



*ASSOCIATION  
QUÉBÉCOISE  
DE SPÉCIALISTES  
EN SCIENCES  
DU SOL*

*20<sup>e</sup> congrès annuel*

---

*L'URBANISATION ET LES SOLS*

---

*5 au 8 juin 2006*

*Programme scientifique et résumés  
Édition Finale*

*Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall*



*3625 Avenue du Parc*

*Montréal*

## CONSEIL D'ADMINISTRATION 2005-2006

- Président : **Martin CHANTIGNY**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3. chantignym@agr.gc.ca
- Président sortant : **Rock OUIMET**, Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, QC, G1P 3W8. rock.ouimet@mrnf.gouv.qc.ca
- Vice-présidente: **Isabelle PERRON**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979, av. de Bourgogne, # 140, Québec, QC, G1W 2L4. perronisa@ agr.gc.ca
- Trésorière: **Lucie GRENON**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979, av. de Bourgogne, # 140, Québec, QC, G1W 2L4. grenonl@ agr.gc.ca
- Secrétaire: **Isabelle ROYER**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3. royeri@agr.gc.ca
- Administrateurs: **Anne VANASSE**, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département de phytologie. Québec, G1K 7P4. anne.vanasse@fsaa.ulaval.ca
- Lucien M. BORDELEAU**, BIOLISTIK Ltée, 1491, J.C. Cantin, Cap Rouge, QC, G1Y 2X7. bordelea@total.net
- Gilles GAGNÉ**, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700, rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8. Gilles.Gagne@irda.qc.ca

Édition **Isabelle ROYER et Lucie GRENON**

---

L'Association Québécoise de Spécialistes en Sciences du Sol est un organisme de bienfaisance qui regroupe les personnes intéressées à la science, à l'utilisation, à l'aménagement et à la conservation des sols. Elle a pour objectif de diffuser l'information scientifique et technique relative au sol pour éclairer sur tout sujet d'intérêt concernant l'utilisation, l'aménagement et la conservation de la ressource sol. Toute personne oeuvrant en science du sol au Québec peut devenir membre de l'association à condition d'en faire la demande, d'être admis par le comité d'admission et de payer la cotisation annuelle fixée par l'assemblée générale.

## COMITÉ ORGANISATEUR

---

Le conseil d'administration de l'AQSSS

en collaboration avec  
Dr. Joann K. Whalen,  
Département des sciences des ressources naturelles,  
Campus Macdonald de l'université McGill

---

### \*\*\*AVIS AUX ÉTUDIANTS ET ÉTUDIANTES\*\*\*

N'oubliez pas de vous inscrire au prix Roger Baril et Régis Simard qui seront remis lors du banquet, mercredi le 7 juin 2006. L'attribution de ces prix a pour objectif de promouvoir la participation des étudiant(e)s des deuxième et troisième cycles au congrès, et de favoriser la présentation de conférences et d'affiches de qualité. **Seul(e)s les étudiant(e)s membres de l'AQSSS effectuant une présentation orale ou par affiche sont éligibles** à recevoir un prix. Si vous ne l'avez pas signalé dans le formulaire d'inscription, veuillez mentionner votre intention de participer aux différents prix lors de votre inscription.

#### **Prix Roger Baril**

L'AQSSS soulignera **les trois meilleures présentations orales** réalisées par les étudiant(e)s par l'attribution du prix Roger Baril, assorti d'une bourse et d'un certificat de l'AQSSS attestant l'obtention du prix. Le comité d'évaluation des présentations orales est formé de quatre membres de l'AQSSS.

#### **Prix Régis Simard**

Le prix Régis Simard sera décerné à **la meilleure affiche** présentée par les étudiant(e)s. Ce prix est assorti d'une bourse et d'un certificat de l'AQSSS attestant l'obtention du prix. Le comité d'évaluation des affiches est formé d'au moins deux membres de l'AQSSS.

**Lundi 5 juin 2006**

#### **INSCRIPTION ET ACCUEIL**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **Le Hall**  
**17h00 à 19h00**

**Mardi 6 juin 2006**

**INSCRIPTION**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **Le Foyer**

**7h30**

**FORUM**

**« Pression de l'urbanisation sur l'utilisation des sols »**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **La Salle de Bal A**

**8h25-12h00**

8h25 Mot d'ouverture de l'AQSSS : Martin Chantigny

**FORUM : « Pression de l'urbanisation sur l'utilisation des sols »**

Modératrice : madame HÉLÈNE RAYMOND, journaliste à Radio-Canada

8h30 : **La protection du territoire agricole québécois : historique, évolution et état de la situation. Enjeux et perspectives en zones périurbaines et les rôles des acteurs provinciaux, régionaux et locaux.**

CHRISTOPHER BRYANT, SERGE DESROCHES, ET DENIS GRANJON.

Université de Montréal, Montréal, QC.

9h00 : **La zone agricole dans le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal : Bilan et perspectives.**

CLÉMENT DESROSIERS

Commission de protection du territoire agricole du Québec Direction des services professionnels, Longueuil, QC.

9h20 : **L'urbanisation : menace ou espoir pour le milieu agricole?**

PIERRE BÉLANGER

Communauté métropolitaine de Montréal, Montréal, QC.

9h40 : **Revitalisation des terres agricoles à Longueuil : un projet d'aménagement intégré porteur pour le redéveloppement de l'agriculture périurbaine.**

MÉLINA PLANCHENAULT

Direction de l'aménagement et du développement du territoire, Longueuil, QC.

10h00 : **Quand le rapport aux aliments détermine le rapport à la terre : Données assemblées et expériences vécues.**

FRÉDÉRIC PARÉ

Équiterre, Montréal, QC.

10h20 : Pause

10h40 : Forum de discussion

**DÎNER**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **La Salle de Bal B**

**12h00-13h15**

## AFFICHES

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal A  
13h15-14h15

- 1 Effet de lisier de porc déshydraté sur la disponibilité du zinc dans quelques sols du Québec.**  
ALIDOR DUMBI KABESA, ANTOINE KARAM, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT  
Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Minières (ERSAM), Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 2 Utilisation d'un compost commercial à des fins de mise en végétation d'un résidu minier riche en cuivre et en calcium.**  
ARNAUD DE CONINCK ET ANTOINE KARAM  
Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Minières (ERSAM), Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 3 Disponibilité du cuivre dans un résidu minier amendé avec de matériaux biologiques.**  
ANAÏS CHARLES ET ANTOINE KARAM  
Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Minières (ERSAM), Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 4 Effets du chaulage sur la disponibilité du Ca et du Mg dans un sol sableux cultivé avec du maïs.**  
LUC M. CASSÉUS, ANTOINE KARAM, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT  
Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Minières (ERSAM), Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 5 Fractionnement de l'azote dans la culture du lin.**  
DENIS PAGEAU ET JULIE LAJEUNESSE  
AAC, CRDSGC, Ferme de recherche, Normandin, QC.
- 6 Impact de la fertilisation azotée sur la productivité de l'apiste des Canaries.**  
JULIE LAJEUNESSE ET DENIS PAGEAU\*  
AAC, CRDSGC, Ferme de recherche, Normandin, QC.
- 7 Flux d'azote et de phosphore dans les sols de bleuétière.**  
JEAN LAFOND<sup>1</sup> ET NOURA ZIADI<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Ferme de recherche, Normandin, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 8 Impacts du désherbage mécanique et de la fertilisation sur la qualité du sol et la productivité du blé panifiable.**  
PIERRE-ANTOINE GILBERT<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, ET DENIS A. ANGERS<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dép. de phytologie, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 9 Comparaison entre les types de fertilisants pour le maïs-ensilage suivant une culture conventionnelle ou en semis direct.**  
HICHAM BENSLIM ET JOANN K. WHALEN  
Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.
- 10 Comparaison des normes DRIS et CND pour des clones de peuplier hybride plantés dans le Sud du Québec.**  
WILGENS RENÉ<sup>1,2</sup>, CLAUDE CAMIRÉ<sup>1</sup>, BENOÎT CÔTÉ<sup>2</sup>, MAGDALENA BURGESS<sup>2</sup>, ET JAMES W. FYLES<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dép. des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.
- 11 Typologie des indices de sorption et de désorption en P des sols canadiens.**  
LOTFI KHIARI<sup>1</sup>, MAHTALI SBIH<sup>1</sup>, ET ERIC VAN BOCHOVE<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 12 Double-baril à bascule pour la mesure des eaux de ruissellement à haut débit.**  
MARC-OLIVIER GASSER<sup>1</sup>, ROBERT LAGACÉ<sup>2</sup>, MARC R. LAVERDIÈRE<sup>1</sup>, LOUIS O. SAVARD<sup>3</sup>, ET DAVID VALLIÈRES<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>IRDA, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>3</sup>GPCo inc., Varennes, QC; <sup>4</sup>CRO de Bellechasse, Saint-Charles, QC.
- 13 Mesure et modélisation de l'érosion hydrique des sols agricoles au Maroc et au Québec.**  
MARC DUCHEMIN<sup>1</sup>, MONCEF BENMANSOUR<sup>2</sup>, ASMAE NOUIRA<sup>2</sup>, ET JACQUES GALLICHAND<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>IRDA, Québec, QC; <sup>2</sup>Centre National de l'Énergie, des Sciences et des Techniques Nucléaires, Maroc; <sup>3</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

- 14 **Teneur en eau volumique vs. constante diélectrique du sol sur les terres noires de la Montérégie Ouest.**  
SÉBASTIEN LANGE<sup>1</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>1</sup>, ET PHILIPPE ROCHETTE<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 15 **Stratégie de prétraitement et d'analyse des modèles numériques d'élévation de haute précision dans ArcGIS.**  
OUMAR KA<sup>1</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ÉLIZABETH PATTEY<sup>2</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup> ET MARIO DESCHÊNES<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRECO Ottawa, ON.
- 16 **Contrôle des pertes d'herbicides dissous grâce aux dispositifs enherbés et enherbés+arborés.**  
EMMANUELLE CARON<sup>1</sup>, PIERRE LAFRANCE<sup>1\*</sup>, JEAN-CHRISTIAN AUCLAIR<sup>1</sup>, ET MARC DUCHEMIN<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INRS-ETE, Québec, QC; <sup>2</sup>IRDA, Québec, QC.
- 17 **Sélection, prélèvement, description et entretien de blocs de sols dans le cadre d'une exposition extérieure.**  
GILLES GAGNÉ<sup>1</sup>, LOLA SHEPPARD<sup>2</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>3</sup> ET LUC LAMONTAGNE<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>IRDA, Québec, QC; <sup>2</sup>Latéral Architecture, Toronto, ON, <sup>3</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>4</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.

**SESSION I.**  
**VALORISATION DE RÉSIDUS AGRICOLES ET INDUSTRIELS**  
**(SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION II)**  
Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal A  
**14h15-16h30**  
**Animateur : Lucien Bordeleau**

- 14h15 **Valorisation de résidus d'écorces de différentes essences ligneuses du Québec pour l'horticulture.**  
RÉMI NAASZ<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, ANDRÉ PICHETTE<sup>2</sup>, ET DOMINIC DUFOUR<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, CRH, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sciences fondamentales, UQC, Chicoutimi, QC.
- 14h30 **Fertilisation azotée de prairies au moyen de lisiers porcins déphosphatés aux sous-produits magnésiens.**  
GAÉTAN PARENT<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, ROGER LALANDE<sup>1</sup>, JEAN-PIERRE DELAND<sup>2</sup>, ET JEAN LAPERRIÈRE<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Norsk Hydro Canada Inc. Bécancour, QC.
- 14h45 **Étude microbiologique de sols provenant de prairies fertilisées au lisier porcin déphosphaté par un sous-produit magnésien.**  
ROGER LALANDE, GAÉTAN PARENT, GILLES BÉLANGER, NOURA ZIADI, ET BERNARD GAGNON  
AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 15h00 **Pause de 30 minutes**
- 15h30 **Étude du devenir de l'azote du lisier de porc sous culture de maïs-grain par marquage isotopique <sup>15</sup>N - effet annuel et résiduel.**  
MARTIN H. CHANTIGNY, DENIS A. ANGERS, ET PHILIPPE ROCHETTE  
AAC, CRDSGC, Québec, QC.
- 15h45 **Volatilisation de l'ammoniac du lisier de porc dans les prairies de graminées : effet du type de rampe d'épandage.**  
DANIEL GUILMETTE<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, NORMAND BERTRAND<sup>1</sup>, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 16h00 **Assessing the impact of paper mill biosolids and pig slurry application on soil chemical characteristics and residual NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in a hybrid poplar plantation.**  
ARLETTE LTEIF<sup>1</sup>, JOANN WHALEN<sup>1</sup>, ROBERT BRADLEY<sup>2</sup>, AND CLAUDE CAMIRÉ<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC; <sup>2</sup>Dép. de Biologie, Université Sherbrooke, Sherbrooke, QC; <sup>3</sup>Dép. des sciences du bois et de la forêt, Pavillon Abitibi-Price, Université Laval, Québec, QC.
- 16h15 **Éléments de réponse à des questionnements suscités par le film Tabou(e)! concernant la valorisation agricole des boues municipales et de papetières.**  
MARC HÉBERT  
Service agricole, Direction des politiques en milieu terrestre, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC.

**SESSION II.**  
**VARIABILITÉ SPATIALE ET GÉOSTATISTIQUE**  
 (SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION I)  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal B  
**14h15-16h15**  
**Animatrice : Lucie Grenon**

- |       |  |       |   |
|-------|--|-------|---|
| 14h15 | <p><b>Effets du zonage intraparcellaire et de la fertilisation azotée sur la qualité et le rendement des tubercules de pomme de terre.</b><br/>         ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, BERNIE J. ZEBARTH<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MARC LAVERDIÈRE<sup>3</sup><br/> <sup>1</sup>AAC, LPAP, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, PRC, Fredericton, NB; <sup>3</sup>IRDA, Québec, QC.</p> | 15h00 | <p><b>Pause de 30 minutes</b></p>   |
| 14h30 | <p><b>Comparaison de la capacité de fixation et du taux de saturation en phosphore des sols dans deux micro-bassins versants expérimentaux jumelés.</b><br/>         MICHEL C. NOLIN, KARINE BELZIL, ÉRIC VAN BOCHOVE, MARIE-LINE LECLERC, ANDRÉ MARTIN, ET LUC LAMONTAGNE<br/>         AAC, LPAP, Québec, QC.</p>   | 15h30 | <p><b>Modélisation des interactions entre les pratiques culturales et le mode de gestion des engrais de ferme sur la mobilité du phosphore.</b><br/>         JULIE DESLANDES, ISABELLE BEAUDIN, ET AUBERT R. MICHAUD<br/>         IRDA, Québec, QC.</p> |
| 14h45 | <p><b>Potentiel d'utilisation de l'imagerie ASTER en pédologie pour prédire et caractériser les propriétés des sols agricoles.</b><br/>         MATHIEU QUENUM<sup>1,2</sup>, DANIEL CLUIS<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MONIQUE BERNIER<sup>2</sup><br/> <sup>1</sup>AAC, LPAP, Québec, QC; <sup>2</sup>INRS-ETE, Québec, QC.</p>  | 15h45 | <p><b>Variabilité spatiale et temporelle de la spéciation du phosphore dans les cours d'eaux agricoles : Contrôles hydro-pédologiques.</b><br/>         AUBERT R. MICHAUD, JULIE DESLANDES, ET JACQUES DESJARDINS<br/>         IRDA, Québec, QC.</p>    |
|       |  | 16h00 | <p><b>Délimitation de pédopaysages à partir des modèles numériques d'élévation – Approche méthodologique.</b><br/>         OUMAR KA, MICHEL C. NOLIN, JEAN-MARC COSSETTE, ET ATHYNA N. CAMBOURIS<br/>         AAC, LPAP, Québec, QC.</p>                |

**DÉGUSTATION DE BIÈRES MCAUSLAN AVEC BUFFET ITALIEN  
 ET ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DE L'AQSSS**  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – Salles de Bal A et B  
**à partir de 17h00**



**Une commandite de la brasserie McAuslan, 5080, rue Saint-Ambroise, Montréal**

**Mercredi 7 juin 2006**

**INSCRIPTION**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **Le Foyer**  
**8h00**

**SYMPOSIUM**

**« L'utilisation des sols en milieu urbain »**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **La Salle de Bal A**  
**8h30-10h00**

**Animateur : Martin H. Chantigny**

**8h30 : Principes et applications de solutions biologiques pour la réhabilitation des sols contaminés dans un contexte de redéveloppement urbain.**

Christian Bélanger  
Biogénie S.R.D.C. inc., Québec, QC.

