (MB-01, MB-02 et IPE-06) ne nécessitent aucun ajout de N pour produire leur rendement total. Des résultats similaires sont obtenus avec le rendement commercialisable.

Afin d'optimiser les doses en N pour la culture de la pomme de terre, le développement d'un modèle de recommandation dynamique et simple d'utilisation en N considérant les facteurs pédologiques et climatiques est souhaitable.

## **La contraction du temps: vers une valorisation accrue des savoirs dans l'intérêt de la société qui y investit**

JEAN CARON

Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Envirotron, 2480 boul. Hochelaga, local 1120  
Université Laval, Ste-Foy, Québec, Canada, G1V 0A6.  
jean.caron@fsaa.ulaval.ca

On assiste actuellement à une restructuration importante des efforts de recherche et de développement dans la société québécoise et canadienne. Bien que l'effort de recherche canadien soit compétitif au niveau mondial, le bilan des réalisations des transferts en industrie reste faible comparativement à d'autres pays. Or, le temps de mise en marché et de développement est critique pour la survie des entreprises dans un environnement où la synergie des savoirs comprime le cycle de développement. La chaîne classique d'innovation (université-centre de recherche, transfert technologique, valorisation industrielle) est en rupture. On assiste maintenant à une contraction du temps de développement où l'intimité des échanges centre de recherche- industrie s'intensifie. Cette modulation des efforts offre différentes opportunités aux jeunes diplômés et aux chercheurs actifs. Cet exposé vise à présenter une synthèse des différentes routes alternatives de valorisation qui se dessinent dans cet environnement évolutif.

# Phosphore disponible dans les biosolides municipaux valorisés en agriculture

CHEDZER-CLARC CLÉMENT<sup>1</sup>, KHIARI LOTFI<sup>1</sup>, LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, QC, G1V 0A6.  
clement.clarc-chedzer.1@ulaval.ca

**Mots clés:** Biosolides municipaux, Coefficient d'utilisation du phosphore, Efficacité relative du phosphore, Degré de saturation en phosphore, Aluminium et fer.

La valorisation des biosolides municipaux représente l'une des meilleures pratiques environnementales de gestion de ces résidus. Elle offre un double avantage : il s'agit i) d'une solution alternative de lutte contre la pollution occasionnée par l'enfouissement et l'incinération, et ii) d'un recyclage des éléments nutritifs contenus dans ces matières résiduelles fertilisantes (MRF), en particulier le phosphore dont les réserves naturelles utilisées pour la fabrication d'engrais chimiques sont limitées et non renouvelables. Cependant, l'apport de ces MRF aux sols sans évaluer la quantité de phosphore qui sera effectivement disponible pour les plantes peut à la fois entraîner une baisse de rendement si les besoins ne sont pas satisfaits, et l'eutrophisation dans le cas d'un excès de P. L'objectif principal du présent travail était d'élaborer un modèle d'estimation du coefficient de disponibilité du phosphore des biosolides municipaux en fonction de leurs contenus en fer et en aluminium.

Des données issues d'une trentaine de travaux antérieurs sur la biodisponibilité du P des biosolides municipaux ont été utilisées pour élaborer quatre modèles mettant en relation: i) Le coefficient d'utilisation du P (CUP) en fonction de la teneur des biosolides en Fe et en Al; ii) Le CUP en fonction du degré de saturation en P des biosolides; iii) L'efficacité relative du P (ERP) en fonction de la teneur en Fe et en Al; iiiii) L'efficacité relative du P (ERP) en fonction du degré de saturation en P des biosolides municipaux.

Le présent travail a permis de faire une typologie des biosolides en fonction de leur DSP et leur concentration cumulative en fer et aluminium. Le tableau ci-dessous présente la typologie des biosolides en fonction de leur degré de saturation en phosphore et leur teneur en fer et aluminium.

**Tableau 1 :-Typologie des biosolides en fonction de leur DSP et leur teneur en fer et aluminium.**

<b>Typologie en fonction du degré de saturation en phosphore des biosolides (DSP)</b>			
<b>Biosolides</b>	<b>DSP</b>	<b>CUP (%)</b>	<b>ERP (%)</b>
Type I	≥1,4	≥35	≥75
Type II	<1,4	<35	<75
<b>Typologie en fonction de la concentration cumulative des biosolides en fer et en aluminium (Al+Fe)</b>			
<b>Biosolides</b>	<b>Al+Fe (mmol/kg)</b>	<b>CUP (%)</b>	<b>ERP (%)</b>
Type I	≤930	≥22	≥55
Type II	>930	≤22	≤55

Les résultats de ce travail sont assez proches de ceux obtenus par d'autres chercheurs dans des travaux antérieurs sur la biodisponibilité du phosphore des biosolides municipaux. Toutefois, il est recommandé de considérer beaucoup plus de travaux antérieurs dans le cas d'un prochain travail du même genre en vue d'obtenir des résultats beaucoup plus pertinents.

# Acclimatation nutritive de l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et de l'érable rouge (*Acer rubrum*) selon la qualité du sol et un accroissement de l'abondance en conifères

ALEXANDRE COLLIN<sup>1</sup>, CHRISTIAN MESSIER<sup>1</sup>, NICOLAS BÉLANGER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département des sciences biologiques, Université de Québec à Montréal, QC, H2X 3Y5;

<sup>2</sup>UER Science et Technologie, Télug, Université du Québec, Montréal, QC, H2S 3L5.

alxcollin@gmail.com

**Mots clés :** Acclimatation nutritive, qualité du sol, compétition, calcium

Durant les dernières décennies, de nombreuses modifications de la distribution des espèces forestières à leur marge de distribution se sont effectuées dans la direction prédite par les changements climatiques (Lenoir et al 2008). Cependant, les modèles utilisés pour prédire ces mouvements ne tiennent souvent pas compte des conditions du sol et des interactions avec les espèces à leur marge de distribution, variables importantes pour la croissance des populations végétales (Lafleur et al 2010). La transition entre l'érablière et la sapinière au Québec est un cas modèle pour étudier ces interactions. Ces deux environnements en contact s'excluent pourtant depuis de très longues périodes de part un contraste de fonctionnement et de conditions de sol (Saarnisto 1975). Les faibles températures ont tout d'abord été proposées pour expliquer ce phénomène (Goldblum & Riggs 2005). Cependant des expériences de transplantation de semis d'érables dans la forêt boréale montrant de bonnes conditions (Kellman 2004) suggèrent que localement, la réussite de l'installation de l'érable dans la sapinière dépendra de sa capacité à s'acclimater aux conditions de sol créées par le sapin. Un dispositif a été mis en place à la Station de biologie des Laurentides pour étudier cette acclimatation de l'érable. Sept zones ont été définies dans ce site d'étude afin d'obtenir un gradient d'enrichissement en espèces conifériennes : (1) Érablière à hêtre sans régénération de semis d'érable, (2) Érablière à hêtre, (3) Érablière à bouleau jaune, (4) Peuplement mixte à dominance feuillue, (5) Peuplement mixte à dominance coniférienne, (6) Cédrière à sapin baumier, et (7) Cédrière à sapin baumier sans régénération de semis d'érable. Les premiers résultats valident le dispositif et confortent les hypothèses de cette étude, montrant une diminution significative du pH, de l'humidité et des éléments nutritifs le long du gradient d'enrichissement en espèces conifériennes. Le pH, l'humidité du sol ainsi que l'épaisseur de l'humus sont d'une importance significative dans la nutrition foliaire et l'établissement des semis d'érable. D'autre part, une expérience d'installation de semis d'érable en pot et en terre sur ces zones montre déjà au bout de seulement une saison de végétation l'importance de l'ombrage dans la survie des semis d'érable à sucre au sein des érablières à hêtre. Des résultats complémentaires, actuellement sous analyse des nutriments foliaires de l'érable à sucre et de l'érable rouge permettront sous peu d'apporter des informations importantes sur leur acclimatation nutritive le long du gradient d'enrichissement en espèces conifériennes. Enfin des résultats d'analyses nutritives foliaires sur 2 ans, d'un dispositif installé à Ste Anne de Bellevue permettant l'étude de l'érable à sucre en monoculture et en compétition avec des espèces conifériennes, indiquent une diminution progressive dans le temps de la quantité en calcium foliaire chez l'érable à sucre lorsqu'il est en présence du cèdre. Des dispositifs similaires, mais en moins grande ampleur que celui de la Station de biologie des Laurentides ont été installés sur 2 autres sites présentant des conditions de sol différentes et permettront d'apporter des résultats complémentaires sur l'étude de l'acclimatation nutritive de l'érable face à ces conditions.

Goldblum, D., and Rigg, L.S. (2005). Tree growth response to climate change at the deciduous-boreal forest ecotone, Ontario, Canada. *Can. J. For. Res.* 35(11): 2709–2718.

Kellman, M. (2004). Sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) establishment in boreal forest: Results of a transplantation experiment. *J. Biogeogr.* 31(9): 1515–1522.

Lafleur, B., Paré, D., Munson, A. D., and Bergeron, Y. (2010). Response of northeastern North American forests to climate change : Will soil conditions constrain tree species migration ? *Environ. Rev.* 18 : 279-289.

Lenoir, J., Gégout, J. C., Marquet, P. A., de Ruffray, P., Brisse, H. (2008) A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science.* 320:1768-1770.

Saarnisto, M. (1975). Stratigraphical studies on the shoreline displacement of Lake Superior. *Can J. Earth Sci.* 12:300–319.

# GÉODEP: télédétection et SIG en appui au diagnostic et à la prévention de la contamination diffuse des eaux de surface

ARIANE DROUIN<sup>1</sup>, AUBERT MICHAUD<sup>1</sup>, ISABELLE BEAUDIN<sup>1</sup>, JACQUES DESJARDINS<sup>1</sup>, NOÉMI CÔTÉ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA).  
ariane.drouin@irda.qc.ca

**Mots clés :** télédétection, données géospatiales, ruissellement, érosion, phosphore

Le projet de recherche-action (WEB II) ciblé sur la qualité de l'eau en Chaudière-Appalaches, au Québec, a permis de décrire les processus de transfert de sédiments et de nutriments dans quatre micro-bassins et d'y documenter les retombées environnementales aux actions concertées du milieu agricole. Le volet Télédétection du projet a ciblé le développement et la validation d'outils de diagnostic et de gestion des zones critiques de vulnérabilité à la pollution diffuse. Il est généralement établi qu'une proportion importante des exportations diffuses de sédiments et de nutriments proviennent d'étendues restreintes du parcellaire, mais présentant une importante hydro-activité. Dans la perspective d'optimiser l'efficacité des pratiques de gestion bénéfique du parcellaire, la télédétection a donc été mise à profit dans la localisation et la caractérisation des zones les plus sensibles au ruissellement. Les relevés LiDAR, un ensemble d'images satellitaires (IKONOS, Quick Bird et Landsat), de même que différentes données géospatiales pertinentes à l'occupation et aux propriétés du sol ont d'abord été mises à contribution dans l'explication des patrons d'égouttement et des parcours du ruissellement de surface l'eau à l'échelle des bassins versants. L'intégration spatiale de l'ensemble des données a permis d'interpréter l'hydro-activité du territoire et de la représenter sur la forme unités de réponses hydrologiques homogènes (URH) à l'échelle intra-parcellaire. Les hauteurs d'eau ruisselées et drainées, de même que les exportations de sédiments et de phosphore (P) ont par la suite été modélisées à l'échelle de l'URH, recourant aux algorithmes du modèle d'indexation GEODEP développé dans le cadre du projet. GEODEP consiste en une version spatialisée de l'ODEP (Outil Diagnostique des Exportations de Phosphore, Beaudin et al. 2009). L'intégration de l'outil à un Système d'Information Géographique (SIG) facilite dorénavant son utilisation et son application à de plus grands territoires. GEODEP offre à l'utilisateur une représentation dans l'espace de la vulnérabilité du parcellaire aux processus de ruissellement, d'érosion et d'exportation de phosphore. L'outil permet par ailleurs de représenter la réponse de ces indicateurs à des scénarios de gestion alternative du parcellaire, tels que la rotation des cultures, la culture sur résidus ou de couverture, les modalités de la fertilisation ou l'aménagement hydro-agricole.

Développée à l'aide du modèle Model Builder de ESRI, l'application peut être utilisée dans d'autres régions agricoles disposant de données géospatiales similaires. En complément de ces données de base à fournir par l'utilisateur, GEODEP inclut certaines bases de données nécessaires aux calculs hydrologiques, dont la base de données hydro-pédologiques descriptive de l'ensemble des séries de sol du Québec. L'application de GEODEP à un territoire donné est supportée par 6 modules : 1- Le module de *Préparation des données* permet de structurer les données de base; 2- Le module de *Découpage en unités de réponse hydrologique (URH)* divise le territoire en polygones aux propriétés et utilisation du sol distinctes servant d'unité de calcul aux autres modules; 3- Le module *LS de MUSLE* calcule les inclinaisons et longueurs de pentes; 4- Le module *Hydrologie et érosion* estime le taux de ruissellement, la hauteur d'eau drainée et l'exportation annuelle nette de sédiments suivant une adaptation de l'équation de MUSLE; 5- Le module *Phosphore* calcule les concentrations et la spéciation du phosphore; 6- Le module *Quantités* convertit les exportations par hectares en exportations totales par URH. En ce qui a trait aux informations pertinentes à la gestion du parcellaire, GEODEP propose des valeurs par défaut, déduites des banques de données de culture ou d'utilisation du sol, et suivant une régie conventionnelle. L'utilisateur est appelé à mettre à jour ces données suivant sa connaissance des systèmes culturaux et des données à sa disposition. Des informations plus précises sur le territoire à l'étude permettront d'assurer la représentativité des résultats par rapport à la réalité du terrain.

## Référence

Beaudin, I., D. Poulin, A. R. Michaud, J. Desjardins, I. St-Laurent et A. Drouin. 2009. Projet « Activités de diffusion et transfert de l'outil de diagnostic des exportations de phosphore (ODEP) et mise à disposition de données à référence spatiale nécessaires à son utilisation ». Rapport final. Projet réalisé dans le cadre de l'Initiative d'appui aux conseillers agricoles (PIACA-2004). Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec, Canada.

# Influence du climat et des facteurs pédologiques sur la nutrition et la productivité de *Salix miyabeana* SX 67 en régies de culture intensive

MARIO FONTANA<sup>1,2</sup>, MICHEL LABRECQUE<sup>1,2</sup>, FRANÇOIS COURCHESNE<sup>3</sup>, NICOLAS BÉLANGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, Pavillon des Sciences biologiques, 141 Président-Kennedy, bureau SB-2987 Montréal (Québec) H2X 1Y4 Canada;

<sup>2</sup>Institut de recherche en biologie végétale, Biodiversity Centre, 4101 Sherbrooke East, Montreal, QC H1X 2B2, Canada;

<sup>3</sup>Département de géographie, Université de Montréal, Pav.M.Caron-L.Groulx-3200 J.B.  
fontanamario@hotmail.com

**Mots clés** : Saule, Productivité, Nutrition, traits foliaires.

Dans le sud du Québec, la culture intensive sur courte rotation (CICR) de *Salix* connaît un certain engouement, notamment du fait qu'elle constitue une option pour valoriser des milliers d'hectares de terres marginalisées par les mauvaises pratiques agricoles passées.

Le but de ce travail était principalement d'améliorer les connaissances concernant les effets des facteurs pédoclimatiques sur la productivité de *Salix miyabeana* SX67. Cette étude a été menée à partir d'un réseau de 10 CICR de *Salix miyabeana* dispersées dans le Québec méridional sur des sols très hétérogènes dont les dispositifs (densité, arrangement en rangée, etc.) sont identiques et les historiques d'établissement sont bien connus. Pour chacun des sites, nous avons mesuré dans 5 placettes les variables suivantes :

Les propriétés physico-chimiques des sols, certains traits foliaires au cours de 2 à 3 années successives ainsi que les teneurs en nutriments foliaires au cours de 3 années successives (C, N, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn).

En 2011, sur la majorité des sites, après avoir échantillonné la biomasse nous avons pu établir une relation linéaire entre les surfaces basales des tiges principales et les biomasses sèches des arbustes ( $R^2=0,86$ ), qui a pu être mise à profit afin de déduire la productivité passée sur chaque site à partir d'analyses de cernes des tiges principales. Également, les conditions climatiques ont été modélisées annuellement pour chaque site à l'aide du modèle mathématique BioSIM.

Par l'entremise d'analyses multivariées, nous souhaitons discriminer et quantifier l'impact des propriétés pédologiques et des conditions climatiques sur la productivité de *Salix miyabeana* SX 67. Plusieurs modèles ont été testés afin de confronter les échelles de résolution spatiales (placettes à l'échelle locale, sites à l'échelle régionale) et temporelles (productivité annuelle, productivité de l'ensemble des années). Les résultats confirment que le potentiel de productivité maximal de *Salix miyabeana* est atteint asymptotiquement après une période d'environ 2 à 4 ans et semble contrôlé par les propriétés pédologiques à une échelle fine (p. ex. variabilité intra-site) ainsi qu'à l'échelle du paysage. Cependant l'amplitude des variations interannuelles de productivité au sein des sites (de 5% à 40% de la productivité moyenne), induite en partie par les conditions climatiques a été mise en relation avec la variation interannuelle des nutriments foliaires, des traits foliaires et quantifiée par l'entremise de modèles linéaires (multilinéaires et modèles mixtes) et d'analyses multivariées, en fonction des propriétés physico-chimiques des sols.

# Évaluation de l'effet de quatre précédents culturels sur les rendements et les maladies de la pomme de terre ainsi que sur la diversité bactérienne des sols en milieu nordique

THOMAS JEANNE<sup>1</sup>, RICHARD HOGUE<sup>1</sup>, SAMUEL MORISSETTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IRDA, 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8;

<sup>2</sup>AGRINOVA, 640 rue Côte Ouest, Alma, QC, G8B 7S8.

Thomas.jeanne@irda.qc.ca

**Mots clés :** pomme de terre, rendement, rotation, écologie bactérienne, pyroséquençage.

Des producteurs de pommes de terre du Saguenay Lac St-Jean ont collaboré à un projet de recherche et développement afin d'améliorer la qualité et la rentabilité de leur production. Quatre précédents culturels ont été étudiés sous un cycle de production un an rotation et un an pomme de terre à trois sites.

Parmi les variables physico-chimiques, les sites se distinguaient de par leur taux de matière organique (A 4,9; B 8,9 ; C 6,2) et le ratio P/Al (A 1,42; B 2,47; C 1,12). La teneur en éléments chimiques était plus faible au site A, alors que le pH tampon du sol des trois sites variait de 6,0 à 6,3. Les indices de maladie évalués variaient à chacun des sites, les tubercules étant plus affectés par la rhizoctonie (B>A>C) et la tache argentée (A>B>C) que par la gale commune (B=A>C) et la gale poudreuse (C>B=A).

Les rendements les plus élevés ont été obtenus au site B dans les parcelles sarrasin et céréales+trèfles (Tableau 1). Les précédents cultivés au site C n'ont pas eu d'impact sur les rendements, tandis qu'ils en ont eu un au site A. Les rendements les plus élevés des sites C et A, tirés des parcelles ray-grass, étaient équivalents au plus petit rendement du site B.

Les échantillons de sols ont été analysés par pyroséquençage. Selon les sites, le type de précédent culturel a eu un impact sur l'indice de pluralité des sols qui mesure la richesse des populations bactériennes (Tableau 1). Les proportions relatives des principales populations bactériennes ont été calculées pour déterminer les relations entre les variables biologiques et agronomiques.

**Tableau 1** Données de rendement et de pluralité bactérienne des sols de pommes de terre.

Précédent	Rendement (kg/ha)			Indice de pluralité		
	A	B	C	A	B	C
Ray-grass	45389	45297	44520	11,12	11,99	11,40
Céréales+trèfles	37572	55485	42329	8,20	11,96	10,53
Moutarde	32902	51246	44146	9,02	12,04	9,67
Sarrasin	39855	57143	43285	9,56	12,16	9,64

## La disponibilité de l'azote dans les matières résiduelles fertilisantes (MRF) valorisées en agriculture

CLAUDE-ALLA JOSEPH<sup>1</sup>, LOTFI KHIARI<sup>2</sup>, LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculté d'agronomie et de Médecine vétérinaire, Université d'État d'Haïti / Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A7;

<sup>2</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A7.  
josephclaudealla@yahoo.fr

**Mots clés:** Matières Résiduelles Fertilisantes (MRF), immobilisation de N, minéralisation de N, C/N.

Certaines matières résiduelles dites fertilisantes (MRF) sont valorisées en agriculture en raison de leur propriété de fertilisants et d'amendements pour les sols agricoles. Une minéralisation ou une immobilisation de N peuvent être observées suite à l'utilisation de ces MRF en fonction de leur rapport C/N. Environ 40 travaux de recherche publiés réalisés avec des MRF de rapport C/N compris entre 2 et 151 ont été compilés en vue d'élaborer des modèles de synthèse traduisant l'évolution de la proportion de l'azote disponible des MRF et faire leur classification en système minéralisateur et immobilisateur. Plusieurs Méthodes de détermination de la disponibilité de l'azote dont le coefficient d'utilisation de l'azote (CUN), l'équivalent en azote minéral (ENM), le coefficient d'efficacité relative de l'azote (CERN) et l'azote minéral testé par incubation (NMTI) ont été synthétisés puis représentés sur des modèles traduisant leur évolution en fonction du rapport C/N qui semble être un bon indicateur du devenir de l'azote des MRF suite à leur épandage dans les champs agricoles. Ces modèles de synthèse ont montré un patron de variation de la proportion de N disponible des MRF, inversement proportionnelle à leur rapport C/N. À partir de ces modèles, six niveaux d'interprétation du potentiel fertilisant en azote des MRF ont été proposés. Il s'agit de i) forte minéralisation des MRF de rapport C/N inférieur à 11, ii) minéralisation moyenne des MRF de rapport C/N compris entre 11 et 23, iii) faible minéralisation des MRF de rapport C/N compris entre 23 et 32, iv) faible immobilisation des MRF de rapport C/N compris entre 32 et 88, v) immobilisation moyenne pour des MRF de rapport C/N compris entre 88 et 116 et vi) forte immobilisation pour des MRF de rapport C/N supérieur à 116.