**9h00 : Risk assessment and management of trace element contaminated soils.**

William Hendershot  
Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC.

9h30 **Analyse du cycle de vie (ACV) pour la comparaison des impacts environnementaux de la contamination, réhabilitation et valorisation de friches industrielles urbaines : Cas des Ateliers Angus à Montréal.**  
PASCAL LESAGE, LOUISE DESCHÊNES, ET RÉJEAN SAMSON  
Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG), Dép. de génie chimique, École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC.

9h45 **Modeling natural attenuation of trace elements in soils.**  
DULCE REYES DELGADILLO AND WILLIAM H. HENDERSHOT. Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC.

10h00 **Pause de 30 minutes**

**SESSION III.**

**PHYSIQUE, CHIMIE, FERTILITÉ ET BIOLOGIE DES SOLS**  
**(SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION IV et V)**

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – **La Salle de Bal A**  
**10h30-12h00**

**Animateur : Martin Chantigny**

10h30 **Résultats d'essais d'application de fumier de bovins laitiers selon trois périodes d'épandage sur une argile lourde en production de maïs-grain.**  
JEAN CANTIN<sup>1</sup> ET JOANN K. WHALEN<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>MAPAQ, Direction régionale de Saint-Hyacinthe, QC; <sup>2</sup>Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.

10h45 **Réaction aqueuse entre EDTA-Fe-Na et le phosphate supertriple.**  
HABIBA BEN MANSOUR ET MICHEL PIERRE CESCAS\*  
Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.



- 11h00 **Inventaire canadien des émissions de protoxyde d'azote par les sols agricoles.**  
 PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, DEVON WORTH<sup>2</sup>, REYNALD LEMKE<sup>3</sup>, BRIAN MCCONKEY<sup>3</sup>, RAYMOND DESJARDINS<sup>2</sup>, EDWARD HUFFMAN<sup>2</sup>, DANIEL PENNOCK<sup>4</sup>, ANTHONY BRIERLEY<sup>5</sup>, J. YANG<sup>2</sup>, SAMUEL GAMEDA<sup>2</sup>, ET JULIAN HUTCHINSON<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRECO, Ottawa, ON; <sup>3</sup>AAC, CRAPSA, Swift Current, SK; <sup>4</sup>Univ. de la Saskatchewan, Saskatoon, SK; <sup>5</sup>AAC Edmonton, AB.
- 11h15 **Émissions de protoxyde d'azote dans une rotation maïs/soya telles qu'influencées par le travail du sol et la fertilisation azotée.**  
 FRANCIS LAROUCHE<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>2</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, ET NORMAND BERTRAND<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, QC.
- 11h30 **Seasonal variation in nitrous oxide fluxes in relation to soil parameters.**  
 ALICIA SPERATTI AND JOANN K. WHALEN  
 Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC.
- 11h45 **Transformations de l'azote dans les sols froids après l'application de lisier de porc enrichi en <sup>15</sup>N.**  
 KAREN CLARK<sup>1,2</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

#### SESSION IV.

#### GESTION DES SOLS ET DE L'EAU (SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION III)

Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal B

10h30-11h30

Animatrice : Athyna N. Cambouris

- 10h30 **Séquestration du carbone dans un sol agricole du Québec : influence du travail du sol et de la fertilisation des cultures.**  
 VINCENT POIRIER<sup>1,2</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1,2</sup>, JOSÉE FORTIN<sup>2</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, NICOLE BISSONNETTE<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, ET GILLES TREMBLAY<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>3</sup>CEROM, Saint-Bruno, QC.
- 10h45 **Tillage erosion – A different way to look at soil erosion and soil conservation in Atlantic Canada.**  
 KEVIN TIESSEN<sup>1</sup>, GUY MEHUYS<sup>1</sup>, DAVID LOBB<sup>2</sup>, HERB REES<sup>3</sup>, AND EDWARD MCKYES<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC; <sup>2</sup>Dept. of Soil Science, University of Manitoba, MB; <sup>3</sup>AAFC, Fredericton, NB; <sup>4</sup>Bioresource Engineering, McGill University, Montreal, QC.
- 11h00 **CIRP: un utilitaire EXCEL pour calculer l'indice de risque de pollution des eaux par le phosphore (IRP).**  
 MARC DUCHEMIN<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>2</sup>, MARCEL GIROUX<sup>1</sup>, ET MONIQUE GOULET<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>IRDA, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.
- 11h15 **Modélisation de l'érosion hydrique à l'échelle d'un petit bassin versant agricole dans un contexte de changement climatique.**  
 MARC DUCHEMIN<sup>1</sup> ET ROBERT LAGACÉ<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>IRDA, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

**SESSION V.**  
**SOLS FORESTIERS**  
 (SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION III)  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal B  
**11h30-12h00**  
**Animatrice : Athyna N. Cambouris**

- |  |  |
|--|--|
| <p>11h30 <b>Les ratios Ca/Sr et K/Rb des feuilles de l'érable à sucre : des marqueurs de la profondeur d'enracinement ou de la source du Ca et K de l'arbre?</b><br/>       BENOIT CÔTÉ ET FRIEDA BEAUREGARD<br/>       Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC.</p> | <p>11h45 <b>Capacité de stockage du carbone dans les plantations de pin rouge établies en terres agricoles abandonnées dans le sud du Québec.</b><br/>       ROCK OUMET, SYLVIE TREMBLAY, CATHERINE PÉRIÉ, ET GUY PRÉSENT<br/>       Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, QC.</p> |
|--|--|

**DÎNER**  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal B  
**12h00-13h15**

**AFFICHES**  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal A  
**13h15-14h15**

**SESSION VI.**  
**PHYSIQUE, CHIMIE, FERTILITÉ ET BIOLOGIE DES SOLS**  
 (SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION VII)  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal A  
**14h15-16h15**  
**Animatrice : Isabelle Royer**

- |  |   |
|--|---|
| <p>14h15 <b>Dépistage et identification par la technique PCR-SSCP du <i>Trichoderma virens</i> utilisé comme agent de lutte biologique dans la culture du soya.</b><br/>       RICHARD HOGUE ET NATHALIE DAIGLE<br/>       IRDA, Québec, QC.</p>       | <p>15h30 <b>The contribution of earthworms to nutrient mineralisation in Québec agroecosystems.</b><br/>       NIKITA S. ERIKSEN-HAMEL AND JOANN K. WHALEN<br/>       Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, QC.</p> |
| <p>14h30 <b>Persistance des bactéries entériques dans les sols agricoles.</b><br/>       CAROLINE CÔTÉ<sup>1</sup> ET SYLVAIN QUESSY<sup>2</sup><br/> <sup>1</sup>IRDA, St-Hyacinthe, QC; <sup>2</sup>Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, QC.</p> | <p>15h45 <b>Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation.</b><br/>       ODETTE MÉNARD<br/>       MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie Est, QC.</p>  |
| <p>14h45 <b>Collection de gros monolithes de sols.</b><br/>       SUZANNE E. ALLAIRE<br/>       Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.</p>   | <p>16h00 <b>Les défis de l'environnement au Biodôme.</b><br/>       CLAIRE VASSEUR<br/>       Biodôme de Montréal, Montréal, QC.</p>  |
| <p>15h00 <b>Pause de 30 minutes</b></p>  |   |

**SESSION VII.**  
**PHYSIQUE, CHIMIE, FERTILITÉ ET BIOLOGIE DES SOLS**  
**(SESSION SIMULTANÉE AVEC LA SESSION VI)**  
 Nouvelle Résidence McGill, New Residence Hall – La Salle de Bal B  
**14h15-16h00**  
**Animateur : Rock Ouimet**

- |       |   |       |  |
|-------|---|-------|--|
| 14h15 | <p><b>Amélioration du rendement et de l'utilisation de l'eau chez la tomate de serre par la gestion de l'irrigation par potentiel matriciel dans un substrat sciure-tourbe.</b><br/>                 ISABELLE LEMAY<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, MARTINE DORAIS<sup>2</sup>, ET STEEVE PÉPIN<sup>1</sup><br/> <sup>1</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.</p> | 15h00 | <p><b>Pause de 30 minutes</b></p>  |
| 14h30 | <p><b>Diagnostic de la nutrition azotée du maïs grain.</b><br/>                 MARIANNE BRASSARD<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>2</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>2</sup>, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup><br/> <sup>1</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC.</p>  | 15h30 | <p><b>Diagnostic de la nutrition phosphatée du maïs grain.</b><br/>                 NOURA ZIADI<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, ANNIE CLAESSENS<sup>1</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, NICOLAS TREMBLAY<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MARIANNE BRASSARD<sup>1</sup><br/> <sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>AAC, CRDH, Saint-Jean sur Richelieu, QC.</p> |
| 14h45 | <p><b>Diagnostic de la nutrition azotée du blé panifiable.</b><br/>                 LOUIS LEFEBVRE<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup><br/> <sup>1</sup>AAC, CRDSGC, Québec, QC; <sup>2</sup>Dép. des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.</p>   | 15h45 | <p><b>Effets du précédent cultural sur la productivité de l'orge et sur les nitrates du sol.</b><br/>                 JEAN LAFOND ET DENIS PAGEAU<br/>                 AAC, CRDSGC, Ferme de recherche, Normandin, QC.</p>   |

**BANQUET**  
**Au Restaurant Minerva (17 rue Prince-Arthur Est)**  
**REMISE DES PRIX ROGER BARIL, RÉGIS SIMARD et AUGUSTE SCOTT**  
**18h00-22h30**

**Jeudi 8 juin 2006**

**TOURNÉE POST-CONGRÈS  
Visite urbaine à Montréal  
8h30-15h30**

8h15-8h30 Rassemblement au **Nouvelle Résidence McGill, New Résidence Hall (3625 avenue du Parc Montréal)** et départ en autobus.

8h30-9h00 Déplacement en autobus vers **Solutions Eau Air Sol inc. (8365 avenue Broadway Nord Montréal-Est)**

9h00-11h15 Visite guidée du **Centre de traitement de sol (2 groupes)**

11h15-11h45 Déplacement en autobus vers le **Biodôme (4777 avenue Pierre-De-Coubertin Montréal)**

11h45-13h00 Dîner à la cafétéria La Brise du Biodôme

13h00-15h00 Visite guidée des dessus et dessous du biodôme (2 groupes)

15h00-15h30 Retour en autobus au **Nouvelle Résidence McGill, New Résidence Hall (3625 avenue du Parc Montréal)**

\*\*\*prévoir des souliers de marche pour la tournée



## RÉSUMÉS

### CONFÉRENCIERS INVITÉS DU FORUM

#### **La protection du territoire agricole québécois : historique, évolution et état de la situation. Enjeux et perspectives en zones périurbaines et les rôles des acteurs provinciaux, régionaux et locaux**

CHRISTOPHER BRYANT, SERGE DESROCHES, ET DENIS GRANJON

Laboratoire Développement durable et dynamique territoriale, Département de Géographie, Université de Montréal, Montréal, Québec, H3C 3J7.  
Courriel : bryan94@attglobal.net

**Mots clés :** protection du territoire agricole, urbanisation, rôle des acteurs locaux et provinciaux.

En 1978, le Québec fut une des premières provinces canadiennes à mettre sur pied une loi et un programme pour la protection du territoire agricole (la Colombie-Britannique fut la première en 1973) par l'entremise de la Commission de la Protection du Territoire Agricole (CPTA). Depuis, avec quelques modifications, cette initiative provinciale a fourni l'encadrement de base pour la protection du territoire agricole québécois. Dans un premier temps, nous présentons l'évolution de l'encadrement législatif et les rôles des différents acteurs impliqués, notamment la CPTA, les Municipalités régionales de Comtés (MRC) et les municipalités locales, ainsi que d'auteurs acteurs tel que l'Union de producteurs agricoles du Québec (UPA). En effet, nous raisonnons que bien que l'encadrement provincial est toujours important, l'efficacité de la protection du territoire agricole dépend autant sur l'appropriation de ces valeurs collectives de protection de cette ressource limitée par les acteurs locaux et régionaux. Ceci est particulièrement significatif en milieu périurbain dans le contexte de la grande région de Montréal, où les pressions d'urbanisation sont fortes. Bref, même si la protection des espaces agricoles est présentement bien assurée par la CPTA, leur développement repose aussi sur des interventions des communautés locales.

Dans la deuxième partie de notre présentation, nous allons décrire la situation de l'utilisation des terres agricoles en zone périurbaine. L'agriculture périurbaine au Québec comme ailleurs se différencie sur plusieurs points de l'agriculture située à l'extérieur des zones périurbaines – son intensité, sa diversité en termes de systèmes de production socioéconomique, l'importance de l'agriculture biologique et l'importance des exploitations à temps partiel. On constate la juxtaposition d'une part de l'agriculture intensive et productiviste, et la poursuite des pratiques peu conviviales par rapport à l'environnement, et d'autre part une agriculture biologique dont une partie est dite 'soutenue par la communauté'.

Dans la troisième partie, nous allons aborder l'enjeu de l'hétérogénéité des usages du sol dans les territoires périurbains. La planification territoriale doit intégrer la gestion des rapports entre les activités agricoles et non agricoles afin d'atténuer les risques de conflit. Malgré une perspective souvent négative de ces rapports pour la poursuite de l'agriculture dans ces milieux, force est de constater que l'agriculture – et surtout les agriculteurs – ont souvent su s'adapter afin de profiter des opportunités d'une telle situation régionale. Une co-habitation ou une intégration harmonieuse nécessite certes des compromis de deux côtés – les agriculteurs doivent avoir des pratiques plus respectueuses de l'environnement et s'adapter à la proximité urbaine et les populations non agricoles doivent aussi accepter certaines nuisances associées à certains travaux agricoles.

Pour terminer, nous allons aborder la dimension économique de l'agriculture périurbaine. Afin d'assurer la viabilité des fermes périurbaines, on se doit de préoccuper des revenus agricoles en comparaison avec les populations non agricoles et des conditions de vie de leurs familles. Dans cette perspective, il est évident que la protection fournie par la CPTA n'est pas adéquate pour assurer la survie de cette agriculture. Les collectivités locales et régionales doivent s'appropriier les espaces agricoles et chercher à les développer selon leurs potentiels. D'où l'importance d'aborder le rôle des autres acteurs locaux et régionaux. Nous présenterons quelques cas au Québec où des agriculteurs et d'autres acteurs locaux ont travaillé ensemble afin de créer des conditions viables pour le développement de l'agriculture périurbaine. Nous concluons en présentant une synthèse des stratégies et interventions qui peuvent être complémentaires à l'encadrement provincial pour maintenir, favoriser et soutenir l'utilisation agricole des sols en zone périurbaine.

# **La zone agricole dans le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal : Bilan et perspectives**

CLÉMENT DESROSIERS

Direction des services professionnels – secteur ouest, Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTA), 25 boul. Lafayette, Longueuil, QC, J4K 5C7.  
Courriel : clement.desrosiers@cptaq.gouv.qc.ca

De la superficie totale de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), soit 383 848 hectares, près de 58% de son étendue se localise en zone agricole. Plus de 70% des sols qui s’y trouvent sont de classes 1, 2 et 3, selon la classification de l’Inventaire des terres du Canada.

La Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles est en vigueur depuis le 9 novembre 1978 et les limites de la zone agricole sont établies avec les municipalités depuis 1983 suite à un processus de négociations.

À la fin des années 1980, la Commission de protection du territoire agricole du Québec a révisé les limites de la zone agricole pour tout le Québec. C’est une opération unique qui s’est terminée en 1992. C’est ainsi que pour le territoire de la CMM (MRC en totalité) 32 395 ha ont été soustraits de la zone agricole. Toutefois, plus de 85% (27 287 ha) avaient déjà acquis une vocation autre que l’agriculture ou ne présentaient plus un véritable intérêt pour l’agriculture.

Dans sa gestion quotidienne de la loi, entre l’an 1990 et l’an 2005, la Commission a exclu de la zone agricole 459 ha et inclus à la zone agricole 354 ha. La majorité des espaces exclus étaient déjà utilisés à des fins autres que l’agriculture, soit déjà autorisés par la Commission ou n’offraient plus de perspectives agricoles.

En 2003, face à une croissance importante des demandes d’exclusion de la zone agricole pour des fins d’agrandissement de périmètres d’urbanisation, la Commission a réalisé un inventaire des terrains vacants dans la zone non agricole de la CMM, sauf l’Île de Montréal et l’Île Bizard. Les terrains vacants, représentent alors près de 25% (29 744 ha) de la superficie de la zone non agricole étudiée.