# Réhabilitation de sites de résidus de mines de fer au Nord du Québec et dans la région du Labrador

CHRISTINE JUGE<sup>1</sup>, NORMAND COSSETTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultante mycorhizes-sols 1430, Avenue Charles-Huot, Québec, Qc, G1T 2M3;

<sup>2</sup>PDG Irrigation NORCO Inc. 211, rue Abraham-Richard, Varennes, Qc, J3X 1X3.  
christinejd.juge@gmail.com

**Mots clés :** végétalisation minière, analyses de sol, paramètres agroclimatiques

Depuis plus de 16 ans, l'entreprise Irrigation NORCO Inc. réalise la végétalisation des sites de résidus des mines de fer de Wabush et d'IOCC, dans l'ouest du Labrador, et plus récemment du Mont-Wright et du Lac Bloom, au Québec.

Pour la première fois cette année, une étude comparative des sols des 4 sites miniers a été réalisée afin d'analyser, à partir des paramètres physico-chimiques de sols, les différences chimiques, physiques et biologiques rencontrées sur chacun de ces sites, ainsi que leurs liens avec les facteurs agro-climatiques.

Les sites se classent en deux catégories: deux d'entre eux renferment une grande quantité de calcium et de dolomie et sont de ce fait alcalins, c'est le cas d'IOCC et du Lac Bloom, les deux autres, ceux de Wabush et du Mont-Wright, étant au contraire faiblement acides. Le pH des sols, dans ces deux catégories de sites miniers, est primordial et conditionne grandement la disponibilité des éléments nutritifs et la chimie du sol, ce qui se répercute sur l'évolution des travaux de végétalisation. D'autre part, la présence élevée de manganèse [**Mn**], souvent associé au fer [**Fe**] dans ces résidus miniers, nécessite une adaptation particulière des végétaux introduits, qui doivent être soigneusement sélectionnés.

Au fil du temps et des travaux réalisés, grâce à la réintroduction de la vie sur ces sites miniers, les paramètres physico-chimiques de ces sols en création évoluent vers un enrichissement des fractions argileuses et limoneuses et s'éloignent de plus en plus des caractéristiques du résidu brut, quasiment exclusivement constitué de sable.

Dans ces régions nordiques, où les étés sont courts et les maximums de températures dépassent rarement les 20°C l'été, nos résultats soulignent l'influence prépondérante des données climatiques annuelles sur les données de biomasse aérienne, qui se répercutent ensuite sur les paramètres de sol. D'autre part, la qualité des différents fertilisants utilisés depuis le début des travaux, à Wabush comme à IOCC, a aussi eu une incidence importante sur les paramètres de sol.

Au final, sur ces étendues végétalisées de résidus miniers initialement pulvérulents et très sensibles à l'érosion éolienne, les sols en formation restent fragiles et nécessiteront encore plusieurs années de suivi annuel et quelques travaux épisodiques de re-fertilisation. Cependant, en favorisant de plus en plus l'implantation de végétaux permanents, capables de s'auto-fertiliser grâce à la présence de microorganismes racinaires symbiotiques, les besoins en intervention humaine et en fertilisants organiques iront progressivement en diminuant, au fur et à mesure que le sol se structure en profondeur et que la nature reprend progressivement ses droits, sur ces terres redevenues vivantes et fertiles.

La présence d'un épisolium humifère et l'apparition spontanée des premiers ligneux au bout d'une dizaine d'années, constitués majoritairement de saules [genre *Salix*], témoigne d'une pédogenèse bien engagée et de l'implantation d'une végétation pérenne, en mesure d'évoluer par elle-même et intégrée dans une biocénose devenue capable d'atteindre son climax.

# Extraction du fer par électro-migration contrôlée avec des membranes échangeuses d'ions

ALEXEY KASTYUCHIK, MOHAMMED AIDER, ANTOINE KARAM

Département des sols et du génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada.

alexey.kastyuchik.1@ulaval.ca

**Mots clés :** électrolyse, drainage minier acide, fer ferrique, fer ferreux.

**Introduction** Le fer (Fe) est parmi les contaminants naturels les plus fréquents des eaux souterraines. Bien qu'il ne présente pas un risque sanitaire pour les humains, sa présence en quantité excessive nuit à l'aspect physique (odeur, couleur et goût) de l'eau potable. En outre, la présence de fer dissous dans la nappe phréatique et les solutions de sols contenant de la pyrite favorise la croissance des bactéries de fer, qui forment une boue d'hydroxyde de fer qui bouche le drain agricole progressivement au contact de l'air ou de l'oxygène dissous (Trafford et al., 1973; Ivarson et Sojak, 1978). Plusieurs méthodes dont, entre autres, l'oxydation, la filtration et l'échange cationique ont été utilisées pour éliminer le fer des eaux de puits ou de réservoirs dont l'eau est ferrugineuse. Toutefois, peu de recherches ont été consacrées à l'étude de l'électrolyse pour éliminer le fer des eaux de drainage agricole. Une extraction sélective des ions présents dans une eau ferrugineuse peut être réalisée par l'électrolyse à l'aide de membranes échangeuses de cations et (ou) d'anions. Le procédé est basé sur un principe d'auto-génération des conditions nécessaires à la récupération de ces ions.

**Méthodologie** La récupération du Fe contenu dans la solution minérale ( $\text{FeSO}_4$ ) a été réalisée dans un électrolyseur en plexiglass comprenant trois sections : cathodique, anodique et une section centrale. Les trois sections ont été séparées par des membranes échangeuses de cations et d'anions (MK-40 et MA-40 Shekino-AZOT). La première membrane a été utilisée pour séparer la section anodique de la section centrale et la deuxième pour séparer la section centrale de la section cathodique. Ce modèle expérimental a créé des conditions de transport sélectif pour les ions chargés positivement de l'anode vers la section centrale. Plusieurs distances entre la membrane échangeuse de cations et l'anode ont été sélectionnées (3, 5 et 7 cm). L'anode était composée de titane avec une surface de ruthénium-iridium tandis que la cathode était composée d'acier inoxydable. La surface active de chaque électrode a été fixée à  $42 \text{ cm}^2$ . Une solution aqueuse de  $\text{FeSO}_4$  contenant 1000 mg de Fe (II)/L a été choisie comme électrolyte de modélisation dans la section de l'anode. Les concentrations de la solution électrolytique de remplissage (NaCl) dans les sections centrale et cathodique étaient 0,01 et 0,1 M, respectivement. Le régime galvanostatique (50, 100, 150 et 200 mA) a été appliqué pendant 120 min. Chaque traitement a été répété trois fois et les moyennes ont été considérées. Les électrolytes de la section anodique et de la section centrale ont été analysés pour le pH et leur teneur en Fe(III) et Fe(II). Le voltage a été également enregistré pour évaluer la consommation électrique (énergétique) du système.

**Résultats et conclusions** Les valeurs de pH des solutions électrolytiques dans les sections anodique et centrale ont diminué avec : i) l'augmentation du temps de réaction (t) et ii) la réduction de l'intensité du courant (I) et de la distance entre la membrane échangeuse de cations et l'anode (L). Ce résultat peut être expliqué par la réaction d'oxydation de l'eau qui s'est produite sur la surface de l'anode et qui était plus intense lorsque le courant électrique était élevé. Cette réaction peut s'écrire comme suit :  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_{2(\text{gaz})} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ . Au cours de l'électrolyse, les ions  $\text{H}^+$  produits ont migré de l'anode vers la section centrale. En même temps, l'oxygène libéré a réagi avec les ions Fe(II) restants pour produire des ions Fe(III) dans la section anodique. Le rapport Fe(II)/Fe total dans la section anodique a diminué de 1 à 0,14 avec l'augmentation de t et de I et avec la réduction de L. L'analyse de la solution NaCl contenue dans la section centrale a montré l'absence de Fe(III). En revanche, la concentration de Fe(II) dans l'électrolyte de cette section a augmenté avec t, I et L pour les conditions expérimentales suivantes : L = 7 cm et I = 50, 100 et 150 mA ; L = 5 cm et I = 50, 100, 150, 200 mA; et L = 3 cm et I = 50 mA. Sous certaines conditions expérimentales, le fer a précipité sous forme de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sur la surface de la membrane échangeuse de cations et le transport de Fe vers la partie centrale a été bloqué. En conclusion, la cellule d'électrolyse à membranes échangeuses d'ions pourrait être appliquée sous certaines conditions pour l'extraction des ions Fe(II) du DMA. La concentration maximale de Fe(II) (800 ppm) récupérée dans la section centrale est obtenue dans les conditions expérimentales suivantes : t = 2 heures, L = 7 cm et I = 150 mA.

## Références

Ivarson K.C. et Sojak M. 1978. Microorganisms and ochre deposits in field drains of Ontario. *Can. J. Soil Sci.*, 58: 1–17. Trafford B.D., Bloomfield C.B., Kelso W.I. et Pruden G. 1973. Ochre formation in field drains in pyritic soils. *J. Soil Sc.*, 24: 453–460.

# Impact de la rotation, du travail du sol et de la source d'éléments nutritifs sur les rendements en plantes fourragères et en céréales

JEAN LAFOND<sup>1</sup>, DENIS ANGERS<sup>2</sup>, DENIS PAGEAU<sup>1</sup>, JULIE LAJEUNESSE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherche, 1468, rue Saint-Cyrille, Normandin, Qc G8M 4K3;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, Boul. Hochelaga, Québec, Qc, G1V 2J3.

jean.lafond@agr.gc.ca

## Mots clés : orge, plantes fourragères, lisier, travail du sol, rotation

Dans l'est du Canada, près de 50 % des terres sont cultivées en plantes pérennes en rotation avec les céréales. Dans ce système de production, les fumiers sont généralement disponibles et bien valorisés, limitant ainsi l'application des engrais minéraux. Néanmoins, sous des conditions fraîches et humides, peu d'études ont comparé ces systèmes de production sur de longues périodes. L'objectif de ce projet a été d'évaluer l'impact de huit pratiques culturales combinant deux types de rotation, deux types de travail primaire du sol et deux sources d'éléments nutritifs sur la productivité des fourrages et des céréales sous les conditions climatiques du Lac-Saint-Jean sur une période de 20 ans. Cet essai a été initié en 1989 sur une argile limoneuse à la ferme de recherche de Normandin. L'orge cultivée en continu et l'orge incluse dans une rotation de trois ans avec les plantes fourragères ont été établies comme parcelle principale. La charrue et le chisel ont été comparés et les parcelles ont été fertilisées avec des engrais minéraux ou du lisier de bovin. Les rendements en grains ont augmenté de 20 % lorsque l'orge était cultivée en rotation comparativement à l'orge en continu et de 9% lorsque le sol était travaillé avec la charrue comparativement au chisel. Les rendements en grains ont été plus faibles de 8 % avec la fertilisation organique comparativement à la fertilisation minérale. Les rendements en fourrage ont été plus élevés de 12 % avec la fertilisation organique comparativement à la fertilisation minérale. Sur cette période de 20 ans, la récupération du N provenant du lisier a été estimée à 57 % pour l'orge cultivée en continu et à 69 % pour l'orge en rotation, sous la pratique conventionnelle. Avec le chisel, le recouvrement du N a été de 63 % pour l'orge en continu et de 67 % pour l'orge en rotation. Dans la production de fourrage, la récupération du N provenant du lisier a été estimée à 83 %. Par ailleurs, toujours pour la même période, la quantité de N provenant du sol a été estimée à près de 200 kg ha<sup>-1</sup> avec l'orge cultivée en continu, mais à près de 500 kg ha<sup>-1</sup> avec l'orge cultivée en rotation dans le système fertilisé avec les engrais minéraux et avec la charrue. Avec le chisel, cette contribution a été uniquement de 93 kg ha<sup>-1</sup> avec l'orge en continu et à près 400 kg ha<sup>-1</sup> avec l'orge en rotation. Ces premiers résultats ont indiqué que, sous des conditions fraîches et humides, la productivité des céréales a augmenté en les cultivant en rotation avec des plantes fourragères, et que cet effet est probablement attribuable à une plus grande disponibilité du N. Par ailleurs, l'emploi unique du lisier comme fertilisant dans le système de culture de céréale en continu a résulté en une baisse significative des rendements comparativement à la fertilisation minérale, attribuable à une quantité moins élevée de N disponible.