C’est ainsi que les requêtes pour des agrandissements de périmètres d’urbanisation formulées par les municipalités ou les municipalités régionales de comté (MRC) sont confrontées à la disponibilité de terrains vacants dans le territoire de la CMM pour les mêmes vocations urbaines projetées. La Commission peut rejeter une telle demande pour le seul motif de la présence de terrains vacants appropriés disponibles en zone non agricole.

## **L'urbanisation : menace ou espoir pour le milieu agricole ?**

PIERRE BÉLANGER

Communauté métropolitaine de Montréal, Montréal, QC.  
Courriel : pbelanger@cmm.qc.ca

**Mots clés :** CMM, urbanisation, pression foncière, cohabitation, économie agricole.

La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) est un organisme supra municipal qui couvre un territoire de 4 346 kilomètres carrés, dont 525 km<sup>2</sup> de surface aquatique. Elle regroupe 3,5 millions de personnes réparties dans 82 municipalités dont les plus importantes, en terme de population, sont Montréal, Laval et Longueuil. Les principales responsabilités de la Communauté sont liées à l'aménagement du territoire, au développement économique, au logement social, au transport et au financement d'équipements métropolitains.

En ce qui concerne plus particulièrement le milieu agricole, 58% du territoire de la CMM se situe en zone agricole permanente, en vertu de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec, soit quelques 252 000 hectares. De ce total, 155 000 hectares sont exploités, dont 80% pour fins de culture. Des 2 140 fermes recensées, 27% sont vouées à la production animale, alors que pour l'ensemble du Québec ce pourcentage voisine 75%. Avec près de 50% des activités québécoises liées à l'agriculture et à l'agroalimentaire et 66% des activités de transformation alimentaire, le territoire de la CMM constitue un maillon essentiel de l'industrie agroalimentaire du Québec.

L'urbanisation et l'agriculture sont généralement à la recherche des mêmes types de sols et c'est conscient de cette réalité que le gouvernement du Québec a adopté, en 1978, la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec. L'urbanisation se traduit spatialement sous différentes formes étant associés à la croissance, à l'étalement voir même à l'éparpillement dépendamment des réalités et des interlocuteurs. Elle engendre de fortes pressions sur la valeur des sols, de sorte que cette dernière n'est plus liée à ses caractéristiques intrinsèques mais plutôt à son potentiel de développement engendrant ainsi de fortes pressions foncières.

En contre partie, la présence des noyaux fortement urbanisés à proximité d'un ensemble agricole dynamique engendre inévitablement des problèmes de cohabitation qui reposent souvent, au départ, sur des questions de perceptions. Un fait demeure, l'urbain et l'agriculteur ne peuvent se passer l'un de l'autre.

Il est évident qu'une agglomération métropolitaine, de par ses caractéristiques et son unicité, mérite un traitement particulier. Alors que le développement du milieu urbain doit s'articuler à partir d'un souci de consolidation, le développement du milieu agricole doit être reconnu comme une activité économique de plein droit au même titre que le développement industriel ou commercial.

# **Revitalisation des terres agricoles à Longueuil : un projet d'aménagement intégré porteur pour le redéveloppement de l'agriculture périurbaine**

MÉLINA PLANCHENAUT

Direction de l'aménagement et du développement du territoire, Ville de Longueuil, 777, rue d'Auvergne, Longueuil QC, J4H 3T9.

Courriel : melina.planchenault@ville.longueuil.qc.ca

**Mots clés:** périurbain, multifonctionnalité de l'agriculture, aménagement intégré, agriculture biologique.

En vue de redévelopper la zone agricole en friche, la Ville de Longueuil a initié et coordonné, pendant près de trois ans, le projet pilote Continuum ville-campagne. Ce projet a permis, entre autres, de cibler une zone prioritaire d'aménagement agricole sur le territoire et de concevoir des outils de gestion agricole périurbains novateurs pour en faciliter son développement durable. De plus, ces outils encourageront le développement de la culture biologique sur le territoire.

Les principaux objectifs visés par ce projet étaient de favoriser l'accessibilité aux terres agricoles, soutenir et développer les activités et entreprises agricoles, améliorer la qualité des paysages agricoles, renforcer les liens ville-campagne et réaliser une gestion durable des ressources naturelles en zone agricole.

Dans le cadre ce projet, le comité consultatif agricole de la Ville et ses groupes de travail ont recommandé de prioriser un secteur sous-valorisé afin de concentrer les efforts d'intervention dans une zone précise. De nouveaux outils d'expérimentation ont été élaborés, dont le plan d'aménagement agricole intégré (PAAI) conçu en fonction des priorités d'aménagement du territoire que sont le développement territorial, la compétitivité économique et la préservation d'une agriculture durable. Par la suite, les groupes de travail ont œuvré à préciser le cadre réglementaire du PAAI, la planification des boisés d'intérêt et la réalisation d'un programme d'intervention consacré au développement de la zone prioritaire.

La mise en valeur du territoire agricole s'accompagne de projets plus spécifiques d'utilisation rationnelle des pesticides et de partenariat avec le milieu. À titre d'exemple, la Croisée de Longueuil, un organisme à but non lucratif, y gère des jardins collectifs et pratique la réinsertion sociale en horticulture biologique. Un projet de création de parc agricole biologique est aussi envisagé et devrait faire l'objet de planification de développement dans la phase 2 du projet pilote.

Plusieurs partenaires de choix se sont impliqués dans ce projet notamment le ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, l'Union des producteurs agricoles. Ils seront appelés à poursuivre leur travail dans les différentes étapes subséquentes du projet dans sa phase de mise en valeur.



# Quand le rapport aux aliments détermine le rapport à la terre : Données assemblées et expériences vécues

FRÉDÉRIC PARÉ

Équiterre, 2177 Masson, Bureau 317, Montréal, QC, H2H 1B1.  
Courriel : fpare@equiterre.qc.ca

**Mots clés:** Rapport à la terre, données et expériences.

Nos rapports aux aliments et à l'agriculture se mesurent et se qualifient par nos comportements sur le plan individuel et par nos politiques sur le plan collectif. La recherche incessante d'aliments à bas prix, l'augmentation fulgurante de la consommation des aliments transformés, préparés ou précuits, des pommes et kiwi de la Nouvelle-Zélande ou des raisins du Chili témoignent d'un rapport de moins en moins territorialisé à notre alimentation. D'ailleurs, seulement 51% des aliments consommés au Québec proviennent du Québec.

À l'inverse, de nouveaux systèmes alimentaires sont en émergence et semblent répondre à une préoccupation montante à l'égard de la provenance des aliments, aux pratiques agricoles, à l'équité et la justice des systèmes alimentaires. Les marchés publics, les «Garderies bio», l'agriculture soutenue par la communauté (asc), les kiosques à la ferme, les appellations d'origine ou l'agrotourisme, sont autant de manifestations du souci d'une partie grandissante de la population à l'égard du système alimentaire. Les sondeurs nous disent que ces consommateurs sont à la recherche d'authenticité et de sens pour l'agriculture.

Sur le plan collectif, à la faveur d'une politique d'autosuffisance alimentaire dans les années 70, des mesures collectives de protection des territoires agricoles et de gestion de l'offre alimentaire ont permis de faire des gains sur le plan du rapport entre la consommation et la production d'aliments, sur une base territoriale, le Québec en l'occurrence. Depuis le milieu des années 80, notre rapport collectif à l'agriculture semble davantage se formuler en terme de conquête des marchés. Le sommet des décideurs de 1998 le confirme en tout cas. Ce rapport a contribué à renforcer l'idée qu'il n'y a pas nécessairement lieu d'entretenir un lien territoriale entre la production et la consommation d'aliments.

Une large part de nos terres et activités agricoles (lait, œufs, volailles, grains, porc, légumes de conserverie) est consacrée à fournir les marchés dits de «masse» pour lesquels les stratégies marketing sont fondées sur les prix. Les produits agricoles cultivés ou élevés sur ces terres nourrissent de moins en moins les communautés rapprochées. C'est notamment le cas des meilleures terres du Québec qui se trouvent la plus part du temps près des grandes villes. S'en suivent des problèmes de cohabitation ou à tout le moins un regard nouveau des citoyens sur l'agriculture et la terre. Le cas des porcheries ou de la culture du maïs sur d'immenses étendues sont à cet égard patent. Les élus et administrateurs municipaux qui ont des responsabilités en aménagement des territoires ne sont pas moins que leurs concitoyens soumis à ces mêmes réalités, marchandes et politiques. Du moins, nous n'avons de raison de croire qu'ils entretiennent un rapport différent aux aliments et à l'agriculture.

Les solutions doivent donc s'adresser autant aux rapports individuel que collectif. En toile de fond, c'est le sens et le rôle de l'agriculture qui se posent. Est-elle un moteur économique pour ses «opérateurs» ou un moyen de nourrir une communauté politique sur un territoire donnée, une communauté qui convient ensemble de quelque chose par rapport à cette activité ?

## Effet de lisier de porc déshydraté sur la disponibilité du zinc dans quelques sols du Québec

ALIDOR DUMBI KABESA, ANTOINE KARAM, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT

Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, QC, G1K 7P4.  
Courriel : alidordumbi@hotmail.com

**Mots-clés :** adsorption, propriétés du sol.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet du lisier de porc déshydraté (LIOR) contenant du zinc (Zn) sur l'adsorption du Zn ajouté sous forme de  $ZnCl_2$  dans cinquante cinq sols du Québec. Les sols variaient selon la texture, la capacité d'échange cationique (CEC), le pH et le contenu en matière organique (MO) et en oxyhydroxydes de Fe, de Al et de Mn. Comme l'adsorption du Zn était en partie attribuable a priori à la CEC, un sous objectif consistait à développer une équation de pédotransfert pour la CEC dans ces sols. L'adsorption du Zn en présence du lisier de porc déshydraté a été faite en deux répétitions sur l'ensemble des 55 sols étudiés. Un gramme de sol a été mis en suspension avec 20 ml d'une solution concentrée de LIOR contenant  $15 \text{ mg L}^{-1}$  de Zn extractible à l'eau. Après 48 h d'agitation, le Zn en solution a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique. Un autre sous objectif était d'évaluer la relation entre l'adsorption du Zn apporté sous forme de sel et quelques propriétés physico-chimiques des sols. L'adsorption du Zn a été réalisée en ajoutant à un gramme de sol une solution de  $CaCl_2$  0,01M contenant des concentrations croissantes de Zn. Les données d'équilibre ont été ajustées aux formes linéaires des modèles d'adsorption de Freundlich ( $\log q = \log K_F + 1/n \log C$ ) et de Langmuir ( $C/q = 1/kb_L + C/b_L$ ). Des coefficients de corrélation simple (r) significatifs ont été obtenus entre les constantes  $K_F$  de Freundlich et  $b_L$  de Langmuir et les propriétés édaphiques suivantes : pourcentage de particules argileuses,  $pH(CaCl_2)$ , CEC, Ca échangeable, somme des cations basiques échangeables, et contenu en oxyhydroxydes de Fe, de Al et de Mn. Les résultats montrent que le lisier de porc déshydraté réduit la rétention du Zn dans les sols selon leurs propriétés intrinsèques.

# Utilisation d'un compost commercial à des fins de mise en végétation d'un résidu minier riche en cuivre et en calcium

ARNAUD DE CONINCK ET ANTOINE KARAM

Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, QC, G1K 7P4.  
Courriel : arnaud-sidney.de-coninck.1@ulaval.ca

**Mots-clés :** matière organique, ray-grass.

Les matières organiques compostées contiennent des éléments nutritifs utiles pour la croissance des plantes. L'objectif principal de cet essai est de déterminer si l'apport d'une matière organique fertilisante acide à un résidu minier (RM) neutre à légèrement alcalin, à base de cuivre et de calcium, peut à la fois diminuer le pH du substrat et permettre la croissance d'une graminée dans le milieu. La matière organique fertilisante sélectionnée est un compost commercial à base de farine de crevettes et de mousse de tourbe. L'essai de mise en végétation a été effectué en serre. La graminée sélectionnée est le ray-grass (*Lolium multiflorum* Lam.). Les doses de compost utilisées sont 0, 10, 15, 20 et 25% sur une base de poids humide de compost. La durée de croissance du ray-grass était de 14 semaines. Les traitements ont été répétés deux fois et disposés selon un dispositif complètement aléatoire. Les résultats obtenus montrent un effet très hautement significatif du compost sur la diminution du pH du substrat. L'apport de doses croissantes de compost a augmenté de façon marquée le rendement en matière sèche de la plante. Les résultats de cet essai indiquent que le RM amendé avec le compost constitue un milieu propice pour le développement racinaire du ray-grass. Le pH du substrat constitue un facteur important pour la croissance du ray-grass dans le résidu minier.

# Disponibilité du cuivre dans un résidu minier amendé avec de matériaux biologiques

ANAÏS CHARLES ET ANTOINE KARAM

Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, QC, G1K 7P4.

Courriel : anais.charles.1@ulaval.ca

**Mots-clés :** solubilité, résidus de citron, mycorhize.

La présente étude a pour objectif de déterminer l'évolution de l'indice de disponibilité du cuivre (Cu) dans un résidu minier de cuivre (RM) légèrement alcalin amendé par deux types de matériaux biologiques. Le protocole expérimental comprenait un essai d'incubation en conditions contrôlées de température et d'humidité avec aération périodique. Deux matériaux biologiques ont été choisis, soit un substrat potager commercial contenant sept propagules actives de *Glomus intraradices*/g (SM) et un substrat acide composé d'épluchures de citron séchées et broyées (RC). Des échantillons de 500 g de RM ont été amendés avec quatre doses de SM (0, 1,25%, 5% et 10%) et deux doses de RC (0 et 2%). Quatre périodes d'incubation (0, 2, 4 et 8 semaines) ont été choisies pour suivre l'évolution des formes du Cu dans le temps. Les traitements ont été répartis aléatoirement à l'intérieur de trois blocs. Après chaque période d'incubation, le métal (Cu) a été fractionné dans les formes facilement labile (DTPA et 1M NH<sub>4</sub>OAc) et faiblement labile (Mehlich 3). Les résultats de l'analyse de variance montrent, en général, un effet simple significatif des doses de RC et de SM sur les quantités de Cu extractibles. Les deux matériaux biologiques interagissent également de façon significative sur les deux formes de Cu extraites. En général, la fraction facilement labile de Cu (Cu-DTPA) a été positivement corrélée avec le contenu en matière organique (MO) et le pH des RM. Par contre, la fraction faiblement labile (Cu-Mehlich 3) a été négativement corrélée avec le contenu en MO et le pH des RM. Les résultats de cette étude ont permis de démontrer que l'indice de disponibilité du Cu dans les RM amendés est significativement affecté par le temps d'incubation et les doses de RC et de SM.

# Effets du chaulage sur la disponibilité du Ca et du Mg dans un sol sableux cultivé avec du maïs

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

Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, QC, G1K 7P4.

Courriel : michelotcasseus@yahoo.com

**Mots-clés** : chaux agricole, chaux dolomitique, métaux, maïs.

Dans les sols acides, le chaulage est généralement utilisé pour créer des conditions optimales de pH et pour mitiger la toxicité de certains métaux. Cependant, l'impact d'une telle pratique sur la disponibilité du calcium (Ca) et du magnésium (Mg) dans les principales fractions du sol en relation avec leur absorption par les plantes est peu documenté au Québec. C'est dans ce contexte qu'un essai en colonne (diamètre interne 15 cm par 40 cm de long) a été réalisé afin de déterminer les effets de l'ajout de deux types de chaux sur la répartition du Ca et du Mg dans trois fractions d'un sable acide (pH 5,1) ainsi que sur la production de biomasses aérienne et racinaire du maïs (*Zea mays* L.). À cet effet, plusieurs portions de sol (7,3 kg) ont reçu des taux de 0, 0,51, 1,02, 2,04, 4,08, et 0, 0,41, 0,82, 1,64, 3,28 g kg<sup>-1</sup> de pierre à chaux agricole (PCA) et de chaux dolomitique (CD) respectivement. Après la récolte, les deux cations ont été fractionnés dans les formes solubles (BaCl<sub>2</sub>-TEA 0,5M, pH 8,2), échangeables (HCl 0,5 N) et résiduelles. Les analyses ont été effectuées sur les couches 0-10 cm et 20-30 cm. Des analyses élémentaires totales ont également été réalisées sur les tissus du maïs après la récolte. Les résultats obtenus démontrent que les fractions solubles et échangeables de Ca et Mg sont les plus affectées par les doses de chaux. En général, les quantités de Ca et Mg solubles ont été négativement corrélées avec les formes échangeables de Fe, Al, Mn et Zn (1M MgNO<sub>3</sub>, pH 7) du sol. Les fractions solubles et échangeables de Ca et Mg représentaient, respectivement, en moyenne 58,3 et 20,7 % en présence de CD, 52,8 et 16,7 % en présence de PCA, et 49,0 et 11,4 % dans le cas du témoin. L'accumulation de Ca et de Mg dans les tiges, les feuilles et les racines du maïs a augmenté linéairement avec les doses de chaux bien que des différences significatives entre les deux types de chaux ont été observées seulement pour les concentrations de Mg dans les tiges et les feuilles et de Ca dans les tiges. Par ailleurs, dans la couche 20-30 cm, les effets des deux types de chaux sur les fractions de Ca ont été plutôt variables, par contre, les fractions solubles+échangeables ont augmenté dans les deux couches de sol et en présence des deux types de chaux. Parallèlement, une diminution linéaire des concentrations en Al et une augmentation linéaire de celles de P et K dans les feuilles du maïs ont été observées avec les doses croissantes de chaux. En général, l'application de PCA et CD, tout en contribuant significativement à l'augmentation du pH (0-10 cm) et à la production de biomasses aérienne et racinaire du maïs, a affecté significativement l'accumulation de plusieurs éléments (Ca, Mg, K, P et Al) dans les tissus de la plante.

# Fractionnement de l'azote dans la culture du lin

DENIS PAGEAU ET JULIE LAJEUNESSE

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures,  
1468 rue Saint-Cyrille, Normandin, QC, G8M 4K3.  
Courriel pageaud@agr.gc.ca

**Mots clés:** Fertilisation azotée, fractionnement, lin, rendement.

Au Québec, la culture du lin oléagineux (*Linum usitatissimum* L.) est encore marginale mais cette production semble prendre de l'ampleur. Dans l'Ouest canadien, il est recommandé d'appliquer de 35 à 80 kg d'azote ha<sup>-1</sup> (Flax Council of Canada, 1996). Une étude précédente a cependant démontré que des applications d'azote de 40, 80 ou 120 kg ha<sup>-1</sup> effectuées en pré-semis incorporé ont peu d'impact sur le rendement en grains du lin (Pageau et coll. 2006). De 2003 à 2005, un essai a été réalisé à la ferme de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin afin de vérifier l'effet de la fertilisation azotée appliquée en une seule dose en pré-semis incorporé ou fractionnée (la moitié de la dose en pré-semis et l'autre moitié en post-émergence lorsque la plante avait une taille de 10 cm). Trois doses d'azote ont été évaluées: 15, 30, et 45 kg ha<sup>-1</sup> et un témoin où il n'y avait aucune application d'azote. L'expérience a été réalisée avec le lin oléagineux cv. AC McDuff selon un dispositif expérimental factoriel en blocs complets aléatoires avec 4 répétitions. En 2003, une application de 45 kg N ha<sup>-1</sup> a réduit de façon significative les rendements en grains comparativement à 0 kg N ha<sup>-1</sup>. La fertilisation azotée n'a pas eu d'effet sur le rendement en grains en 2004 et en 2005. Comparativement à l'application unique de la fertilisation azotée, le fractionnement de l'azote n'a pas eu d'effet sur le rendement en grains. De plus, la fertilisation azotée n'a pas eu d'effet significatif sur l'indice de verse, le contenu en huile et le rendement en paille au cours des trois années de l'essai. Ainsi, il n'y aurait pas d'avantage à fractionner la fertilisation azotée dans la production de lin oléagineux.

## Références

Flax Council of Canada. 1996. Growing Flax: Production, Management and Diagnostic Guide. Pp 9-15.  
Pageau, D., Lajeunesse J. et Lafond, J. 2006. Effet du taux de semis et de la fertilisation azotée sur la productivité du lin oléagineux. *Can. J. Plant Sci.* (sous presse).

# Impact de la fertilisation azotée sur la productivité de l'alpiste des Canaries

JULIE LAJEUNESSE ET DENIS PAGEAU

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 1468 rue Saint-Cyrille, Normandin, QC, G8M 4K3.  
Courriel : lajeunesseju@agr.gc.ca

**Mots clés:** Fertilisation azotée, alpiste, rendement.

Dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, les plantes fourragères et les céréales sont les principales cultures. Cependant, l'introduction de nouvelles espèces permettrait de diversifier les rotations et de réduire l'incidence de certaines maladies. L'alpiste des Canaries (*Phalaris canariensis* L.), dont les grains sont le constituant principal des mélanges alimentaires destinés aux oiseaux, est considéré comme une culture annuelle bien adaptée aux conditions fraîches et humides. Cette culture pourrait ainsi être introduite dans les régions à climat frais du Québec. Au Canada, l'alpiste des Canaries est principalement cultivé dans les provinces de l'Ouest où 356 000 ha ont été ensemencés en 2004 (AAC, 2005). En Saskatchewan, il est recommandé d'appliquer de 40 à 45 kg ha<sup>-1</sup> d'azote (Saskatchewan Agriculture and Food, 2002). Au Québec, aucune recherche n'a été publiée concernant la production de cette graminée. Afin d'établir les besoins en azote de l'alpiste des Canaries, un essai a été entrepris de 2003 à 2005. Quatre doses d'azote (0, 20, 40, 60 kg ha<sup>-1</sup>) ont donc été évaluées afin de déterminer la fertilisation azotée optimale pour cette culture. L'expérience a été réalisée avec le cultivar à grains glabres CDC Maria selon un dispositif expérimental en blocs complets aléatoires comprenant 4 répétitions. En 2003, la fertilisation azotée a eu un effet significatif sur les rendements en grain. Cependant, les rendements les plus élevés ont été obtenus lorsque aucune fertilisation azotée n'avait été appliquée. Au cours des saisons 2004 et 2005, la fertilisation azotée n'a eu aucun effet sur la productivité de l'alpiste des Canaries. En 2005, les rendements moyens en grains étaient très faibles dû aux conditions climatiques exceptionnellement chaudes et sèches qui prévalaient durant les mois de mai et juin. Les résultats de cet essai indiquent que la fertilisation azotée a peu d'impact sur la productivité de l'alpiste des Canaries et qu'une faible fertilisation azotée devrait être envisagée.

## Références

- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2005. *Le bulletin bimensuel. Alpiste des Canaries : Situation et perspectives*. Vol.18 no 6, 4 pages.
- Agriculture and Food Saskatchewan. 2002. *Canaryseed in Saskatchewan*. Document en ligne: [http://www.agr.gov.sk.ca/DOCS/crops/special\\_crops/production\\_information/canaryseed.asp](http://www.agr.gov.sk.ca/DOCS/crops/special_crops/production_information/canaryseed.asp)

# Flux d'azote et de phosphore dans les sols de bleuétière

JEAN LAFOND<sup>1</sup> ET NOURA ZIADI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 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.

Courriel : lafondj@agr.gc.ca

**Mots clés :** bleuët nain sauvage, nitrate, ammonium.

Le bleuëtier nain sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait) est peu exigeant et est adapté à des milieux pauvres en éléments nutritifs et à des sols acides (Hall 1978). Des résultats provenant du Maine ont indiqué que la culture du bleuët répondait positivement à la fertilisation azotée et phosphatée (Smagula et Dunham 1995). La réponse aux engrais phosphatés n'a toutefois jamais été observée dans l'est du Canada (Lapierre et al. 1999; Ring et al. 2004). D'après ces résultats, la disponibilité du phosphore est peu corrélée avec les besoins de cette culture (Ring et al. 2004). L'objectif de cette étude était de déterminer la contribution en azote minéral et en phosphore d'un sol de bleuétière. Des membranes d'échange anionique et cationique ont alors été utilisées pour évaluer la disponibilité de l'azote et du phosphore du sol. Ces membranes ont été insérées dans la couche de matière organique de surface à trois reprises durant l'année de végétation (15 jours avant l'application des engrais, à l'application des engrais et 1 mois après l'application des engrais) et à deux reprises durant l'année de production du bleuët (au départ de la végétation et un mois plus tard). Les traitements ont consisté en quatre doses d'azote (0, 30, 60 et 90 kg N ha<sup>-1</sup>) et de phosphore (0, 30, 60 et 90 kg P ha<sup>-1</sup>) appliquées au printemps de l'année de végétation. La teneur en ammonium et en nitrate mesurée sur les membranes cationiques et anioniques a augmenté significativement 1 mois après l'application des engrais et à la fin de l'année de végétation. La contribution du sol en azote ammoniacal et en nitrate a été faible comparativement aux accroissements mesurés avec les engrais azotés. La nitrification de l'azote ammoniacal a été observée uniquement durant l'année de végétation. Le phosphore absorbé sur les membranes anioniques a augmenté significativement 1 mois après l'application des engrais, à la fin de l'année de végétation et également durant l'année de production. La contribution du sol en phosphore a été faible comparativement aux engrais minéraux. Les membranes d'échange ont été sensibles aux flux d'azote et de phosphore dans le sol. Par ailleurs, le phosphore a été disponible aussi bien l'année de végétation que l'année de production. Toutefois, le potentiel de minéralisation de ce sol a été très faible en considérant les quantités d'azote et de phosphore mesurées dans le sol au cours de l'année de végétation et de production.

## Références

- Hall, I.V. 1978. *Vaccinium* species of horticultural importance in Canada. *Hortic. Abstr.* **48**:441-448.
- Lapierre, C., Simard, R.R. et Zizka, J. 1999. Effets des méthodes de taille et de la fertilisation sur la croissance et la productivité du bleuët nain de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Rapport final. Entente auxiliaire Canada-Québec, programme essais et expérimentation en agroalimentaire. 133 p.
- Ring, R.A., Warman, P.R. Stratton, G.W. et Eaton, L.J. 2004. Determining available soil phosphorus in Nova Scotia blueberry soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **35**:2449-2463.
- Smagula, J.M. et Dunham, S. 1995. Diammonium phosphate corrects phosphorus deficiency in lowbush blueberry. *J. Small Fruit and Viticulture* **3** (4):183-191.



# Impacts du désherbage mécanique et de la fertilisation sur la qualité du sol et la productivité du blé panifiable

PIERRE-ANTOINE GILBERT<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, ET DENIS A. ANGERS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département de phytologie, Québec, QC, G1K 7P4 ;

<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.

Courriel : gilbertpa@hotmail.com

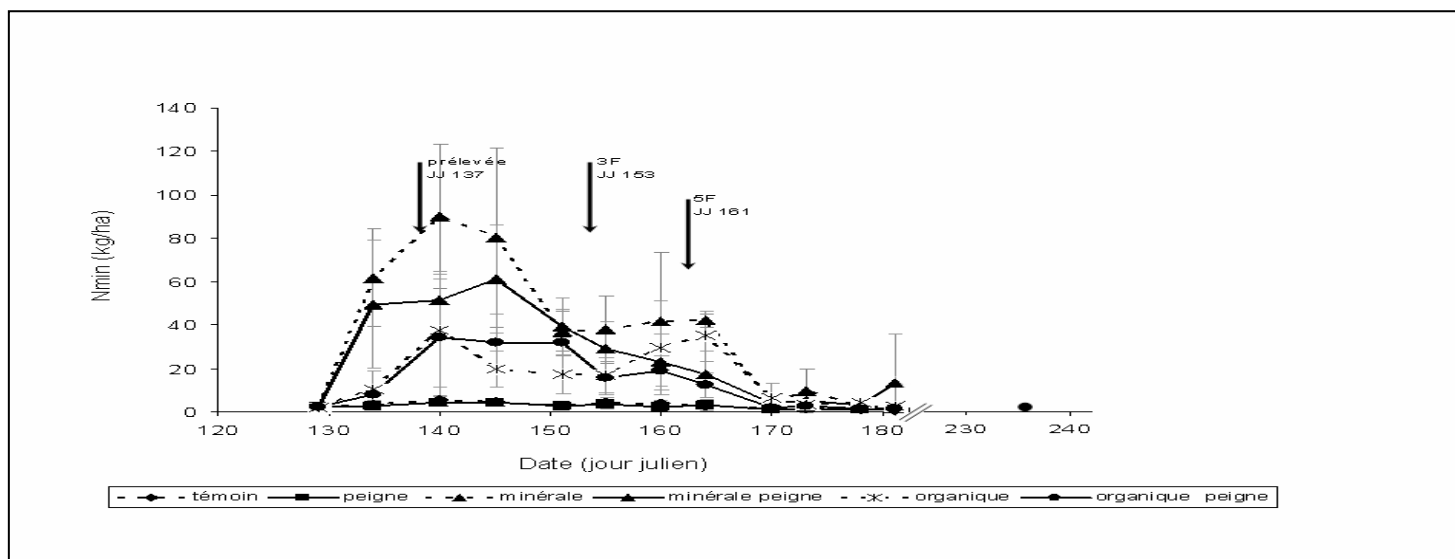
**Mots clés :** désherbage mécanique, blé panifiable, fertilisation.

Au cours des dernières années, le désherbage mécanique a connu un essor considérable au Québec. Selon Coulombe (2003), peu d'études ont documenté les effets des outils de désherbage sur les propriétés du sol. L'objectif général du projet est donc d'évaluer les impacts du désherbage mécanique et de la fertilisation sur la structure et les teneurs en azote minéral du sol et la productivité du blé panifiable.

Les stratégies de désherbage consistaient en différents passages de la herse-étrille (peigne) aux stades prélevée, 3 F et 5F de la culture de blé. Chaque stratégie fut réalisée sur une parcelle non fertilisée et comparée à une fertilisation inorganique et organique et ce, selon quatre répétitions. Les essais ont été mis en place sur deux types de sol, soit un loam limoneux à St-Augustin et un loam argileux à St-Hyacinthe. La culture a été implantée sur un précédent cultural de soya non labouré. Les échantillons de sol ont été prélevés à tous les quatre jours (treize fois au total) dans les couches 0-5 et 5-20 cm. Les teneurs en N minéral ( $\text{NH}_4$  et  $\text{NO}_3$ ) ont été déterminés par colorimétrie après extraction au KCl. L'analyse des agrégats stables à l'eau a également été réalisée avant et après les traitements.

Pour cette première année de résultats, les différentes stratégies de désherbage n'ont pas augmenté les teneurs en N minéral du sol et n'ont pas affecté la structure du sol. Des rendements de blé équivalents ont été obtenus pour ces traitements de désherbage, sauf pour la stratégie qui impliquait trois passages de peigne, qui a occasionné une diminution de rendement de 270 kg/ha en comparaison avec le témoin, au site de St-Hyacinthe. L'application du fertilisant organique Actisol a entraîné des teneurs en azote minéral et un rendement plus faible que la fertilisation inorganique au site de St-Hyacinthe alors qu'aucune différence entre les deux types de fertilisation n'a été observée à St-Augustin. De façon générale, les quantités d'azote mesurées au site de St-Augustin étaient plus élevées qu'au site de St-Hyacinthe. En 2006, la mise en place du même dispositif aux deux sites nous permettra de valider ces résultats.

## Évolution des teneurs en N minéral du sol (0-5 cm) selon les stratégies de désherbage et de fertilisation (St-Hyacinthe, 2005)



## Référence

Coulombe, A.-M. 2003. Revue de littérature sur les impacts potentiellement négatifs du désherbage mécanique sur le sol et l'environnement. Document présenté à la stratégie phytosanitaire du MAPAQ.

# Comparaison entre les types de fertilisants pour le maïs-ensilage suivant une culture conventionnelle ou en semis-direct

HICHAM BENSLIM ET JOANN WHALEN

Université McGill, Collège Macdonald, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC H9X 3V9.  
Courriel : hicham.benslim @mcgill.ca

**Mots clés:** fumier, fertilisant, engrais, nutritif, rendement.

## Introduction

Le fumier de bétail a été longtemps connu comme un excellent fertilisant du sol qui peut améliorer la qualité du sol et fournir des éléments nutritifs pour la production végétale<sup>(1)</sup>. Au Québec, l'application du fumier est limitée quand la saturation du sol en phosphore (P) (rapport de Mehlich-3 P/Mehlich-3 Al) est plus que 7.6% (des sols contenant plus que 30% d'argile) ou 13.1% (des sols contenant moins que 30% d'argile)<sup>(2,3)</sup>. En conséquence, beaucoup de producteurs rencontrent actuellement des restrictions agroenvironnementales sur l'ajout du P au sol. Ces producteurs devraient équilibrer soigneusement la quantité de P provenant du fumier avec les exigences de la culture. Notre objectif était de déterminer l'effet à long terme de telles pratiques de fertilisation sur des rendements de maïs et la saturation du sol en P.