# Détermination du partitionnement des métaux entre les divers constituants du sol à l'aide de méthodes analytiques

VALÉRIE LECOMTE<sup>1,2</sup>, HUBERT CABANA<sup>1</sup>, RÉJEAN GIRARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de génie de l'environnement, Département de génie civil, Université de Sherbrooke, 2500 Boul. de l'Université, Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1;

<sup>2</sup>IOS Services Géoscientifiques inc., 1319, boul. St-Paul, Chicoutimi, Québec, G7J 3Y2.  
valerie.lecomte@usherbrooke.ca

**Mots-clés :** Pédogénèse, Géochimie, Sol humique, Partitionnement des métaux, Éléments traces, Microanalyse, Microscopie électronique

La dynamique de la dispersion des métaux dans les sols fait l'objet de nombreuses recherches, tant de la part des sciences de l'environnement que de l'industrie de l'exploration minière. D'un point de vue environnemental, on étudie typiquement les processus de dispersion ou fixation des métaux de sources anthropiques qui se retrouvent accidentellement dans les sols, dans des conditions spécifiques, restreintes et bien documentées. Inversement, l'industrie de l'exploration minière s'intéresse à la dispersion naturelle de ces métaux à grande échelle afin de localiser des gîtes minéraux potentiels, et ce dans des environnements peu documentés.

Les sols en climat nordique sont composés de divers constituants susceptibles de fixer les métaux : substances humiques, matières fibreuses, argiles, encroûtements ferrugineux ou calciques, charbon de bois, matériel détritique minéral résiduel ou provenant de la déflation éolienne, poussières atmosphériques et sphérules météoritiques, contamination anthropique, *etc.* Le partitionnement des métaux entre ces divers constituants est encore mal compris. De plus, les méthodes de préparation des échantillons et d'analyses actuellement disponibles, basées sur des extractions séquentielles et supposées renseigner sur le partitionnement des métaux, ne semblent pas aussi sélectives en pratique qu'en théorie.

Le présent projet de recherche a pour objectif général de déterminer les sites de fixation des métaux sur les divers constituants présents dans les sols afin d'en comprendre le partitionnement. De façon plus précise, ce travail vise à déterminer les paramètres qui influencent la fixation-libération, à valider des méthodes d'examen et de microanalyses des éléments traces métalliques à l'intérieur des échantillons de sol humique, à développer une méthode permettant de quantifier le partitionnement et à élaborer un protocole de déconvolution du signal géochimique et d'interprétation des données.

Pour ce faire, des méthodes analytiques non destructives ont été utilisées, dont un microscope électronique à balayage (MEB) équipé d'un détecteur d'électrons rétrodiffusés (BSE) et de spectromètres à dispersion des énergies (EDS-SDD) de dernière génération. L'expérience a été réalisée à partir d'une collection d'échantillons de sols humiques provenant de divers sites connus pour montrer des enrichissements naturels en métaux. L'ensemble des paramètres physico-chimiques de ces échantillons et des sites de prélèvements ont été recueillis auparavant. Également, quelques échantillons de sols montrant de la contamination de source anthropique ont été étudiés. Les résultats préliminaires semblent très prometteurs. En effet, les cartographies de distribution des éléments chimiques réalisées sur quelques échantillons de sol ont permis de localiser rapidement les différents métaux, même lorsque ceux-ci étaient présents en trace. Des analyses plus détaillées à plus fort grossissement ont ensuite été effectuées pour déterminer la source du signal chimique (matière organique, oxydes, argiles, matériel détritique, *etc.*). Par exemple, des résultats préliminaires démontrent que le cuivre précipite principalement sur la matière organique jusqu'à un certain point de saturation, mais qu'il s'accumule également sur des oxydes de manganèse et de fer. Certaines phases de sulfures de cuivre ont également été observées dans le même échantillon.

À terme, ce projet vise à développer une technique d'analyse routinière qui permettrait de déterminer le partitionnement des métaux, lorsque présents en proportion anormale. Pour les sciences de l'environnement, la caractérisation des sites d'accumulation des métaux permettra de mieux comprendre les risques associés aux métaux présents (mobilité, toxicité, biodisponibilité, *etc.*). Cette technique pourrait également fournir des informations importantes, par exemple la fraction granulométrique touchée, afin de choisir les méthodes appropriées pour la décontamination ou la séquestration des métaux.

# Variabilité spatiale intra-parcellaire dans les courbes de réponse à l'azote en culture de maïs – Projet REZOTAGE

AUBERT MICHAUD, ARIANE DROUIN, MARC-OLIVIER GASSER, JACQUES DESJARDINS, NOÉMI CÔTÉ

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)  
aubert.michaud@irda.qc.ca

**Mots clés :** variabilité spatiale, azote, rendement optimal, télédétection

Des pertes d'azote élevées, atteignant plus de 60 kg N/ha en moyenne sur certains bassins de la Montérégie dominés par la culture du maïs-grain (Michaud et al., 2009; 2012), témoignent de l'opportunité de gains économiques et environnementaux importants découlant d'une meilleure gestion de la fertilisation azotée. L'objectif principal du projet REZOTAGE consistait à évaluer si une approche de gestion localisée du parcellaire, appuyée par la reconnaissance par télédétection de la variabilité des propriétés des sols, permettait de mieux cerner les besoins en fertilisation azotée de la culture du maïs, d'en soutenir le rendement économique optimal, tout en prévenant l'accumulation des reliquats d'azote dans le sol en fin de saison et les pertes vers le cours d'eau. Alors que le volet télédétection du projet avait pour objectif de reconnaître la variabilité des propriétés des sols, le volet agronomique a évalué si la gestion de cette variabilité était pertinente, gérable et payante. En collaboration avec les équipes de services-conseils partenaires au projet (Dura-Club, Club Lavallière et Agro-moisson), un réseau d'essais de fertilisation azotée dans le maïs-grain a été établi dans 58 champs au cours des saisons 2012 et 2013, suivant des protocoles similaires à N'Dayegamiye et al. (2009) et Giroux et al. (2009). Le dispositif comprenait deux zones d'études par champ basées sur les propriétés contrastantes des sols, dans lesquelles des doses croissantes de N (0, 50, 100 150 et 200 kg N/ha) ont été apportées en post levée dans des parcelles de maïs répétées trois fois. Les résultats démontrent que des réductions dans les apports de N étaient motivées pour plus de la moitié des champs à l'étude, résultant en une réduction potentielle moyenne de 66 kg N/ha, par rapport à un taux de référence de 150 kg N/ha en post-levée. Les corrélations évaluées entre les courbes de réponses et les propriétés du sol confirment jusqu'à un certain point ( $R^2 = 0,29$ ) la pertinence de considérer l'analyse de nitrates en post-levée dans les recommandations de fertilisation azotée. Au-delà du seuil de 25 ppm N-NO<sub>3</sub>, l'effet des apports de N sur le rendement du maïs demeure marginal. Les fournitures élevées du sol en azote sur certains sites renforcent par ailleurs la pertinence de prendre en compte la minéralisation de l'azote organique du sol, les reliquats de fertilisation automnale et les arrières-effets des engrais dans les recommandations de N. Les corrélations entre les indicateurs de la structure du sol et les taux de nitrates observés en post-levée suggèrent par ailleurs une influence de la condition physique du sol sur le processus de minéralisation de l'azote organique présent dans le sol. Ces observations témoignent de l'importance de maintenir un taux de matière organique élevé et une condition physique du sol favorable à la minéralisation de l'azote durant la croissance de la culture.

Les concentrations en nitrates résiduels du sol (NRS) observées en fin de saison mettent en évidence le lien entre l'ajustement de la fertilisation azotée de la culture et le stock d'azote du sol inutilisé à la fin de la saison de croissance. Le seuil critique de teneurs en nitrates résiduels de 80 kg N-NO<sub>3</sub>/ha est atteint lorsque l'apport d'azote excède d'environ 100 kg N/ha, en moyenne, la dose optimale. Bien que la teneur en nitrates observée en post-levée soit faiblement corrélée avec le rendement optimal de la culture de maïs ( $R^2 = 0,10$ ), ce dernier n'est pas corrélé avec le stock de nitrates présent dans le sol en fin de saison. Une implication pratique de cette observation est que la fertilisation du maïs au taux optimal d'azote, qui prend en considération la fourniture du sol N (taux de nitrates en post-levée) permet des rendements économiques optimaux, tout en limitant le risque d'accumuler des nitrates en fin de saison. Il y a donc complémentarité entre les objectifs de rendement économique et environnementaux.

## Références

- Giroux, M., J.-B. Sarr et A. N'Dayegamiye. 2009. Influence des apports d'engrais azotés sur l'efficacité de l'azote et les teneurs en nitrates résiduels des sols cultivés en maïs grain Rapport de recherche. IRDA.
- N'Dayegamiye, A., M.-O. Gasser, M. Grenier, M. Giroux, C. Landry, S.P. Guertin et G. Tremblay. 2009. Choix d'indicateurs efficaces pour prédire la fertilité azotée des sols. 2009. Rapport de recherche. IRDA.
- Michaud, A.R., J. Deslandes, J. Desjardins et M. Grenier. 2009. Réseau d'actions concertées en bassins versants agricoles. Rapport final de projet. IRDA.
- Michaud, A.R., J. Desjardins, N. Coté, I. Beaudin, A. Drouin, S. Seydoux et I. Saint-Laurent. 2012. Rapport de l'Observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricoles. IRDA.

# Bilan pédologique des éléments apportés par les boues d'usine d'épuration municipale appliquées dans des plantations forestières

ROCK OUMET<sup>1</sup>, ANNE-PASCALE PION<sup>2</sup>, MARC HÉBERT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MRN-Direction de la recherche forestière, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8;

<sup>2</sup>MDDEFP- Direction des politiques agricoles et des pesticides, 675, boul. René-Lévesque Est, Québec QC G1R 5V7;

<sup>3</sup>MDDEFP-Direction des matières résiduelles, 675, boul. René-Lévesque Est, Québec QC G1R 5V7.

rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca

**Mot clés :** Biosolides municipaux, boues, bilan de masse pédologique, cuivre, phosphore, plantation forestière

## Historique

Entre 1990 et 1993 le MRN a entrepris des essais d'épandage de boues (en application unique) de l'usine d'épuration municipale de Victoriaville, QC, dans des plantations. Des blocs expérimentaux comprenant diverses essences forestières avaient été installés dans cette région. Les doses de biosolides étaient relativement élevées et variaient de 70 à 400 m<sup>3</sup>/ha (10 à 32 t/ha de matière sèche, 8 à 25 t/ha de matière organique, 660 à 2230 kg N total/ha, 300 à 900 kg P total/ha, 6 à 20 kg Cu total/ha). Les résultats ont montré que l'épandage des biosolides avait stimulé la croissance des jeunes plantations à court terme (dès la deuxième année de croissance) et à long terme (mesuré en 2009). On a également étudié les impacts à long terme sur les sols, 16 à 19 ans après l'épandage.