## Matériels et résultats

L'étude a été réalisée sur une terre sablonneuse (Gleysol humique) à l'université McGill, Ste-Anne-de-Bellevue, QC. La saturation du sol en P du sol à l'emplacement était 11.1% en mai 2000, au commencement de l'étude. Les parcelles principales ont contenu des combinaisons factorielles de trois rotations de cultures (maïs/maïs, soya/maïs et maïs/soya) avec deux traitements de labourage (semence directe et conventionnelle). Chaque parcelle principale a été divisée en quatre bandes qui ont reçu quatre quantités différentes du fumier composté, 0, 15, 30 et 45 Mg/ha (poids humide); la plus grande quantité (45 Mg/ha) a fourni la quantité de P requise par le fourrage ensilé de maïs, et les éléments nutritifs (N, P et K) exigés ont été assurés par des engrais inorganiques. Entre 2000 et 2004, les rendements du fourrage ensilé de maïs ont varié entre 8 et 21 Mg/ha dépendamment de la saison de croissance. Dans trois des cinq années étudiées, la production d'ensilage de maïs avec le traitement de labourage conventionnel était plus grande que celle produite avec la semence directe. Cependant, la quantité de P absorbée par l'ensilage de maïs et ses rendements n'étaient pas été affectés par la quantité d'engrais appliquée. Ceci suggère que l'application du fumier pour fournir le P requis par le maïs avec des fertilisants inorganiques supplémentaires N et K fournisse des éléments nutritifs suffisants pour la production d'ensilage de maïs. La saturation des échantillons de sol en P (jusqu'à 60 centimètres) de chaque parcelle a été mesurée. Sur la couche située entre 0 et 15 centimètres du sol, il y avait une augmentation de la saturation du sol P pendant cette étude.

## Conclusion

La variation saisonnière du rendement de la récolte rend difficile de prévoir à priori la quantité de P absorbée par la récolte à la fin de la saison de croissance. Par conséquent, la quantité de fertilisants additifs aux sols a tendance à être en excès par rapport à la quantité requise par les plantes. Les implications pour la gestion à long terme d'engrais en utilisant l'approche basée sur l'équilibre nutritif dans le cas d'un traitement de labourage conventionnel et celui de semis direct seront discutées.

## Références

1. Haynes, R.J. and Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 51: 123-127.
2. Beauchemin, S. and Simard, R.R. 1999. Soil phosphorus saturation degree: review of some indices and their suitability for P management in Québec, Canada. *Can. J. Soil Sci.* 79:615-625.
3. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003. Guide de référence en fertilisation. 1<sup>re</sup> édition. CRAAQ, Ste-Foy, Québec.
4. Carefoot, J.P. and Whalen, J.K. 2003. Phosphorus concentrations in subsurface water as influenced by cropping systems and fertilizer sources. *Can. J. Soil Sci.* 83: 203-212.

# Comparaison des normes DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) et CND (Compositional Nutritional Diagnosis) pour des clones de peuplier hybride plantés dans le Sud du Québec

WILGENS RENE<sup>1,2</sup>; CLAUDE CAMIRE<sup>1</sup>; BENOÎT COTE<sup>2</sup>; MAGGDALENA BURGESS<sup>2</sup>; ET JAMES W. FYLES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Université, Québec, QC, G1K 7P4;

<sup>2</sup>Université McGill, Département des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, 21,111 Lakeshore, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec H9X 3V9.

Courriel : wilgens.rene.1@ulaval.ca

**Mots clés :** CND, Croissance, DRIS, SPAD.

Chaque année au Québec, des centaines d'hectares de terrains sont consacrés à la production de peupliers hybrides. Cependant, peu d'études ont été réalisées sur la nutrition et les modes de gestion des nutriments pour la production de bon nombre d'hybrides. Le présent travail vise à développer et comparer des normes DRIS et CND pour le diagnostic et l'interprétation des besoins nutritionnels des plantations de trois clones de peupliers établies sur des sols agricoles en Estrie et dans le Centre du Québec.

À l'automne 2003, trois dispositifs de fertilisation (St-Camille, Ste-Catherine-de-Hatley, L'Avenir) avec chacun deux plantations de 250 arbres/plantation à densité de 3 m x 3 m ont été mis en place. À l'Avenir, les deux plantations sont constituées du même clone de peuplier (915508), tandis qu'à St-Camille et à Ste-Catherine-de-Hatley, les plantations sont constituées respectivement du clone 3729 et du clone 915303. Au printemps 2004, on a fertilisé avec N, P, K, Ca et Mg (3 niveaux, plan factoriel,  $3^5 = 243$  traitements différents). La fertilisation a été réalisée par pied d'arbres sur un rayon de 1,5 m et chaque arbre a reçu de façon aléatoire une des combinaisons de fertilisation. Des mesures de diamètre, hauteur totale et masse foliaire unitaire ainsi que la détermination de la chimie foliaire des arbres ont été effectuées à l'automne 2003, 2004 et 2005. À l'été 2005, la surface foliaire unitaire et les indices SPAD ont été déterminés et la chimie foliaire (N, P, K, Ca, et Mg) de 30 arbres/plantation à raison de 10 arbres/niveau de N a été déterminée. Les normes DRIS et CND ont été développées en utilisant comme mesure de croissance les scores factoriels résultant de l'analyse en composantes principales de l'accroissement 2003-2005 en hauteur totale et en surface terrière des arbres et la masse foliaire unitaire 2005.

Les indices SPAD présentent des corrélations positives et statistiquement significatives avec les concentrations foliaires en N. Le traitement préliminaire des données après la deuxième année d'application des traitements montre que les deux plantations du clone 915508 à l'Avenir ne présentent aucun déséquilibre nutritif ce qui ne permet pas le développement des normes nutritionnelles pour ce clone. Les plantations des deux autres clones (3729 et 915303) présentent toutefois des déficiences relatives en nutriments ce qui rend possible le développement de normes nutritionnelles pour ces clones. Il n'existe aucune différence statistiquement significative pour les indices CND de N, K, et Mg entre les deux clones. Cependant, les indices CND de P et Ca des deux clones diffèrent significativement. L'indice P est plus élevé ( $-1,69 \pm 0,025$ ) pour le clone 3729 que pour le clone 915303 ( $-1,87 \pm 0,08$ ) tandis que l'indice Ca est plus élevé pour le clone 915303 ( $-0,58 \pm 0,014$ ) que pour le clone 3729 ( $-0,78 \pm 0,10$ ). Ces résultats suggèrent que les différences entre les normes nutritionnelles de ces deux clones sont relativement faibles.

# Typologie des indices de sorption et de désorption en P des sols canadiens

LOTFI KHIARI<sup>1</sup>, MAHTALI SBIH<sup>2</sup>, ET ERIC VAN BOCHOVE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4;

<sup>2</sup>Consultant en sol-environnement et associé de recherche à l'Université Laval, 2315, Avenue Bardy, Québec, QC;

<sup>3</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.

Courriel : lotfi.khiari@sga.ulaval.ca

**Mots clés:** Typologie des indices de saturation des sols en P, degré de saturation en P, P désorbé, P dans les eaux de dissipation.

La perte du phosphore d'origine agricole est l'une des principales causes de dégradation de la qualité des eaux de surface. Il ressort des discussions de la communauté scientifique, l'importance de l'analyse du sol dans l'évaluation du risque de pertes de P au niveau parcellaire. Or, cette évaluation est complexe puisqu'elle fait intervenir les mécanismes de sorption et de désorption des phosphates, généralement très variable selon la réaction du sol (sol acide ou calcaire), et sa nature (sol organique ou minéral). C'est à partir de ce postulat que le concept du degré de saturation en phosphore DSP a été développé en Hollande et utilisé avec succès aux USA et au Québec. Or les analyses impliquées dans la détermination du DSP sont très longues et nécessitent des conditions particulières. Pour pallier à ces contraintes, plusieurs indices de saturation en P (ISP) et de désorption (Pw) ont vite substitué le DSP dans les sols acides. Suite à une multitude d'expressions des ISP développés dans plusieurs situations tant au niveau national qu'au niveau international durant les dernières années (2000-2006), il est nécessaire de procéder par une synthèse (Figure 1) des concepts de saturation des sols en phosphore dans l'objectif d'établir une typologie de l'ISP (3 grandes catégories de mécanismes de sorption-désorption du P dans les 3 grandes situations agro-pédologiques canadiennes (sols calcaires, sols non calcaires, et sols organiques))

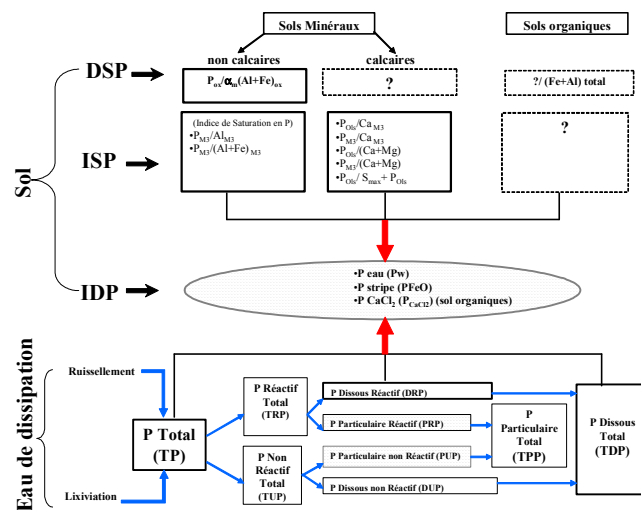


Figure 1. Typologie des indices de saturation et de désorption en P des sols canadiens.

# Double-baril à bascule pour la mesure des eaux de ruissellement à haut débit

MARC-OLIVIER GASSER<sup>1</sup>, ROBERT LAGACÉ<sup>2</sup>, MARC R. LAVERDIÈRE<sup>1</sup>, LOUIS O. SAVARD<sup>3</sup>, ET DAVID VALLIÈRES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Centre de recherche, 2700, rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8;

<sup>2</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4

<sup>3</sup>GPCo inc., Varennes, QC;

<sup>4</sup>CRO de Bellechasse, Saint-Charles, QC.

Courriel : marc-o.gasser@irda.qc.ca

**Mots clés:** ruissellement, érosion hydrique, auget basculant, captage des eaux.

Les systèmes pour la mesure des eaux de ruissellement dans les parcelles expérimentales doivent être fiables et capables de mesurer des volumes d'eau sous des débits très variables. Des contraintes de coût qui augmentent selon le nombre de parcelles suivies sont également à considérer au moment de la conception de ces systèmes. L'auget basculant est un système abordable et fréquemment utilisé dans les parcelles d'érosion. Il peut mesurer les événements à faible débit avec une précision acceptable. Par contre, à débit élevé ou lorsque la fréquence de bascules est supérieure à 20 bascules/min, l'erreur relative est supérieure à 3% et augmente de façon exponentielle avec le débit (Khan et Ong 1997). Sur une parcelle de 60 m<sup>2</sup>, le débit maximal pouvant être mesuré à l'aide d'un auget d'un litre avec moins de 3% d'erreur relative serait de 20 litres/min ou 20 mm/h. Au Québec, des intensités de précipitations de 30 mm/h d'une durée d'une heure et de 80 mm/h sur 15 minutes sont récurrentes à tous les cinq ans; ce qui limite la capacité des augets basculants à mesurer le ruissellement sous de telles intensités de précipitations. Pour palier à ce problème, nous avons développé un système de mesure basé sur la vidange en alternance de deux barils de 75 litres, capable de mesurer des volumes d'eau à la fois sous de faibles et forts débits de ruissellement avec une précision acceptable. Chaque baril est équipé d'une bouée flottante qui active un mécanisme lorsqu'un niveau d'eau constant est atteint. La bouée flottante de l'autre baril agit comme contre poids pour faire basculer une gouttière. Cette dernière active un compteur et soulève à son tour un clapet de vidange dans le baril plein. L'eau de ruissellement est à ce moment redirigée vers le baril vide qui se remplit jusqu'à l'atteinte d'un nouveau volume fixe de 75 litres. Le coût des matériaux pour un tel système s'établit à moins de 150\$, lorsque des barils recyclés sont utilisés. Le système peut mesurer des grands volumes d'eau (75 litres) avec une précision relative inférieure à  $\pm 1\%$  (1 écart type) lorsque chaque baril est calibré individuellement. Pour des parcelles de 75 m<sup>2</sup>, la résolution et la précision (Prob  $t < 0,05$ ) d'un tel système serait de  $1 \pm 0.02$  mm par vidange avec des débits de ruissellement pouvant atteindre 120 mm/h. Ce système a été utilisé en 2000 et 2001 pour mesurer l'érosion sur un site comprenant 30 parcelles à la station expérimentale de Lennoxville et depuis 2002 sur un site de la station de Saint-Lambert comprenant 15 parcelles (Gasser et al. 2002; Vallières, 2005).

## Références

Gasser, M.O., M.R. Laverdière, R. Lagacé, G. Barnett et J. Caron. 2002. Valorisation du lisier de porc dans les cultures d'orge et de canola et impact sur la qualité des eaux de surface et de drainage. Rapport de recherche présenté à la Fédération des producteurs de porcs du Québec et au Conseil canadien du porc. 63 p.

Khan, A.A.H. et C.K. Ong. 1997. Design and calibration of tipping bucket system for field runoff and sediment quantification. *Journal of Soil and Water Conservation* **52**, 437-443.

Vallières, D., M. Duchemin et M. Laverdière. 2005. Bande enherbée étroite et travail réduit du sol : conseils pratiques pour contrôler la pollution diffuse. Conférence du CRAAQ présentée le 11 janvier 2005, dans le cadre du Salon de l'agriculture. [http://pub.craaq.qc.ca/salon\\_2006/vallieres\\_david.pdf](http://pub.craaq.qc.ca/salon_2006/vallieres_david.pdf).

# Mesure et modélisation de l'érosion hydrique des sols agricoles au Maroc et au Québec

MARC DUCHEMIN<sup>1</sup>, MONCEF BENMANSOUR<sup>2</sup>, ASMAE NOUIRA<sup>2</sup>, ET JACQUES GALLICHAND<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8 ;

<sup>2</sup>Centre National de l'Énergie, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN)  
Rabat, MAROC, B.P 1382 R.P. 10001;

<sup>3</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4.  
Courriel : Marc.Duchemin@irda.qc.ca

**Mots clés :** érosion, mesures aux champs, radioéléments, modélisation, travail du sol.

L'érosion hydrique constitue un processus de dégradation des sols qui affecte une grande partie des terres agricoles du Maroc et du Québec. Ce phénomène peut engendrer une réduction progressive de la fertilité du sol, l'envasement des barrages et une diminution de la qualité des eaux. Le but de ce projet vise à comparer l'érosion hydrique des sols agricoles soumis à différentes techniques de travail du sol, en s'intéressant aux aspects méthodologiques concernant son diagnostique. Un suivi de l'érosion hydrique en parcelles agricoles s'effectue actuellement sur deux sites expérimentaux localisés au Maroc (Marchouch) et au Québec (St-Lambert-de-Lauzon). Le site marocain se compose de parcelles situées sur une pente moyenne de 17% comparativement à 5% pour le site québécois. Les parcelles du site québécois ont 32 m de longueur par 3 m de largeur alors que celles du site marocain ont 22 m de longueur par 4 m de largeur. Le sol du site québécois est constitué de loam sableux alors que le site marocain est constitué principalement d'argile. Les parcelles des deux sites sont soumis aux labours conventionnels et aux semis directs. La précipitation moyenne annuelle est de 405 mm pour le site du Maroc alors qu'elle atteint 1000 mm pour le site du Québec. Les études effectuées sur ces sites visent à quantifier l'érosion hydrique par les mesures au champ (*in situ*), par la technique des radio-isotopes (césium <sup>137</sup>Cs et béryllium <sup>7</sup>Be) et par la modélisation (avec RUSLE). Un système de mesure et de collecte d'eau de ruissellement par augets basculeurs a été aménagé à l'aval des parcelles afin d'évaluer les charges de sédiments en suspension (MES) transportés suite aux précipitations. L'estimation des taux d'érosion par radioéléments a été déterminée par la mesure (en Bq.m<sup>-2</sup>) de la perte ou du gain des inventaires de <sup>137</sup>Cs (demi-vie de 30 ans) et de <sup>7</sup>Be (demi-vie de 53 jours) par rapport à des valeurs de référence locale établie dans des champs stables non perturbés par les processus d'érosion. Ces taux d'érosion ont été comparés aux estimations résultants de la modélisation (RUSLE).