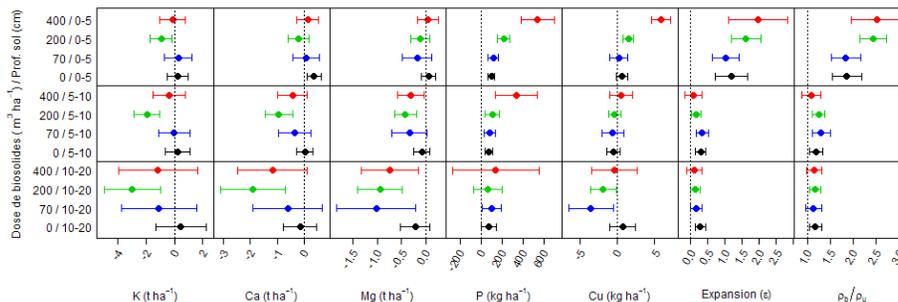
## Méthodologie

Quatre dispositifs d'épandage de biosolides (boues traitées) ont fait l'objet d'un suivi. Dans trois cas, les traitements ont été appliqués avant la mise en terre des semis. Les sols sont des régosols ou des podzols formés sur des platières sableuses ayant un bon drainage. On a prélevé dans les parcelles les sols à quatre profondeurs (0-5, 5-10 cm : échantillons volumétriques; 10-20 et 20-40 cm : échantillons à la tarière hollandaise). Nous avons employé le bilan de masse pédologique (BMP) (Chadwick et coll. 1990; révisé par Egli et Fitze 2000) afin de déterminer la quantité d'éléments qui s'était accumulée/perdue dans les 20 premiers centimètres de sol 16 à 19 ans après l'application des biosolides.

## Résultats et discussion

Après 16 à 19 ans, les doses les plus élevées de biosolides ( $\geq 200$  m<sup>3</sup>/ha) ont causé l'augmentation du stock de matière organique (moyenne ajustée de tous les sites  $\pm$  IC95%: +10.5 $\pm$ 4.5 t/ha), de N (+171 $\pm$ 120 kg/ha), de P (+701 $\pm$ 262 kg /ha dans le 0-10 cm) et de Cu (+3.1 $\pm$ 1.0 kg/ha) dans la couche 0-5 cm (voir figure ci-dessous). On a noté aussi que cet horizon a connu une expansion en volume et une baisse de sa densité apparente proportionnelle à la dose de biosolides. Cependant, dans la couche 10-20 cm du sol on a observé des baisses des stocks de K (-2523  $\pm$  2258 kg /ha), de Ca (-1397 $\pm$ 989 kg /ha) et de Mg (-627 $\pm$ 425 kg/ha), liées en partie à l'acidification qui s'est produite à cette profondeur. Ce bilan confirme qu'aucune perte de P liée à l'application des biosolides n'est survenue dans ces sols podzoliques et qu'une portion du Cu des biosolides a été immobilisée dans l'horizon superficiel du sol. Bien que les concentrations en éléments n'aient généralement pas changées dans les 5 premiers centimètres de sol, la méthode du BMP a permis de déceler ces accumulations/perdes en isolant l'enrichissement/ déplétion d'éléments du sol, d'une part, des changements de volume (expansion) et de densité apparente de celui-ci d'autre part, ces derniers processus étant survenus principalement dans les 5 premiers centimètres de sol.

Figure 1 : Effet des biosolides sur l'accumulation de la matière organique et des stocks totaux de K, Ca, Mg, P et Cu selon la profondeur du sol. L'effet des biosolides sur l'expansion en volume ( $\epsilon$ ) et le changement de densité apparente ( $\rho_b/\rho_u$ ) du sol est aussi présent. Les valeurs présentées sont les moyennes ajustées  $\pm$  IC95%.



Chadwick, O.A., Brimhall, G.H. et Hendricks, D.M. 1990. From a black to a gray box - a mass balance interpretation of pedogenesis. *Geomorphology* 3: 369-390.

Egli, M. et Fitze, P. 2000. Formulation of pedologic mass balance based on immobile elements: a revision. *Soil Sci.* 165: 437-443.

# Est-ce que la succession naturelle sur des terres en friche permet de séquestrer autant de carbone que de les reboiser par la main de l'homme?

ROCK OUMET, SYLVIE TREMBLAY

MRN-Direction de la recherche forestière, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec QC G1P 3W8.  
rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca

**Mot clés :** séquestration du C, reboisement, épinette blanche, succession naturelle, friches, Bas Saint-Laurent

## Contexte

On compte plus de  $10^5$  ha de terres agricoles abandonnées au Québec; 45 % de celles-ci, considérées comme ayant un faible potentiel agricole, sont situées dans le Bas Saint-Laurent (BSL) (Voulligny et Gariépy 2008). Ailleurs dans le monde, ces friches font l'objet de restauration par la plantation d'arbres (PL) plutôt que par succession naturelle (SN), dans le but de 1) réduire l'érosion, 2) accroître la diversité biologique et 3) créer des puits de C. Pourtant, la succession naturelle offre de nombreux avantages aussi: 1) beaucoup moins coûteuse, 2) amène des espèces locales adaptées naturellement au site et qui devraient être plus résilientes aux perturbations et 3) permet de restaurer la végétation naturelle éventuellement, ainsi que la diversité biologique.

## Méthodologie

Nous avons évalué la biomasse de la végétation et échantillonné les sols dans deux chronoséquences de sites dans le BSL (54 PL d'épinette blanche principalement, âgées entre 0 et 55 ans, et 27 friches en SN âgées entre 0 à 45 ans) afin de vérifier quel type de végétation séquestre le plus de C dans le temps.

## Résultats et discussion

L'évolution de la composition de la végétation dans le temps est très différente entre les deux modes PL et SN, le premier étant beaucoup moins diversifié que le second. Globalement, les PL ont accumulé le C à un taux de  $1.71 \pm 0.72 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  plus grand que les SN (voir figure). Plus de 81 % du C capté par ces deux modes se trouve dans la biomasse végétale (épigée + grosses racines). C'est seulement à partir d'environ 23 ans que les PL deviennent plus efficaces à capter le C que les SN. Le stock de C dans la litière s'accroît plus rapidement aussi dans les PL que dans les SN, mais ce compartiment représente un très petit réservoir par rapport à la végétation et le sol. Il n'y avait pas de tendances claires dans les sols (0-50 cm) le long de la chronoséquence; en général, les sols des PL renfermaient  $24.0 \pm 6.7 \text{ Mg C ha}^{-1}$  de moins que les sols des SN. Par contre, lorsqu'on examine les données de sol plus en détail, on observe une baisse avec l'âge des concentrations et des stocks de C dans les 30 premiers centimètres de sol dans les PL, tandis que l'inverse se produit dans les SN.

Globalement les PL ont entreposé 31 % plus de C dans l'écosystème que les SN sur 50 ans, majoritairement dans la biomasse végétale. Par conséquent, les PL sont recommandées pour obtenir un puits de C plus grand à long terme que les SN. Cependant, bien que les SN séquestrent rapidement le C, elles représentent une alternative intéressante en raison des autres avantages qu'elles apportent: faible coût, diversité végétale plus grande et conservation du C dans les horizons superficiels du sol. Pour plus de détails sur cette étude, consultez la publication en ligne de Tremblay et Ouimet (2013).

Tremblay, S. et Ouimet, R. 2013. White spruce plantations on abandoned agricultural land: are they more effective as C sinks than natural succession? *Forests* 4: 1141-1157.

(<http://www.mdpi.com/1999-4907/4/4/1141>)

Voulligny, C. et Gariépy, S. 2008. Les friches agricoles au Québec : état des lieux et approches de valorisation. Agriculture and Agroalimentaire Canada. A98-4/6-2008F-PDF. 66 p. ([http://agroenergie.ca/pdf/Saule\\_developpement\\_durable/friches\\_agricoles\\_Quebec.pdf](http://agroenergie.ca/pdf/Saule_developpement_durable/friches_agricoles_Quebec.pdf))

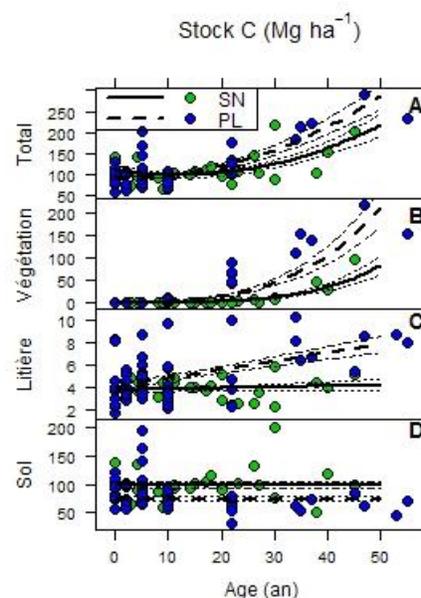


Figure 1 : Accumulation du stock de C selon le mode plantation (PL) et succession naturelle (SN) dans A) l'écosystème en entier, B) la végétation (épigée+grosses racines), C) la litière au sol (litière+débris ligneux) et D) le sol (humus+sol minéral jusqu'à 50 cm de profondeur).

# Modélisation de la minéralisation des amendements organiques dans le sol par la méthode des balances

LEON-ETIENNE PARENT, SERGE-ETIENNE PARENT, ANTOINE KARAM

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

**Mots clés :** matière organique, dynamique de N et de C, fractions labiles, fractions récalcitrantes

La minéralisation des amendements organiques est un enjeu important en fertilité des sols. Les formes labiles comme les substances solubles, faciles à décomposer (hémicellulose, cellulose, chitine) et les formes récalcitrantes (lignine, cutine, kératine, substances humiques) influencent le taux de minéralisation de la matière organique en  $\text{CO}_2$  et  $\text{NO}_3$ . Les formes de C sont déterminées par une méthode d'extraction séquentielle de van Soest modifiée pour l'analyse des amendements organiques. La modélisation de la dynamique de minéralisation est effectuée à partir des données de concentrations brutes des formes C et de N et du rapport C/N. Cette approche, qui ne tient pas compte des interactions courantes entre les différentes fractions de la matière organique, peut mener à des interprétations incomplètes, conflictuelles ou peu précises de la dynamique de minéralisation des fractions légères et récalcitrantes des matières organiques. Notre objectif est de présenter des modèles de minéralisation qui utilisent des concentrations brutes ou des balances comme variables indépendantes. Nos résultats montrent que la méthode des balances décrit avec précision la minéralisation des matières organiques dans les sols (Figure 1). Par contre, l'usage courant des concentrations augmente le bruit du modèle et peut mener à des interprétations contradictoires selon l'échelle de mesure.