Les travaux menés sur les deux sites se poursuivront par l'utilisation combinée des différentes méthodes d'estimation de l'érosion (radio-isotopes, modélisation et mesures aux champs), l'évaluation de l'efficacité des techniques de conservation des sols et, éventuellement, la comparaison du phénomène d'érosion entre les deux sites. Le maïs-grain sera cultivé sur les parcelles du Québec tandis que le lupin et le blé seront cultivés sur les parcelles du Maroc. Considérant la multidisciplinarité de ce projet, un échange d'expertise est préconisé entre les organismes de recherche.

# Teneur en eau volumique vs. constante diélectrique du sol sur les terres noires de la Montérégie ouest

SÉBASTIEN LANGE<sup>1</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>1</sup>; ET PHILIPPE ROCHETTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4;

<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.

Courriel : sebastien.lange.1@ulaval.ca

La diversité des propriétés des sols organiques est telle qu'il est préférable de réaliser, à partir de la réflectométrie temporelle, une courbe de calibration de teneur en eau ( $\theta_v$ ) vs. conductivité diélectrique apparente du sol ( $K_a$ ) pour chaque sol organique. Dans cette étude, trois échantillons intacts de 1800 cm<sup>3</sup> (21\*11\*8 cm) ont été prélevés pour chacun des trois horizons du sol organique des terres noires de la ferme expérimentale d'Agriculture Canada située à Sainte Clotilde (Montérégie Ouest). Des mesures de  $\theta_v$  et  $K_a$  (mesurée à l'aide du Tecktroniks 1502B) ont été réalisées à différentes tensions depuis la saturation jusqu'à -10 m de potentiel. Les courbes de calibration ( $\theta_v$  vs.  $K_a$ ) obtenues diffèrent grandement entre les trois horizons. Les courbes de calibration définies par Paquet *et al.* (1993) et Pépin *et al.* (1992), des substrats organiques, ne sont pas utilisables. En effet, pour des  $K_a$  inférieurs à 40, la teneur en eau est sous-évaluée de 10 à 20 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> alors que pour des  $K_a$  supérieur à 40, la teneur en eau est surévaluée d'environ 10 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>.

## Références

Paquet, J. M., Caron, J., & Banton, O. (1993). "In situ determination of peat water desorption characteristics of peat substrates." *Can. J. Soil Sci.* **73**: 329-339.

Pépin, S., Plamondon, A. P., & Stein, J. (1992). "Peat water content measurement using time domain reflectometry." *Can. J. For. Res.* **22**: 534-540.

# Stratégie de prétraitement et d'analyse des modèles numériques d'élévation de haute précision dans ArcGIS

OUMAR KA<sup>1</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ÉLIZABETH PATTEY<sup>2</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>,  
ET MARIO DESCHÊNES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur les céréales et les oléagineuses, Édifice K.W. Neatby, 960 AV Carling, Pièce 2010, Ottawa ON K1A 0C6.

Courriel : kao@agr.gc.ca

**Mots clés :** géostatistique, krigeage, continuité spatiale, autocorrélation spatiale, interpolation.

Une caractéristique intrinsèque de toutes données environnementales est qu'une observation est toujours faite en rapport avec sa position dans l'espace et dans le temps. De ce fait, la connaissance d'une propriété particulière, comme la conductivité électrique apparente (CEa) du sol n'a d'intérêt que dans la mesure où sa position dans le temps et l'espace est explicitement prise en compte. Un autre aspect particulier de l'information environnementale est qu'elle est souvent acquise ponctuellement dans l'espace. Bien que les processus qui expliquent sa variation spatiale ne soient pas totalement connus, l'information environnementale présente souvent une continuité spatiale et montre parfois des tendances, qui ne sont pas prises en compte lors de l'acquisition, ce qui génère de l'incertitude sur sa distribution spatiale réelle. Il devient dès lors crucial de caractériser les différentes structures d'organisation spatiale des descripteurs environnementaux et de les modéliser. C'est précisément le but de la géostatistique (variographie et krigeage) et son avantage par rapport aux méthodes d'interpolation dites déterministes telle que la distance inverse. En effet, le krigeage permet de créer des surfaces d'interpolation de grande précision à partir des observations continues tout en offrant la possibilité de quantifier l'incertitude et la variabilité de la prédiction.

En agriculture de précision, on utilise tout particulièrement l'interpolation par krigeage pour prédire la CEa du sol ainsi que les mesures d'altitude issues des relevés topographiques de précision. Les données altimétriques servent à générer des modèles numériques d'élévation (MNE), lesquels sont utilisés pour en dériver différentes variables morphométriques telles que la déclivité du terrain et son orientation, ou encore pour délimiter des réseaux et bassins de drainage dans un champ ou un bassin versant; autant de paramètres qui permettent d'identifier les endroits propices à l'installation de dispositifs d'aménagement (tranchée filtrante, avaloir, etc.) ou pour quantifier les processus en opération dans un champ, comme le transport du phosphore, l'érosion, etc.

Il existe aujourd'hui sur le marché une pléthore d'outils permettant de créer des MNE, mais à ce jour le module Geostatistical Analyst de ArcGIS reste le plus sophistiqué et le plus efficace d'entre eux notamment à cause du nombre élevé de choix de modèles théoriques de semi-variogrammes (onze) et de type de krigeage (six) offerts, de la capacité et de la facilité de produire des modèles de semi-variogrammes nichés (3 niveaux), de réaliser le co-krigeage, de mesurer et modéliser l'anisotropie lorsqu'elle existe, de quantifier, extraire ou intégrer la tendance, de détecter la présence et l'impact de données aberrantes, de procéder à une validation croisée des modèles (avec ou sans sous-ensemble de données d'entraînement et de validation), et surtout de la possibilité de visualiser les résultats cartographiques et ainsi d'interagir tout au long du processus de modélisation et d'interpolation. La présente affiche vise principalement à illustrer comment, en tenant compte de certains renseignements sur la nature des données recueillies lors de la phase d'exploration (variographie, étude de la variabilité locale et régionale, présence d'une tendance locale ou globale, etc.), on peut arriver à générer des surfaces d'interpolation plus précises à l'aide de cet outil géomatique.

Les données utilisées pour cette étude proviennent du projet PICG (Programme des initiatives connexes du gouvernement) visant à réaliser la mise à jour de la carte des sols du bassin versant du Bras d'Henri et de la ferme expérimentale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) située dans la ceinture verte d'Ottawa au moyen des données d'observation de la terre et des modèles numériques d'altitude. Ce projet est financé conjointement par AAC et l'Agence spatiale canadienne.



# Contrôle des pertes d'herbicides dissous grâce aux dispositifs enherbés et enherbés+arborés

EMMANUELLE CARON<sup>1</sup>, PIERRE LAFRANCE<sup>1</sup>, JEAN-CHRISTIAN AUCLAIR<sup>1</sup>, ET MARC DUCHEMIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, Université du Québec, 490 rue de la Couronne, Québec, QC, G1K 9A9;

<sup>2</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8.

Courriel : emmanuelle.caron@ete.inrs.ca

**Mots clés :** herbicides dissous, bandes enherbées et bandes enherbées +arborées.

## Introduction et objectif.

Au Québec, très peu d'études ont permis de comparer l'efficacité de dispositifs enherbés et enherbés+arborés à diminuer l'exportation des masses d'herbicides dissous par ruissellement et par drainage. L'objectif principal de la présente étude était de comparer la capacité de bandes enherbées et enherbées+arborées à réduire les masses d'herbicides exportées par l'eau de ruissellement et de drainage.

Méthodologie. Le dispositif expérimental se compose de 12 parcelles, hydrologiquement isolées, réparties en quatre blocs aléatoires complets comprenant chacun trois traitements : un traitement témoin (sans bande), une bande enherbée et une bande enherbée+arborée. Pour l'analyse statistique, une ANOVA à trois facteurs (traitement, type d'échantillon -ruissellement ou drainage- et le nombre de jours entre l'application et l'événement pluvial), a été utilisée pour répartir la variance observée pour chacun des herbicides à l'aide du module GLM (« Modèles Linéaires Généraux ») du logiciel JMP 5. Le seuil de signification est de 5%. Lorsqu'un effet a été significatif, un test de Tukey a été appliqué.

## Résultats.

**Évolution temporelle des masses exportées dans le ruissellement (2004).** Les masses exportées de composés-parents lors du premier événement sont beaucoup plus élevées que celles des événements suivants. Par la suite, on note une légère diminution entre les deuxièmes et troisièmes pluies.

**Abattement des masses exportées dans le drainage (2005).** Les traitements avec bandes végétales n'ont pas (sauf quelques exceptions) généré de ruissellement. Dans le drainage, pour les trois composés, on remarque que les bandes végétales ont pu réduire les masses d'herbicides exportés pour le total des trois pluies. Cette diminution semble plus importante dans le cas de la bande enherbée (80 % pour les composés-parents) que dans le cas de la bande enherbée+arborée (de 20 à 35 %).

## Résultats des analyses statistiques (2004 et 2005).

En 2004, pour les composés-parents, on note une différence significative entre les masses exportées lors du premier jour et celles exportées au cours des jours suivants. Les masses exportées lors du premier événement pluvial sont beaucoup plus élevées que dans le cas des événements subséquents. De plus, les masses exportées dans le ruissellement sont significativement supérieures à celles provenant du drainage. En ce qui a trait à l'effet des trois traitements étudiés, les masses étaient significativement réduites par la présence d'une bande végétale (enherbée ou enherbée+arborée), comparativement au témoin sans bande. Aucune différence significative n'est notée entre les bandes enherbées et enherbées+arborées. En 2005, les événements pluviaux ont eu lieu beaucoup plus tardivement qu'en 2004. Puisque les quantités résiduelles en herbicides disponibles pour le transport avec l'eau ont ainsi grandement diminué durant ces trois semaines, aucun effet du nombre de jours entre l'application et l'événement pluvial n'a été observé. De plus, en 2005, il n'y a pas de différence significative entre les masses exportées d'atrazine par le ruissellement et le drainage. Cependant dans le cas du métolachlore, les masses exportées dans le ruissellement sont significativement plus élevées. Finalement, en 2005, on note une diminution significative des masses exportées entre le témoin sans bande et la bande enherbée, ce qui n'est pas le cas avec la bande enherbée+arborée (pas de différence significative avec les autres traitements). Ses masses exportées sont inférieures à celles du témoin sans bande mais supérieures à celles de la bande enherbée.

## Conclusion.

Lorsque l'on considère la somme des masses exportées par le ruissellement et le drainage (masses totales), la présence de bandes végétales assure une importante atténuation des composés-parents.

# Sélection, prélèvement, description et entretien de blocs de sols dans le cadre d'une exposition extérieure

GILLES GAGNÉ<sup>1</sup>, LOLA SHEPPARD<sup>2</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>3</sup>, ET LUC LAMONTAGNE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8;

<sup>2</sup>Lateral Architecture, 75, Kenneth Ave #2, Toronto, ON, M6P 1J2;

<sup>3</sup>Université Laval, Centre de Recherche en Horticulture, Pavillon Environtron, 2480, rue Hochelaga, Québec, QC, G1K 7P4;

<sup>4</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4.

Courriel : gilles.gagne@irda.qc.ca

**Mots clés:** blocs de sol, prélèvement, exposition de sols, vulgarisation, monolithes.

Dans le cadre de la 6<sup>ième</sup> édition du Festival international de jardins des Jardins de Métis, situés dans la municipalité de Grand-Métis près de Mont-Joli, des architectes de la firme Lateral Architecture de Toronto ont soumis au jury un projet de jardins intitulé « Horizon de sol ». Le projet original consistait à exposer dix blocs de sols intacts d'une dimension de un mètre cube à l'extérieur durant tout l'été. L'objectif était de présenter aux visiteurs une diversité visuelle intéressante de sols, en alliant Art et Science des sols, prélevés dans différentes régions du Québec.

Après avoir pris connaissance des ébauches préparées par les architectes pour les prélèvements et le maintien en place des sols et suivant l'expérience de travaux semblables réalisés ailleurs, il fut convenu de réduire les dimensions des blocs de sols à 1mx1mx0,35m étant donné des contraintes de faisabilité (i.e. poids des blocs de sols, logistique, coûts). Il fut aussi convenu de faire fabriquer sur mesure des panneaux en acrylique transparent et des structures d'assemblage afin d'obtenir les contenants appropriés. Également, le budget alloué et la disponibilité de cartes pédologiques ont fait en sorte que tous les sols ont été sélectionnés à proximité du lieu d'exposition, soit le long de la plaine littorale entre Grand-Métis et Rimouski.

Un premier prélèvement essai *in situ* d'un sol intact a été réussi à la fin du mois de mai 2005. La technique utilisée a consisté à creuser et à "trancher" le sol pour obtenir la première surface verticale requise de un m<sup>2</sup>. Un panneau a ensuite été mis en place pour soutenir la coupe intacte ainsi obtenue. Les autres côtés s'ajoutent ensuite un par un en assemblant sur place les panneaux à l'aide de coins en métal. Après la mise en place d'un fond en bois, le bloc est soulevé mécaniquement et déposé sur la plate-forme d'un camion pour son transport vers le site d'exposition.

Sept autres prélèvements ont par la suite été effectués dans le but de présenter aux visiteurs un éventail de types de sols (i.e. nature de la roche-mère, couleur des horizons, genèse et classe de drainage des sols, etc.). L'instabilité des parois du profil et/ou la présence de trop nombreux fragments grossiers de certaines séries de sols nous ont obligés à "fabriquer" quatre blocs de sols en refaisant le plus fidèlement possibles l'horizonation initiale. Six sols minéraux (séries Dionne, Lechasseur, Mitis, St-André, St-Pacôme et St-Pascal) et deux sols organiques (humisol terrique et mésisol typique) ont été exposés. Étant donné qu'ils étaient soumis aux précipitations et à un climat souvent humide, des algues se sont développées le long des parois et ce particulièrement dans le cas des sols organiques et des horizons de surface. Lors de périodes plus chaudes, les sols ont séché et l'humectation le long des parois s'est avérée essentielle pour mettre en valeur les couleurs des horizons. L'ajout d'un algicide à l'eau lors de l'humectation des sols a permis de contrôler la prolifération des algues.

Ce projet a donné l'occasion aux nombreux visiteurs (environ 100 000) de se familiariser avec les sols puisque des informations spécifiques et générales ont été présentées avec chacun des sols. En effet, chacun des sols exposés a fait l'objet d'une description sur des panneaux de bois (i.e. texture, fragment grossier, classe de drainage, fertilité du sol, consistance, épaisseur des horizons, âge, classification taxonomique au niveau du sous-groupe et/ou identification de la série) et ce souvent avec des pictogrammes. Des cartes illustrant la distribution au Canada et au Québec des types de sols exposés ont également été présentées aux visiteurs.

## **Valorisation de résidus d'écorces de différentes essences ligneuses du Québec pour l'horticulture**

RÉMI NAASZ<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, ANDRÉ PICHETTE<sup>2</sup>, ET DOMINIC DUFOUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des Sols et Génie agroalimentaire, CRH, Québec, QC, G1K 7P4;

<sup>2</sup>Université du Québec, Département des sciences fondamentales, Chicoutimi, QC.