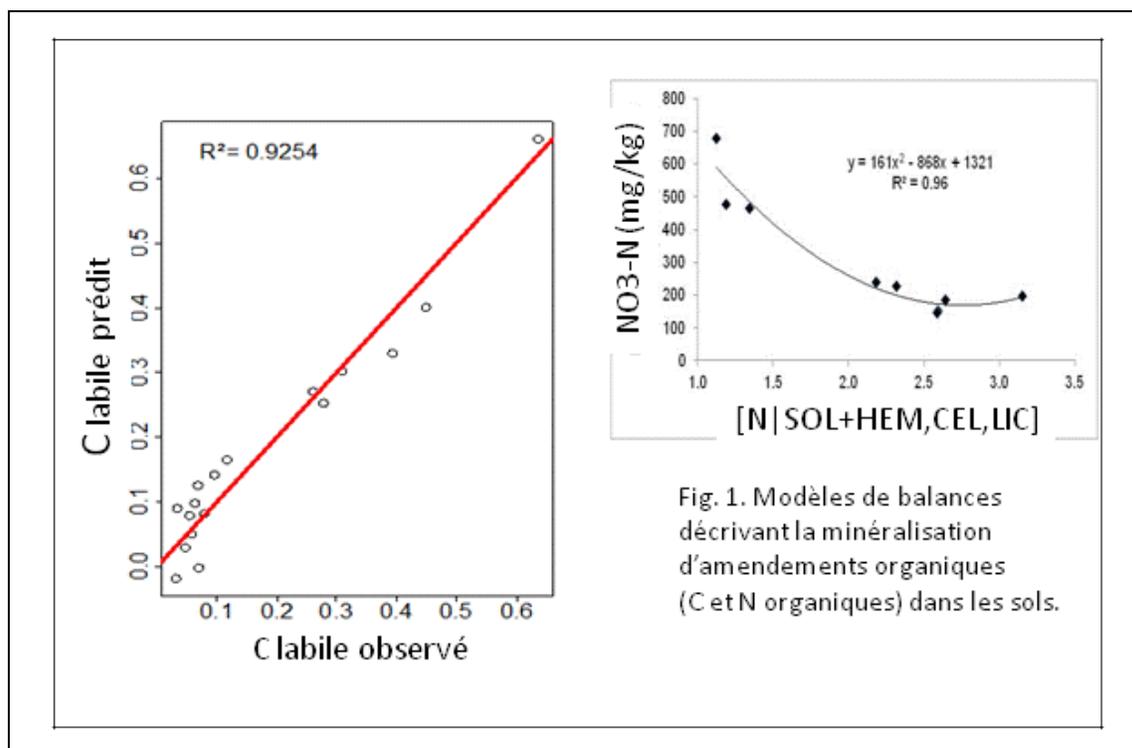


Figure 1. Modélisation de la minéralisation du C et du N dans le sol par la méthode des balances.

# Impact de la genèse anthropique d'un sol de canneberges sur les propriétés hydrauliques

YANN PÉRIARD<sup>1</sup>, SILVIO JOSÉ GUMIÈRE<sup>1</sup>, ALAIN N. ROUSSEAU<sup>2</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, DENNIS W. HALLEMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, QC;

<sup>2</sup>Institut national de la recherche scientifique : Centre Eau, Terre et Environnement, Québec, QC.  
yann.periard-larrivee.1@ulaval.ca

**Mots clés:** drainage, analyses tomodynamométriques, transport de particules, consolidation

La construction d'un champ de canneberges nécessite l'installation d'un système de drainage qui provoque une superposition anthropique de la séquence naturelle des horizons du sol. Au fil des ans, les propriétés hydrauliques du sol peuvent changer sous l'influence de l'irrigation et du contrôle de la nappe phréatique. La consolidation induite par les cycles de drainage et de recharge; la filtration et le colmatage des pores du sol par des particules colloïdales accélérées par cette gestion de l'eau vont modifier les propriétés et le fonctionnement hydrodynamiques du sol (Gaillard *et al.*, 2007; Wildenschild et Sheppard, 2013; Bodner *et al.*, 2013). Aujourd'hui, les progrès dans le domaine de l'imagerie par rayons X permettent l'étude d'un grand nombre de processus hydrodynamiques des sols (Wildenschild et Sheppard, 2013), notamment pour le transport des particules colloïdales (Gaillard *et al.*, 2007) et la consolidation (Reed *et al.*, 2006; Pires *et al.*, 2007). L'objectif principal de ce travail est d'analyser l'évolution temporelle des propriétés hydrodynamiques d'un sol sablonneux lors des cycles répétés de drainage et de recharge à l'aide d'un tomodynamomètre. Une expérience en laboratoire sur des colonnes de sol a été réalisée à l'automne 2013, le potentiel de pression à différentes profondeurs (5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95 cm), le débit d'entrée et de sortie, le suivi de traceur (KBr et ZrO<sub>2</sub>) et des analyses tomographiques ont été utilisés pour quantifier la variation temporelle des propriétés hydrodynamiques des sols. Les résultats ont montré que la gestion de l'eau (irrigation et drainage) a une forte incidence sur l'organisation du milieu poreux et provoque une altération significative des propriétés hydrauliques du sol, ce qui réduit sa capacité de drainage. La connaissance des mécanismes responsables de cette genèse anthropique des milieux poreux à la base de la production de canneberges nous permettra de prédire l'évolution des sols en fonction de plusieurs conditions (type de sol, la conception du système de drainage, gestion de l'eau) afin de mieux anticiper et de contrôler leurs futurs effets négatifs sur la production de canneberges.

## Références:

- Bodner, G., P. Scholl and H.P. Kaul. 2013. Field quantification of wetting–drying cycles to predict temporal changes of soil pore size distribution. *Soil and Tillage Research* 133: 1-9. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.05.006>.
- Gaillard, J.-F., C. Chen, S.H. Stonedahl, B.L.T. Lau, D.T. Keane and A.I. Packman. 2007. Imaging of colloidal deposits in granular porous media by X-ray difference micro-tomography. *Geophysical Research Letters* 34: L18404. doi:10.1029/2007GL030514.
- Pires, L.F., O.O.S. Bacchi and K. Reichardt. 2007. Assessment of soil structure repair due to wetting and drying cycles through 2D tomographic image analysis. *Soil and Tillage Research* 94: 537-545. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2006.10.008>.
- Reed, A. H., Thompson, K. E., Zhang, W., Willson, C. S., & Briggs, K. B. (2006). Quantifying consolidation and reordering in natural granular media from computed tomography images. *Advances in X-ray Tomography for Geomaterials*, 263-268.
- Wildenschild, D. and A.P. Sheppard. 2013. X-ray imaging and analysis techniques for quantifying pore-scale structure and processes in subsurface porous medium systems. *Advances in Water Resources* 51: 217-246. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.07.018>.

## La stratégie d'alimentation et de stockage du fumier de bovin laitier influence-t-elle le contenu en éléments traces métalliques des sols ?

ISABELLE ROYER<sup>1</sup>, MARTIN.H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, DANIEL MASSÉ<sup>2</sup>, SHABTAI BITTMAN<sup>3</sup> CHAOUKI BENCHAAAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, QC;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, QC;

<sup>3</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agassiz, BC.

isabelle.royer@agr.gc.ca

**Mots clés:** Éléments traces métalliques, stratégie d'entreposage, manipulation de la diète, bio-essais

L'épandage de fumier/lisier peut améliorer la fertilité du sol, mais peut aussi entraîner l'accumulation d'éléments traces métalliques dans les sols et les cultures. Certains éléments (par exemple, le cuivre et le zinc) sont ajoutés à la ration pour améliorer le gain de poids des animaux, la conversion des aliments et prévenir certaines maladies. Cependant, il est incertain comment ces éléments peuvent affecter les systèmes écologiques et les chaînes alimentaires. La manipulation du régime alimentaire des animaux peut affecter la distribution et la quantité des éléments nutritifs excrétés et peut ainsi influencer la disponibilité des éléments suivant l'application des déjections sur les sols. Cependant, peu d'informations est disponible concernant la dynamique des éléments traces métalliques (ETM) et de l'impact sur les sols et les cultures recevant différents types de fumier de bovins laitiers provenant de diverses stratégies d'alimentation et de stockage. L'objectif général de cette étude était d'évaluer la teneur en ETM dans les sols et les plantes de différents bio-essais et d'évaluer comment les stratégies de gestion du fumier et de la manipulation de l'alimentation influencent les fractions de différents ETM qui sont potentiellement biodisponibles et qui peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement.

Les effluents obtenus à partir de chaque régime alimentaire ont été entreposés selon trois scénarios différents: dans une fosse totalement vidée et nettoyée (FTV), dans une fosse partiellement vidée (FPV), et dans un digesteur anaérobique à basse température (20°C) et avec ou sans la présence de différentes litières. Un total de 32 types d'effluents a été généré. Un sable (pH 5,7) et un loam argileux (pH 5,3) ont été utilisés pour les bio-essais. Des échantillons de sol (2 kg de sol sec) ont été mélangés avec un type d'effluent à un taux équivalent à 120 kg N total ha<sup>-1</sup>. Les échantillons de sol ont été ensuite placés dans des pots en plastique et plantés avec un blé de printemps. Les formes solubles, échangeables et totales des ETM (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) ont été mesurées.

Les concentrations totales des effluents ont varié entre 70 et 160 mg kg<sup>-1</sup> pour le Cu, entre 228 et 344 mg kg<sup>-1</sup> pour le zinc, et entre 149 et 236 mg kg<sup>-1</sup> pour le Mn. Les concentrations totales des ETM dans les effluents provenant de la FTV étaient significativement plus faibles que celles trouvées dans la FPV sauf pour le Cr et Pb. Les concentrations totales de presque tous les ETM étaient significativement plus faibles dans les effluents en présence qu'en absence de litière. En général, des concentrations similaires de Cu échangeables ont été trouvées pour les deux types sols, mais des concentrations plus élevées ont été trouvées pour la forme échangeable de Fe, Cd, Co, Cr et Ni dans le loam argileux comparativement au sol sablonneux. En ce qui concerne le contenu total du sol, les concentrations de tous les ETM étaient plus élevées sous le loam argileux que sous le sol sableux. Dans le sol sableux, les concentrations des formes échangeables de Fe, de Co, de Cu et de Pb étaient significativement plus élevées dans la FTV ou la FPV avec litière comparativement sans litière alors que l'inverse a été observé sous le loam argileux. Ces résultats suggèrent que non seulement la stratégie d'entreposage a un effet sur le contenu des ETM mais la texture du sol influence également la distribution de ceux-ci. Les résultats indiquent que l'application de fumier de bovins laitiers affecte le contenu du sol des fractions des ETM étudiés. Enfin, les résultats du contenu des sols couplés à ceux de l'absorption des ETM par la culture seront utilisés pour déterminer les pratiques de gestion des effluents de bovins laitiers qui ont le plus faible impact sur l'accumulation de ceux-ci dans les sols et les plantes.