Courriel : remi.naasz.1@ulaval.ca

**Mots clés:** écorces, phytotoxicité, aération.

Au Québec, on produit environ 3.5 millions de tonnes d'écorces annuellement, dont plus de 10% sont enfouies ou incinérées sans aucune récupération énergétique. Pourtant, ces résidus forestiers pourraient faire l'objet d'une forte valorisation en tant que substrats horticoles. Il est toutefois important d'indiquer que les substrats directement élaborés à partir d'écorces fraîches semblent causer une diminution de croissance chez la plante qui pourrait être due à des concentrations élevées : de certaines molécules organiques (composés phénoliques, terpènes, etc); de manganèse et de zinc; mais aussi provenir de phénomènes d'immobilisation de l'azote. Enfin, de récents travaux suggèrent au contraire, que la géométrie des particules puisse créer des barrières aux échanges gazeux et donc être en partie responsable de ces pertes de croissance. Dans ce contexte, nos travaux de recherche ont porté sur l'étude de la phytotoxicité éventuelle de sept essences d'écorces, traitées (lavées à l'eau à 70° C) et non traitées, ainsi que sur un substrat témoin (laine de roche). Deux types de tests ont été réalisés : un test de germination sur la laitue (6 jours); un test de croissance de jeunes plants sur la tomate (4 semaines). Nous avons également effectué, sur ces mêmes écorces, une série de caractérisations physiques (densité apparente, teneur en eau, teneur en air, porosité totale, distribution granulométrique) et chimiques (pH, conductivité électrique) et tenté de corrélérer ces caractéristiques aux différents paramètres biologiques mesurés. Pour l'ensemble des sept essences d'écorces testées, le lavage n'avait pas d'influence significative sur le rendement. Les résultats de ces deux essais indiquent aussi que les meilleurs indices de germination et rendements sont obtenus avec le bouleau blanc non traité, significativement supérieur à tous les autres substrats, y compris le substrat témoin. D'autre part, la meilleure corrélation est obtenue avec la porosité d'air du substrat, fortement corrélée à la production de matière sèche aérienne pour la tomate et à l'indice de germination pour la laitue. Sans complètement invalider l'hypothèse de phytotoxicité des écorces fraîches (reliée aux composés phénoliques, terpènes et autres), l'ensemble de ces premiers résultats semblent indiquer qu'il existe un autre facteur, ou tout au moins, un facteur complémentaire (facteur aération) pouvant expliquer la phytotoxicité apparente de certaines écorces. Dans le futur, des essais en serre seront réalisés afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle la taille des particules d'écorces a une influence sur les propriétés de transfert des gaz et donc sur les performances agronomiques dans la culture de tomate.

## Fertilisation azotée de prairies au moyen de lisiers porcins déphosphatés aux sous-produits magnésiens

GAÉTAN PARENT<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, ROGER LALANDE<sup>1</sup>, JEAN-PIERRE DELAND<sup>2</sup>, ET JEAN LAPERRIÈRE<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>Norsk Hydro Canada Inc. Bécancour, Québec.

Courriel : parentg@agr.gc.ca

**Mots clés:**graminées fourragères, fertilisants minéraux, lisier, rendement, azote minéral du sol.

L'augmentation marquée des quantités de P dans les sols agricoles, causée notamment par l'intensification de la production porcine, constitue une problématique environnementale majeure, particulièrement en zone de production intensive. Une solution potentielle à cette problématique consiste à l'ajout au lisier d'un sous-produit d'électrolyse et de fonderie (SPEF, 20% Mg) permettant la formation d'une phase liquide réduite en P (de 70 à 90% de réduction en P) et d'une phase solide enrichie en P (Parent et Simard, 2003). L'objectif de notre étude était de déterminer les impacts agronomiques et environnementaux de la valorisation de la phase liquide de ce lisier traité en production fourragère sur des sols riches en P (ratio P/Al<sub>(M3)</sub> > 10). Différents sites localisés dans la région de Chaudière-Appalaches ont été utilisés en 2004 (Saint-Anselme et Saints-Anges) et 2005 (Saint-Patrice-de-Beaurivage). La composition botanique des prairies utilisées était à prédominance de graminées fourragères. Un lisier brut homogénéisé ainsi que la phase liquide du lisier traité au SPEF ont été évalués à des apports annuels de 0, 80, 160 et 240 kg N total ha<sup>-1</sup>. Un fertilisant minéral (27-0-0) a également été apporté à des doses annuelles de 0, 30, 60, 120 et 240 kg N total ha<sup>-1</sup>. Les cultures de plantes fourragères ont été exploitées selon un régime de deux coupes. Une proportion de 60% des différents apports de lisier et de fertilisants minéraux a été appliquée au printemps et le reste après la première coupe (CRAAQ, 2003). Les rendements en matière sèche et la teneur en azote minéral résiduel du sol ont été mesurés à chacun des sites.

Les rendements des trois sites suite à l'apport de la phase liquide du lisier traité au SPEF, ont été comparables à ceux obtenus avec l'apport de fertilisants minéraux. L'apport du lisier brut a présenté des rendements comparables à l'apport de fertilisants minéraux aux sites Saint-Anselme et Saints-Anges mais des rendements inférieurs ont été obtenus au site Saint-Patrice-de-Beaurivage. Seul l'apport de 240 kg N ha<sup>-1</sup> du fertilisant minéral sur le site Saints-Anges a présenté une quantité d'azote minéral résiduel du sol plus élevée; cet azote résiduel, mesuré après la coupe 2, était significativement plus élevé (26 kg N ha<sup>-1</sup>) comparativement à la quantité obtenue avec l'apport de la même quantité de N provenant du lisier brut et de la phase liquide du lisier traité au SPEF (7 kg N ha<sup>-1</sup>). La réponse à la fertilisation azotée était différente aux trois sites. Ainsi, la dose économiquement optimale a été de 33, 152 et 200 kg N ha<sup>-1</sup> à Saints-Anges, Saint-Anselme et Saint-Patrice-de-Beaurivage respectivement; ceci indique l'importance de prendre en compte la fourniture ou la disponibilité en N du sol pour établir la fertilisation azotée des graminées fourragères. Ces résultats démontrent que l'utilisation de la phase liquide du lisier déphosphaté au SPEF s'avère une source azotée intéressante en production fourragère; en se basant sur les rendements obtenus, cette source azotée comporte une efficacité fertilisante comparable à l'utilisation de fertilisants minéraux et parfois même supérieure au lisier brut.

### Références

CRAAQ, 2003. Guide de référence en fertilisation. 1<sup>ère</sup> édition. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. 294 pp.

Parent, G. et R.R. Simard. 2003. Process for the treatment of pig and swine manure and use of manure so treated.

Brevet en attente. Docket No.: 14654-3PCT.

# Étude microbiologique de sols provenant de prairies fertilisées au lisier porcin déphosphaté par un sous-produit magnésien

ROGER LALANDE, GAÉTAN PARENT, GILLES BÉLANGER, NOURA ZIADI, ET BERNARD GAGNON

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3.  
Courriel : lalander@agr.gc.ca

D'un point de vue microbiologique, le sol est souvent comparé à une boîte noire «black box» puisque la majeure partie de sa flore microbienne est inconnue. Une connaissance détaillée de cette flore microbienne, telle la structure et l'activité des différentes communautés microbiennes, permettrait de mieux comprendre les multiples cycles qui influencent directement le devenir du sol et ses caractéristiques chimiques et biologiques. L'analyse des phospholipides (PLFA) ainsi que l'ADN microbien sont deux technologies des plus utilisées pour caractériser les communautés de microorganismes se développant dans les sols agricoles. L'utilisation de ces technologies permet d'obtenir une vision globale des nombreux groupes microbiens en un temps donné sans avoir à isoler chacun des types de microorganismes individuellement. La valorisation de lisiers porcins est une pratique permettant d'améliorer le statut nutritionnel ainsi que les propriétés microbiologiques du sol. Depuis 2004, une étude se poursuit afin de déterminer les propriétés fertilisantes de lisiers porcins déphosphatés aux sous-produits d'électrolyse et de fonderies (SPEF) en production de graminées (Parent et coll., 2006). Par contre, aucune étude n'avait encore été effectuée afin de déterminer l'impact de la valorisation de lisier traité au SPEF sur l'activité microbienne du sol. L'objectif de cette étude était de déterminer l'impact de l'utilisation du lisier traité au SPEF sur l'activité microbienne du sol, comparativement à un lisier brut non traité et à un contrôle sans apport de lisier. Dans ce travail, les structures des communautés microbiennes et leurs activités enzymatiques s'y développant ont été étudiées par l'obtention des profils de phospholipides ainsi que par des gels d'électrophorèse en condition dénaturante (DGGE). Les résultats concernant les profils de phospholipides et l'activité de la déshydrogénase des différents types de sols ne montrent que peu de différences entre la valorisation du lisier traité au SPEF et le lisier brut. L'utilisation de la technique des gels DGGE a aussi démontré peu de différences entre la valorisation du lisier traité au SPEF et le lisier brut. Par contre, certaines bandes semblent se démarquer particulièrement suite à l'utilisation d'amorces spécifiques aux champignons (18S rADN). Il semble donc que l'utilisation de lisier porcin traité au SPEF influence la microflore tellurique de ces sols selon la même amplitude que le lisier non traité et à certains égards, au traitement contrôle.

## Référence

G. Parent, G. Bélanger, N. Ziadi, R. Lalande, J-P. Deland et J. Laperrière. 2006. Fertilisation azotée de prairies au moyen de lisiers porcins déphosphatés aux sous-produits magnésiens. Congrès AQSSS 2006. 7 au 9 juin 2006. Montréal, Québec.

# Étude du devenir de l'azote du lisier de porc sous culture de maïs-grain par marquage isotopique $^{15}\text{N}$ - effet annuel et résiduel

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

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3  
Courriel : chantignym@agr.gc.ca

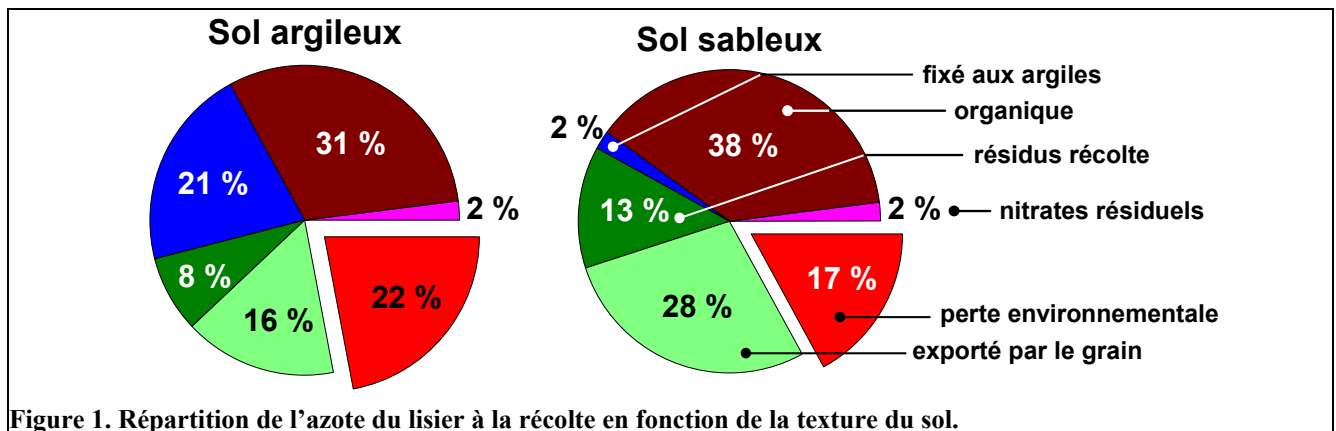
**Mots clés:** lisier, azote, traçage isotopique, efficacité fertilisante, effet résiduel.

**Introduction.** Plus de 30,000 tonnes d'azote sont appliqués annuellement sur les sols du Québec sous forme de lisier de porc. Il est difficile de mesurer précisément les pertes et l'efficacité agronomique réelle de l'azote du lisier en conditions de champ puisque l'azote apporté se confond à celui déjà présent dans le sol. Le marquage isotopique  $^{15}\text{N}$  des déjections de porc nous a permis de distinguer le devenir de l'azote d'un lisier de porc de celui du sol à la suite d'un épandage en post-levée du maïs.

**Méthodologie.** Un porc a été nourri avec du soya et du maïs enrichis en  $^{15}\text{N}$ . Les déjections ont été récoltées pour constituer un lisier, également enrichi en  $^{15}\text{N}$ , qui a été appliqué ( $90 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) sur du maïs au stade 4-6 feuilles établi sur une argile lourde et un loam sableux. Des échantillons de sol et de plante ont été prélevés au cours de la saison de croissance (effet annuel) et de la saison suivante (effet résiduel) pour mesurer le taux de recouvrement du  $^{15}\text{N}$  dans la plante et les différentes formes du sol; les pertes environnementales ont été estimées par différence entre le  $^{15}\text{N}$  appliqué et celui retrouvé dans le sol et la plante.

**Résultats.** Sur deux saisons de croissance le coefficient réel d'utilisation (CRU) de l'azote du lisier par le maïs a été de 24 % sur sol lourd et de 41 % sur sol sableux (Fig. 1); l'arrière-effet, ou CRU de l'azote résiduel a été respectivement de 13 et 18 %. Des pertes environnementales moyennes de 22 % en sol lourd et 17 % en sol sableux ont été mesurées au cours de la première saison de croissance (Fig. 1). L'essentiel de l'azote résiduel du lisier s'est retrouvé sous forme fixée dans les argiles et/ou organique à la récolte. Près de la moitié de cet azote résiduel a été perdu entre la première et la deuxième récolte de maïs. Ces pertes se sont produites en bonne partie au cours de la période sans végétation. Par contre, 60 à 80 % de l'azote résiduel relargué entre le semis et la récolte de la deuxième saison de croissance a été prélevé par le maïs.

**Discussion.** Les pertes et les CRU mesurés se comparent aux valeurs rapportées pour des engrais minéraux enrichis en  $^{15}\text{N}$  appliqués en post-levée du maïs (Jokela et Randall 1997). Le CRU plus faible sur sol lourd que sur sol sableux peut s'expliquer par une fixation importante de l'azote ammoniacal du lisier dans les argiles du sol lourd qui semble diminuer significativement sa disponibilité pour la culture (Chantigny et al. 2004). Même si l'essentiel de l'azote résiduel du lisier se retrouve sous forme organique et fixée dans les argiles à la récolte, une fraction significative est perdue au cours de l'hiver. L'azote du lisier de porc appliqué en post levée du maïs semble aussi efficace et pas plus à risque que celui des engrais minéraux.



## Références

- Chantigny, M.H., Angers, D.A., Morvan, T., Pomar, C. 2004. Dynamics of pig slurry nitrogen in soil and plant as determined with  $^{15}\text{N}$ . *Soil Science Society of America Journal* **68**, 637-643.
- Jokela, W.E., Randall, G.W. 1997. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. *Soil Science Society of America Journal* **61**, 1695-1703.

# Volatilisation de l'ammoniac du lisier de porc dans les prairies de graminées : effet du type de rampe d'épandage

DANIEL GUILMETTE<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>1</sup>, DENIS ANGERS<sup>1</sup>, NORMAND BERTRAND<sup>1</sup>, ET LÉON-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>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.

Courriel : guilmetted@agr.gc.ca

**Mots clés:** ammoniac, lisier de porc, rampes d'épandage, prairies.

La volatilisation de l'ammoniac suivant l'épandage du lisier de porc constitue une perte importante d'éléments fertilisants et contribue à la pollution de l'air. L'enfouissement rapide et l'injection sont des techniques très efficaces pour diminuer les odeurs et la volatilisation d'ammoniac (Rochette et al., 2001; Hansen et al., 2003). Cependant, ces méthodes sont difficilement utilisables sur des cultures pérennes. Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2005, le règlement sur les exploitations agricoles (REA) exige que les déjections animales sous gestion liquide soient épandues avec des équipements à rampes basses pour éliminer les émanations gazeuses (odeur, ammoniac) lors des épandages.

Les objectifs de cette étude sont de mesurer la volatilisation de l'ammoniac suite à l'application de lisier de porc sur une prairie de graminées, d'évaluer la performance de diverses rampes d'épandage et d'identifier celles qui minimisent les émissions d'ammoniac.

Durant les saisons de croissance 2004 et 2005, la volatilisation de l'ammoniac a été mesurée à l'aide de tunnels ventilés (Lockyer, 1984; Rochette et al., 2001). Trois types de rampe d'épandage ont été comparés en 2004 et quatre en 2005 soit : l'assiette déflectrice, le pendillard, le patin glissant et le passage d'un aérateur « Aerway » suivi d'un pendillard (2005).

L'utilisation de rampes basses qui déposent le lisier en bandes sous le feuillage (pendillard, patin glissant) ont réduit les émissions d'ammoniac comparé à un épandage en pleine surface sur le feuillage (assiette déflectrice) (tableau 1). Les applications en bande entraînent moins de volatilisation qu'une application en pleine surface, car elles réduisent le contact entre le lisier et l'atmosphère et permettent une infiltration plus rapide. Toutefois, lors de deux épandages sur trois, l'utilisation de la rampe avec pendillards a réduit davantage les émissions d'ammoniac qu'un épandage avec patins glissants. Le patin glissant a eu tendance à retarder l'infiltration du lisier par un lissage de la surface du sol, augmentant ainsi l'exposition du lisier à l'atmosphère. L'utilisation de l'aérateur avant l'application du lisier n'a pas réduit les émissions d'ammoniac (résultat d'un seul essai).