## **Integrated biohydrogen and phosphate solubilizer production using biodiesel industry waste**

SAURABH JYOTI SARMA<sup>1</sup>, SATINDER KAUR BRAR<sup>1</sup>, YANN LE BIHAN<sup>2</sup>, GERARDO BUELNA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Centre Eau, Terre & Environnement, 490, Rue de la Couronne, Québec(QC), G1K 9A9, Canada;

<sup>2</sup>Centre de Recherche Industrielle du Québec (CRIQ), Québec (QC), G1P 4C7, Canada.  
Saurabh\_Jyoti.Sarma@ete.inrs.ca

**Mots clés :** Biohydrogen, liquid waste, phosphate solubilization, soil, soybean

Hydrogen can be produced by bioconversion of biomass/organic waste materials. If used as fuel, it does not produce CO<sub>2</sub>; it releases mainly water during combustion. Moreover, its gravimetric energy density is nearly three times higher than gasoline or diesel. It is, therefore, considered as a potential clean and renewable alternative of fossil fuels. As part of present study, hydrogen was produced by dark fermentation using *Enterobacter aerogenes*, a facultative anaerobic bacterium. Biodiesel industry waste (crude glycerol) was used as the feedstock for this purpose. However, during hydrogen production by dark fermentation, different organic acids are produced as byproducts. Interestingly, microorganisms used as phosphate solubilizing bio-fertilizer (PSB) can produce different organic acids to solubilize inorganic phosphate present in soil and make it accessible for plants. The organic acids can solubilize insoluble phosphates such as Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> by chelating the cations. Therefore, organic acid rich liquid waste of hydrogen production process has been evaluated for phosphate solubilizing ability. *In vitro* study has revealed that the waste has an excellent phosphate solubilizing ability. It was found to increase the soluble phosphate concentration of tested solution from 2.69 ppm to 49.98 ppm. Further, the liquid waste was mixed with soil and soybean plants were grown on it. The plants were found to uptake 2.74 folds more phosphorus after one month of cultivation. Thus, the liquid waste has the potential to be an alternative of phosphate solubilizing biofertilizer. The proposed approach could be considered as an environment friendly, zero waste method of organic waste management. Moreover, it may be helpful in reducing the overall cost of biohydrogen production process; commercial production of which is otherwise impaired by high process cost.

## **SIGSOL : Un système d'information et d'inférence spatiale sur les propriétés des sols forestiers**

JEAN-DANIEL SYLVAIN<sup>1,2</sup>, ROCK OUIMET<sup>1</sup>, GUILLAUME DROLET<sup>1</sup>, LOUIS DUCHESNE<sup>1</sup>, FRANÇOIS ANCTIL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles;

<sup>2</sup>Département de génie civil et de génie des eaux, Université Laval.

jeandaniel.sylvain@gmail.com

**Mots clés :** Pédologie forestière, système d'inférence cartographique, télédétection, texture, drainage, fertilité des sols.

Au Québec, mis à part en milieu agricole où des cartes pédologiques sont disponibles, les connaissances et les données sur les sols, en particulier sur les sols forestiers, sont éparées et difficilement accessibles. Il n'existe pas de cartes pédologiques forestières en mesure de supporter la gestion des écosystèmes forestiers du Québec. Les seules connaissances pédologiques disponibles à l'échelle du Québec forestier sont le type de dépôt de surface et le drainage. Bien que ces informations présentent un potentiel explicatif sur l'origine des sols, elles ne permettent pas de répondre à de nombreux enjeux concernant l'intégrité des écosystèmes forestiers.

Depuis plus de 20 ans, la Direction de la recherche forestière (DRF) et la Direction des inventaires forestiers (DIF) du ministère des Ressources naturelles ont accumulé des données sur les sols forestiers dans le cadre de diverses activités d'inventaire et de caractérisation du milieu (points d'inventaire écologique, réseau des placettes-échantillons permanentes, Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers, inventaires ad hoc dans diverses régions du Québec, inventaire de la limite nordique des forêts, etc.). Ces inventaires sont constitués de données de descriptions morphologiques et de données analytiques qui permettent de répertorier la variabilité spatiale des sols à travers le Québec. Cependant, les données comprises dans ces bases de données n'ont jamais été colligées et analysées à grande échelle pour générer une information utilisable par les aménagistes à l'échelle locale.

Afin d'exploiter au maximum le potentiel explicatif des données historiques québécoises d'observation du sol, nous proposons de créer un système d'information et d'inférence spatiale pour les sols forestiers du Québec (SIGSOL). Ce système permettra 1) de colliger et d'homogénéiser l'ensemble des données pédologiques disponibles, 2) d'intégrer des données auxiliaires utiles pour la prédiction des propriétés des sols, 3) de développer différentes approches quantitatives pour la prédiction de propriétés des sols et 4), de générer et diffuser l'information sur différentes propriétés du sol. À terme, le système fournira un portrait spatial et quantitatif des propriétés physico-chimiques des sols forestiers du Québec, et ce, à différentes résolutions spatiales et sur différents supports cartographiques vectoriels (p. ex. à l'échelle du polygone écoforestier) et matriciels (100-250m).

La présentation fera état de l'approche proposée de même que des avancements du projet.

## Millet perlé sucré, sorgho sucré et maïs pour l'éthanol : ce que les racines ont à dire

MARIE-NOËLLE THIVIERGE<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>2</sup>, DENIS ANGERS<sup>2</sup>, PHILIPPE SEGUIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3;

<sup>3</sup>Department of Plant Science, McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9.  
marie-noelle.thivierge.1@ulaval.ca

**Mots clés :** Racines, WinRhizo, morphologie, biomasse racinaire, azote.

Le millet perlé sucré (*Pennisetum glaucum* [L.] R. BR.) et le sorgho sucré (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) sont des plantes annuelles en C4 qui présentent un potentiel intéressant pour la production d'éthanol au Québec. Pour atteindre leur rendement optimal, ces plantes ont des besoins en azote largement inférieurs à ceux du maïs (*Zea mays* [L.]) (Geng et al. 1989, Leblanc et al. 2012). Comme il est reconnu que les racines les plus fines sont les principales responsables de l'absorption des éléments nutritifs par les plantes, il est possible que des différences morphologiques (diamètre, longueur ou surface racinaire) expliquent les écarts de besoins en azote entre les cultures.

Dans une expérience factorielle en tiroirs comprenant quatre répétitions, les systèmes racinaires du millet perlé sucré (hybride CSSPM7), du sorgho sucré (hybride CSSH45) et du maïs (hybride DKC 43-27) ont été comparés. Les essais ont eu lieu durant deux saisons de croissance (2011 et 2012) et à deux sites expérimentaux de températures contrastées, soit à St-Augustin-de-Desmaures et à Ste-Anne-de-Bellevue. Aux deux sites, les sols étaient de type loam sableux. Le millet et le sorgho ont été fertilisés avec du nitrate d'ammonium calcique à un taux de 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Le maïs a été fertilisé avec le même engrais, mais à des taux de 120 kg N ha<sup>-1</sup> à St-Augustin et 150 kg N ha<sup>-1</sup> à Ste-Anne. Des échantillons de sol (8 cm diam. x 30 cm prof.) ont été prélevés sur le rang et dans l'entre-rang. Les racines ont été nettoyées à l'aide d'un système d'éluatriation hydropneumatique (Smucker 1982). Elles ont ensuite été colorées à l'aide d'une teinture Neutral Red (0.5 g L<sup>-1</sup>, Sigma-Aldrich Canada Co., Ontario) puis numérisées. L'analyse des images a été réalisée à l'aide du logiciel WinRhizo (Regent Instrument Inc., Québec).

Pour les deux sites, la biomasse racinaire du maïs a été supérieure (P<0.001) à celle du sorgho et du millet (6711, 4535 et 2535 kg ha<sup>-1</sup> respectivement à Ste-Anne, et 5043, 4632 et 2728 kg ha<sup>-1</sup> respectivement à St-Augustin). Toutefois, la longueur totale du système racinaire montre une tendance opposée, le maïs ayant un plus court système racinaire (40 km m<sup>-3</sup> à Ste-Anne et 41 km m<sup>-3</sup> à St-Augustin) que le millet et le sorgho (moyenne pour les deux cultures de 68 km m<sup>-3</sup> à Ste-Anne et 59 km m<sup>-3</sup> à St-Augustin) (P<0.001). Finalement, les racines très fines (diamètre < 0.5 mm) du millet et du sorgho représentent une plus grande proportion de la surface racinaire totale que celles du maïs (60% vs. 45% à Ste-Anne, et 63% vs. 55% à St-Augustin) (P<0.001). La morphologie racinaire n'est pas le seul facteur influençant l'utilisation de l'azote par les plantes. Toutefois, une meilleure connaissance des systèmes racinaires des nouvelles cultures dédiées à la production d'énergie pourra nous éclairer à plusieurs égards, notamment en ce qui concerne la contribution des racines aux réserves de carbone du sol. Dans le futur, il serait souhaitable d'étudier les systèmes racinaires en faisant varier la fertilisation azotée. En effet, bien que la morphologie du système racinaire influence le prélèvement d'azote par la plante, la disponibilité de l'azote dans le sol influence aussi le développement racinaire (Waisel et al., 2002).

Geng, S., Hills, F.J., Johnson, S.S., and Sah., R.N. 1989. Potential yields and on-farm ethanol production cost of corn, sweet sorghum, fodderbeet, and sugarbeet. *J. Agronomy & Crop Science* **162**, 21-29.

Leblanc, V., Vanasse, A., Bélanger, G., and Seguin, P. 2012. Sweet pearl millet yields and nutritive value as influenced by fertilization and harvest dates. *Agronomy Journal* **104**, 542-549.

Smucker, A.J.M., McBurney, S.L., and Srivastava, A.K. 1982. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agronomy Journal* **74**, 500-503.

Waisel, Y., Eshel, A., and Kafkafi, U. (Eds). 2002. Plant roots – the hidden half (3rd ed.). New York: Marcel Dekker Inc. 1136 p.

# Effets de quatre facteurs de régie sur la stabilité structurale des agrégats d'un sol argileux

GILLES TREMBLAY<sup>1</sup>, YVES DION<sup>1</sup>, SYLVIE RIOUX<sup>2</sup>, ANNE VANASSE<sup>3</sup>, DENIS ANGERS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloil;

<sup>2</sup>CÉROM, Sainte-Foy;

<sup>3</sup>Département de phytologie, Université Laval;

<sup>4</sup>AAC, Sainte-Foy.

gilles.tremblay@cerom.qc.ca

**Mots clés** : stabilité structurale, régie, rotation, fertilisation, résidus

La mesure du diamètre moyen pondéré (DMP) du sol permet d'évaluer la qualité du sol en mesurant la stabilité structurale des agrégats. Des parcelles de longue durée ont été implantées en 2008, au site du CÉROM, situé à Saint-Mathieu-de-Beloil en Montérégie. Quatre facteurs d'étude ont été retenus : rotation, travail du sol, fumure et gestion des résidus. Quatre rotations couvrant une période de six ans sont comparées : maïs-soya-blé (MSBMSB); maïs-soya-blé-prairie-prairie-prairie (MSBPPP); maïs en continu (MMMMMM); prairie en continu (PPPPPP). Ces quatre rotations sont comparées pour deux types de travail du sol : labour et semis direct. Trois niveaux ont été retenus pour la fumure : minérale, organique et aucun amendement. Enfin, deux niveaux de gestion des résidus sont évalués : exportation ou intégration des résidus.

Le dispositif expérimental retenu est un split-split factoriel avec, en parcelle principale, le travail du sol (labour vs semis direct), en sous-parcelle la rotation (4 niveaux) et en sous-sous-parcelle la combinaison des facteurs fumure (3 niveaux) et gestion des résidus (2 niveaux), constituant six traitements. En excluant les différents traitements n'ayant pas de justification agronomique (prairie en continu sous labour et intégration des résidus sous prairie en continu en semis direct), le dispositif final compte 39 traitements répétés quatre fois pour un total de 156 parcelles. L'unité expérimentale mesure 6 m de large et 20 m de longueur afin de répondre aux contraintes techniques des divers équipements utilisés pour la réalisation des parcelles. L'expérimentation est implantée sur un sol de la série Saint-Urbain (UB5) ayant eu les précédents culturaux suivants de 2003 à 2007 : maïs-soya-maïs-maïs-soya. À la fin de la sixième année d'essai, des échantillons de sol de l'horizon 0-7,5 cm ont été recueillis en septembre 2013 dans chacune des parcelles. La stabilité structurale des agrégats a été déterminée selon la méthode proposée par Angers et al. (2008). Nous présentons ici uniquement les résultats des DMP.

Les facteurs travail du sol (TS), rotation (ROT), résidus (RES) et les interactions TS x ROT de même que TS x RES ont eu des effets significatifs sur le DMP. En comparaison avec le labour, le semis direct a un fort impact sur le DMP (3,54 mm vs 3,00 mm). Le DMP le plus élevé est associé à la rotation MSBPPP avec 3,57 mm, suivis par les rotations MSBMSB et PPPPPP avec respectivement 3,34 et 3,23 mm, tandis que la rotation MMMMMM présente le DMP le plus faible avec 2,95 mm. L'intégration des résidus résulte en un plus grand DMP (3,34 mm) que l'exportation des résidus (3,24 mm). En semis direct, le DMP ne varie pas peu importe la rotation alors que pour le labour, il y a des différences entre les rotations sur le DMP. Les valeurs de DMP sous labour pour les rotations MSBMSB, MSBPPP et MMMMMM sont respectivement de 3,05 mm, 3,51 mm et 2,43 mm. Pour le labour, l'intégration ou l'exportation des résidus n'a pas d'effet sur la valeur des DMP avec des valeurs de 2,99 et 3,00 mm respectivement. À l'opposé, l'intégration des résidus en semis direct permet d'obtenir un meilleur DMP (3,68 mm) que l'exportation des résidus pour cette régie (3,47 mm). Selon les résultats préliminaires de cette étude, le travail du sol (TS) constitue le facteur ayant le plus d'impact sur la stabilité structurale des agrégats du sol.

Angers, D.A., M.S. Bullock et G.R. Mehuys. 2008. Aggregate stability to water. Chapter 62 in Soil sampling and methods analysis. Canadian Society of Soil Science.

# Effets des engrais verts et de leur période d'enfouissement sur les rendements du blé

FRÉDÉRIC VERVILLE<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>2</sup>, DENIS PAGEAU<sup>3</sup>, GILLES TREMBLAY<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département de phytologie, 2425 rue de l'Agriculture, Québec (Québec), G1V 0A6;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec (Québec), G1V 2J3;

<sup>3</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Normandin (Québec), G8M 4K3;

<sup>4</sup>Centre de recherche sur les grains inc. (CÉROM), Saint-Mathieu-de-Beloeil (Québec), J3G 0E2.  
frederic.verville.1@ulaval.ca

**Mots clés :** Engrais verts, période d'enfouissement, *Triticum aestivum* L., rendement, azote

Les engrais verts améliorent la fertilité du sol et la rétention des éléments nutritifs, en plus de réduire l'érosion des sols et de rompre le cycle des maladies, des insectes ravageurs et des plantes adventices (Reeves, 1994). Ce projet consiste à quantifier la contribution de plusieurs engrais verts à la nutrition azotée et au rendement du blé l'année suivante, selon leur période d'enfouissement. Les essais ont été mis en place durant trois ans à la ferme expérimentale de l'Université Laval à St-Augustin-de-Desmaures ainsi qu'à la ferme de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin. Le dispositif expérimental aux deux sites consiste en un essai factoriel avec plan en tiroirs où les périodes d'enfouissement de l'engrais vert sont en parcelles principales : i) à l'automne à l'aide d'une charrue à versoirs et ii) au printemps à l'aide d'un outil de travail secondaire du sol. Les types d'engrais verts se retrouvent en sous-parcelles : i) avoine; ii) moutarde blanche; iii) radis huileux; iv) pois fourrager (ces quatre premiers traitements implantés à la dérobée d'une culture d'orge); v) mélange de trèfles rouge et blanc (en culture intercalaire avec l'orge); et vi) témoin sans engrais vert ni fertilisation. Suite à l'enfouissement, un semis de blé Fuzion a été fait sur toutes les parcelles. À la fin de la saison, les parcelles ont été récoltées afin d'obtenir le rendement sec en grains et en paille de blé. Cet essai a été répété à deux reprises dans le temps, soit en 2011-2012 et en 2012-2013, à chaque site expérimental.

Le type d'engrais vert a eu un effet significatif pour la majorité des variables mesurées. La biomasse accumulée par les engrais verts a été très variable en fonction des espèces. Dans tous les cas, pour les deux sites et les deux années d'essais, le mélange de trèfle rouge et trèfle blanc a produit la biomasse la plus élevée (moyenne de 3195 kg ha<sup>-1</sup>). Le radis huileux et la moutarde blanche ont obtenu des biomasses plus élevées (moyenne respective de 1290 et 1060 kg ha<sup>-1</sup>) que l'avoine et le pois fourrager (moyenne de 798 et 792 kg ha<sup>-1</sup>). La biomasse des légumineuses était caractérisée par une teneur en azote plus élevée que celle des non-légumineuses. Le pois fourrager a obtenu le meilleur résultat dans tous les essais, avec une teneur moyenne de 4,76 % N, par rapport à une teneur moyenne de 3,43 % N pour le mélange de trèfles. Les non-légumineuses contenaient en moyenne 3,01, 3,15 et 2,75 % N, respectivement pour l'avoine, la moutarde blanche et le radis huileux. Le mélange de trèfles a procuré le rendement de blé le plus élevé par rapport au témoin; les autres engrais verts n'ayant pas mené à des hausses significatives de rendement en blé. Cette augmentation de rendement s'est produite aux deux sites lors des deux années d'essais, avec des hausses de 36,5 % et de 30,8 % pour le site de St-Augustin et de 9,9 % et 7,7 % pour le site de Normandin. La période d'enfouissement n'a eu un effet significatif que pour la variable de rendement en paille pour un essai sur quatre, avec un rendement plus élevé avec l'enfouissement d'automne pour la deuxième année d'essai au site de St-Augustin. Au site de Normandin, lors de la première année, nous avons obtenu une interaction significative entre les engrais verts et la période d'enfouissement qui démontrait un rendement en grains de blé plus élevé lorsque le mélange de trèfles a été enfoui à l'automne par rapport au printemps.

L'engrais vert de trèfles en culture intercalaire s'est clairement démarqué des autres types d'engrais verts en ce qui concerne la production de biomasse à l'automne ainsi que pour le rendement en grains et le prélèvement en azote pour le blé l'année suivante. Le trèfle est d'autant plus intéressant qu'il peut être implanté facilement en intercalaire, ce qui réduit les besoins en temps et en main-d'œuvre comparativement à une implantation d'engrais vert à la dérobée d'une culture. Le pois fourrager implanté en dérobée présente un certain potentiel à condition de choisir une variété performante. La période d'enfouissement n'a pas eu d'effets très marqués sur les rendements du blé dans le cadre de ce projet.

## Références

Reeves, D.W., 1994. Cover crops and rotations. In *Crops Residue Management*; Hatfield, J.T. and Stewart, B.A., eds.; Lewis Publishers: Boca Rotan, Florida, 125-172.

# Statut des fractions de P du sol tôt au printemps: effet de l'hiver québécois

NOURA ZIADI<sup>1</sup>, YICHAO SHI<sup>1</sup>, AIMÉ JEAN MESSIGA<sup>2</sup>, ROGER LALANDE<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Environmental and Resource Studies Program, Trent University.  
noura.ziadi@agr.gc.ca

**Mots clés:** Fractionnement du P, P-AEMs, semis direct, fertilisation en P, essais de longue durée

Le phosphore (P) est un élément essentiel pour le développement et la croissance des plantes. Cependant, l'application d'engrais P en excès par rapport aux besoins des cultures peut causer des problèmes environnementaux notamment la pollution des sources d'eau. De récentes études ont montré que l'augmentation des cycles de gel et de dégel en hiver entraîne une accumulation du P soluble dans les sols sous cultures en dérobée (Bechmann et al., 2005) et sous semis direct (Messiga et al., 2010a). En Saskatchewan, Cade-Menun et al. (2013) ont mesuré au début du printemps des concentrations élevées en P reactif dissous dans les eaux de ruissellement des terres arables comparées aux prairies. Nous avons déterminé l'effet combiné de l'application d'engrais P, du travail du sol et des conditions hivernales sur le statut des fractions de P dans le sol en début du printemps dans un essai de longue durée au Québec. Le site expérimental a été établi en 1992 à la ferme expérimentale d'AAC situé à l'Acadie (Tremblay et al. 2003; Messiga 2010b). 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<sup>-1</sup>) et 3 doses de P (0 [0P], 17,5 [17.5P], et 35 [35P] kg P ha<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup> ont été retenues. Les résultats obtenus démontrent qu'en début du printemps, le travail du sol, l'application de P et les conditions hivernales ont significativement influencé les différentes fractions inorganiques et organiques de P mesurées par la méthode de Hedley ainsi que le P mesuré via les membranes d'échanges anioniques (P<sub>MEAs</sub>). À titre d'exemple, le P<sub>AEMs</sub> dans le SD mesuré au printemps 2013 (17 avril) a varié en moyenne entre 0.03 µg /cm<sup>2</sup>/jour avec 0P et 0.16 µg /cm<sup>2</sup>/jour avec 35P. Cette étude démontre que l'augmentation des doses d'engrais P dans les sols cultivés entraîne dans le SD une accumulation de P sous des formes solubles au début du printemps. Il est donc important de déterminer des régies de fertilisation en P spécifiquement adaptés au SD.

## Références

- Bechmann, M., Kleinman, P.J.A., Sharpley, A.N., Saporito, L.S. 2005. Freeze-thaw effects on phosphorus loss in runoff from manured and catch-cropped soils. *J. Environ. Qual.* 34: 2301-2309.
- Cade-Menun, B.J., Bell, G., Baker-Ismail, S., Fouli, Y., Hodder, K., McMartin, D.W., Perez-Valdivia, C., Wu K. 2013. Nutrient loss from Saskatchewan cropland and pasture in spring snowmelt runoff. *Can. J. Soil Sci.* 93: 445-458.
- Messiga, A.J. 2010b. Transferts du phosphore dans les sols de grandes cultures. Thèse de doctorat. Université Laval, QC. 217p.
- Messiga, A.J., Ziadi, N., Morel, C., Parent, L.-E. 2010a. Soil phosphorus availability in no-till versus conventional tillage following freezing and thawing cycles. *Can. J. Soil Sci.* 93: 419-428.
- 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-soja. *Bulletin technique* No. 3.05. CÉROM, Saint-Bruno-de-Montarville, Quebec City, QC. 8 pp.