Cette étude fournit aux agriculteurs des informations utiles quant au choix du type de rampe à utiliser pour l'épandage. Selon nos résultats, la rampe à pendillards serait le choix le plus judicieux.

Tableau 1 : perte d'azote ammoniacal

Année	assiettes déflectrices	pendillards	patins glissants	aérateur
2004	19%	9%	17%	—
2004	43%	24%	21%	—
2005	35%	11%	21%	12%

## Références

Hansen, M. N., S. G. Sommer, et N. P. Madsen. 2003. Reduction of ammonia emission by shallow slurry injection: injection efficiency and additional energy demand. *Journal of Environmental Quality* **32**: 1099-1104.

Lockyer, D. R. 1984. A system for the measurement in the field of losses of ammonia through volatilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **35**: 837-848.

Rochette, P., Chantigny, M.H., Angers, D.A., Bertrand N., et Côté D. 2001. Ammonia volatilization and soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on canola crop residues. *Canadian Journal of Soil Science* **81**: 515-523.

# Assessing the impact of paper mill biosolids and pig slurry application on soil chemical characteristics and residual NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in a hybrid poplar plantation

ARLETTE LTEIF<sup>1</sup>, JOANN WHALEN<sup>1</sup>, ROBERT BRADLEY<sup>2</sup>, AND CLAUDE CAMIRÉ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>McGill university, Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, QC, H9X 3V9;

<sup>2</sup>Université Sherbrooke, Département de Biologie, Sherbrooke, QC, J1K 2R1;

<sup>3</sup> Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Pavillon Abitibi-Price, Québec, QC, G1K 7P4.

E-mail : arlette.lteif@mail.mcgill.ca

**Keywords:** hybrid poplar, nitrogen, fertilization.

## Introduction

In Québec, hybrid poplars are usually planted on marginal lands with low soil fertility (Labrecque and Teodorescu 2003). Fertilizer application thus promotes biomass production in hybrid poplar short rotation plantations. Application rates of inorganic N fertilizer for such plantations have been recommended (Heilman and Norby 1998). However, organic fertilizers can have an advantage over inorganic N fertilizers in improving soil physical characteristics as well as supplying essential plant nutrients (Daudén and Quílez 2004; N'Dayegamiye 2000). In Québec, wastes products such as papermill biosolids and pig slurry are intensively generated from paper and pig industries. Little information is available on using such organic N fertilizers to improve soil fertility and increase hybrid poplar growth.

## Methods and results

This study was conducted in southwestern Québec, Canada to assess the effects of fertilizer application on soil fertility and nutrient uptake by hybrid poplar, *Populus trichocarpa* x *Populus deltoides* after 1 year (F1) and 2 years (F2) of treatment application. The experimental treatments included a control (no fertilizer application), inorganic N fertilizer that provided the recommended dose of 35 kg N ha<sup>-1</sup>, four organic fertilizer treatments equivalent to 65-70 kg N ha<sup>-1</sup>, and four organic fertilizer treatments equivalent to 130-140 kg N ha<sup>-1</sup>. The four organic fertilizer treatments were papermill biosolids alone, pig slurry alone and two combinations of papermill biosolids and pig slurry. Soil pH, organic matter content and plant-available nutrient concentrations (N, P, K, Ca and Mg) were determined one month after treatments were applied and in September, just before senescence in both years. Tree growth was measured annually.

Treatments with higher biosolids percentage had a higher soil organic matter content (SOM) as well as a higher soil pH. Soil NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N concentration was greater when the N input was supplied mainly from biosolids (B100 and B66/P33) treatments. Overall, there was more mean annual increment (MAI) in biomass from increasing N application rate in both F1 and F2 years. The papermill biosolids: pig slurry combinations were generally more effective in promoting biomass accumulation in hybrid poplars than biosolids or pig slurry alone.

## Conclusion

Overall, applying biosolids and pig slurry to a hybrid poplar plantation on a marginal land improved several soil fertility parameters (e.g. soil organic matter, pH). Care must be taken to choose organic fertilizers that release nitrogen in synchrony with poplar N uptake to avoid the accumulation of residual soil N.

## References

- Daudén, A., and Quílez, D. 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. *Eur. J. Agron.* **21**, 7–19.
- Heilman, P., and Norby, R. J. 1998. Nutrient cycling and fertility management in temperate short rotation forest systems. *Biomass Bioenergy* **14**, 361-370.
- Labrecque, M., and Teodorescu, T.I. 2003. High biomass yield achieved by *Salix* clones in SRIC following two 3-year coppice rotations on abandoned farmland in southern Quebec, Canada. *Biomass Bioenergy* **25**, 135-46.
- N'Dayegamiye, A. 2000. Agronomic value of pulp and paperbiosolids: Effects on crop production and soil quality. *In* Conference on Biosolids: Biosolids, enriching the soil, Montebello, 16 - 17 March 2000. pp. 23-42.



## **Éléments de réponse à des questionnements suscités par le film Tabou(e)! concernant la valorisation agricole des boues municipales et de papetières**

MARC HÉBERT

Direction des politiques en milieu terrestre, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs  
675, boul. René-Lévesque Est, 9<sup>e</sup> Québec, QC, G1R 5V7.

Courriel : marc.hebert@mddep.gouv.qc.ca

Le 20 avril 2006, Télé-Québec a diffusé le film Tabou(e)! du réalisateur Mario Desmarais et produit par les Productions Thalie. Ce documentaire porte sur les boues d'épuration municipales et leur utilisation comme engrais sur les sols agricoles aux États-Unis, en France, en Suisse, en Ontario et au Québec. À partir des témoignages de citoyens, d'agriculteurs et de chercheurs universitaires, le film indique qu'une telle pratique pourrait s'avérer dangereuse. Le film conclut qu'il faut éviter tout risque de contaminer les sols et la chaîne alimentaire et suggère que l'épandage doit être abandonné, en vertu du principe de précaution.

Dans ce contexte, la présentation vise à apporter un complément d'information quant aux risques posés par le recyclage des biosolides, par les municipalités et les papetières, et décrit la démarche que le Ministère a entreprise pour veiller à la protection de la qualité de l'environnement et de la santé humaine. *Un document de questions et réponses peut être consulté à l'adresse suivante:*

[http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou\(e\).asp](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou(e).asp)

## SESSION II. VARIABILITÉ SPATIALE ET GÉOSTATISTIQUE

### **Effets du zonage intraparcellaire et de la fertilisation azotée sur la qualité et le rendement des tubercules de pomme de terre**

ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, BERNIE J. ZEBARTH<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MARC R. LAVERDIÈRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur la pomme de terre, 850 rue Lincoln, C.P. 20280 Fredericton, NB, E3B 4Z7;

<sup>3</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8.

Courriel : cambourisa@agr.gc.ca

**Mots clés** : Agriculture de précision, conductivité électrique apparente, fractionnement, zone d'aménagement intraparcellaire.

#### **Introduction**

L'azote est généralement l'élément le plus limitant de la culture de la pomme de terre et ce plus particulièrement en sol sableux. Une stratégie de fertilisation azotée adéquate (dose et temps d'application) est cruciale pour l'optimisation du rendement et de la qualité de la pomme de terre. La disponibilité de l'azote est souvent très variable à l'intérieur des parcelles, ce qui a un impact direct sur la variation spatiale de la croissance et du développement de la culture. La délimitation de zones d'aménagement ( $Z_a$ ) interparcellaires à partir de la conductivité électrique apparente (CEa) des sols peut ainsi être utilisée pour optimiser la fertilisation azotée. Les deux  $Z_a$  délimitées dans le champ à l'étude présentaient des CEa moyennes de 20,0 dS m<sup>-1</sup> ( $Z_{a_1}$ ) et 14,9 dS m<sup>-1</sup> ( $Z_{a_2}$ ). L'objectif de cette étude est de comparer les comportements des deux  $Z_a$  délimitées à l'aide de la CEa des sols, en fonction de la réponse à la dose de N et à la stratégie de fractionnement, et cela en termes de rendement et de qualité des tubercules.

#### **Méthodologie**

L'effet de cinq doses de N (0, 60, 120, 180 et 240 kg N ha<sup>-1</sup>) et de cinq stratégies de fractionnement (100/0%, 75/25%, 50/50%, 25/75% et 0/100% au semis/rechaussement) a été étudié au moyen d'un dispositif expérimental constitué de quatre blocs complets mis en place dans chacune des deux  $Z_a$ .

#### **Résultats**

Les trois années (1999-2001) ont présenté des conditions climatiques assez différentes : conditions plus chaudes et plus sèches que la normale en 1999; conditions plus fraîches et plus humides que la normale en 2000 et finalement conditions près de la normale de 30 ans (1971-2000) en 2001. Les rendements total et commercialisable ont toujours été supérieurs dans la  $Z_{a_1}$  de même que la densité apparente des tubercules. Les proportions de gros tubercules et de tubercules exempts de rhizoctonie ont toujours été plus importantes dans la  $Z_{a_2}$ . Les rendements total et commercialisable en tubercules augmentent curvilinéairement avec les doses de N et le fractionnement (proportion de N apportée au rechaussement) et ce dans les deux  $Z_a$  mais cet effet est fortement influencé par les conditions climatiques. Les doses de N ainsi que la stratégie de fractionnement ont aussi un effet linéaire et/ou quadratique sur la taille des tubercules mais cet effet est aussi sensible aux variations climatiques.

#### **Conclusion**

Ces résultats démontrent que la délimitation des  $Z_a$  à l'aide de la CEa, les doses de N appliquées ainsi que la stratégie de fractionnement ont des effets significatifs sur le rendement et la qualité des tubercules de pomme de terre mais sont également très sensibles aux variations climatiques.

# Comparaison de la capacité de fixation et du taux de saturation en phosphore des sols dans deux micro-bassins versants expérimentaux jumelés

MICHEL C. NOLIN, KARINE BELZIL, ÉRIC VAN BOCHOVE, MARIE-LINE LECLERC, ANDRÉ MARTIN, ET LUC LAMONTAGNE

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4.  
Courriel : nolinm@agr.gc.ca

**Mots clés** : bassin versant, pédologie, phosphore, variabilité spatiale des sols.

## Introduction

Dans le cadre du projet national ÉPB (en anglais WEBs) visant à évaluer les effets environnementaux et économiques de pratiques de gestion bénéfique (PGB) sur l'évolution de la qualité de l'eau en milieu agricole, deux micro-bassins versants d'environ 3 km<sup>2</sup> ont été sélectionnés comme bassins d'intervention (BI) et témoin (BT) pour fin de comparaison statistique et de suivi temporel de plusieurs indicateurs agro-environnementaux. Situés dans la région de St-Bernard de Beauce, dans le bassin versant du Bras d'Henri, tributaire des rivières Beauvillage et Chaudière, les deux micro-bassins expérimentaux sont typiques de la région tant sur le plan pédologique que de l'utilisation des sols. En effet, ils présentent une forte densité animale (>3 unités animales par ha cultivé) que l'on juge principalement responsable de la mauvaise qualité de l'eau de surface, surtout en ce qui concerne la pollution par le phosphore (P). Ainsi, le Bras d'Henri excède la norme (0,03 mg/l) de P total utilisée par le ministère de l'Environnement pour diagnostiquer un risque de prolifération des algues dans les cours d'eau (eutrophisation). Cette étude de cas a été menée dans le cadre d'un stage professionnel en agronomie (Belzil 2005).

## Méthodologie

Un échantillonnage (n=321) systématique (150 m x 150 m) de la couche de surface des sols (0-30 cm) a été réalisé à l'été 2004 afin de vérifier la similitude des conditions de départ ( $t_0$ ) dans les deux micro-bassins quant à l'utilisation des terres, la nature des sols, la capacité de fixation du phosphore (CFP) et l'indice de saturation en phosphore (ISP).

## Résultats

Les analyses montrent que la CFP du sol est principalement influencée par la texture dans le BT et la genèse des sols dans le BI. Le BT est utilisé pour la culture de plantes fourragères (68 %), tandis que le BI comporte surtout des grandes cultures (69 %). Les deux micro-bassins présentent toutefois une topographie relativement semblable. Le BI est composé de 50 % de gleysols et 50 % de podzols alors que le BT est principalement constitué de gleysols (72 %) et moindrement de podzols (23 %). La texture de la couche de surface (Ap) est en moyenne plus fine dans le BT (loam limoneux) que dans le BI (loam sableux). La CFP des sols du BI, tel que diagnostiquée à partir de l'indice de sorption du P (Psi) de Bache et Williams (1971) et des teneurs en Al et Fe extraits à l'oxalate d'ammonium (Alox+Feox) ou au Mehlich-3 (AlM3) est généralement plus élevée que celle du BT. À l'inverse, l'ISP des sols du BT est plus élevé que celui des sols du BI. Il en est de même pour le P soluble à l'eau (Pw). La proportion de sols podzoliques plus élevée dans le BI que dans le BT expliquerait cette situation.

## Conclusions

À la lumière de ces résultats, le risque de pollution par le P des eaux de surface est plus élevé dans le BT que dans le BI, bien que la différence ne soit pas très grande et pas toujours significative selon le critère retenu. Les résultats de caractérisation de la qualité de l'eau (2004-2005) confirment ce diagnostic.

## Références

Bache, B.W. et Williams, E.G. 1971. A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.* 22: 289-301.  
Belzil, K. 2005. Comparaison pédologique et culturale des deux micro-bassins du projet ÉPBH et leur comportement dans la sorption-désorption du P au niveau du sol et de l'eau. Rapport de stage. Cours AGN-22177. Collaboration Agriculture et Agroalimentaire Canada et Université Laval. 69 p.

# Potentiel d'utilisation de l'imagerie ASTER en pédologie pour prédire et caractériser les propriétés des sols agricoles

MATHIEU QUENUM<sup>1,2</sup>, DANIEL CLUIS<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MONIQUE BERNIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4;

<sup>2</sup>Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, Université du Québec, 490 rue de la Couronne, Québec, QC, G1K 9A9.

Courriel : quenumm@agr.gc.ca

**Mots clés :** ASTER, capteur multispectral, pédologie, propriétés des sols, télédétection.

Les nouvelles technologies sont de plus en plus utilisées par les pédologues, les agronomes et les autres scientifiques du sol pour améliorer leurs connaissances des sols. C'est dans cette optique que la télédétection apparaît comme un outil efficace d'une part, pour mieux comprendre le fonctionnement des sols et la variabilité à l'intérieur des parcelles et d'autre part, pour prédire diverses propriétés des sols. ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) est l'un des cinq capteurs installés sur le satellite Terra en observation autour de la terre depuis décembre 1999. Résultat d'une coopération entre la NASA et le gouvernement japonais dans le cadre du programme d'observation de la terre EOS (*Earth Observation System*). La plateforme Terra possède une orbite polaire et héliosynchrone du matin avec un passage à l'équateur à 10h 30 heure locale à une altitude de 705 km avec un angle d'inclinaison de 98°2'. Elle effectue un tour complet tous les 16 jours et se déplace à la vitesse de 6,7 km s<sup>-1</sup>. Les paramètres de l'orbite sont les mêmes que celles de Landsat 7 (ETM).

ASTER présente 14 bandes réparties sur trois systèmes de capteurs indépendants couvrant le domaine du visible (V), du proche infrarouge (PIR), du moyen infrarouge (MIR), et de l'infrarouge thermique (IRT). Chaque télescope offre une résolution spatiale spécifique, soit de 15 m dans le V et PIR, 30 m dans le MIR et 90 m dans l'IRT avec une couverture au sol de 60 X 60 km (Abrams et al. 2005). Plusieurs bandes du V et du PIR s'avèrent particulièrement efficaces pour estimer le contenu en matière organique de la surface du sol. Les bandes du MIR permettent de caractériser plusieurs propriétés des sols dont la granulométrie et la teneur en eau du sol tandis que les bandes de l'infrarouge thermique fournissent la température de la surface des sols et aussi leur humidité. Enfin, grâce à la présence de deux télescopes dont le premier à visée Nadir capte les données selon 3 bandes spectrales (bande 1-2-3N) et la visée arrière d'un second télescope captant les données selon une seule bande spectrale (bande 3B), il est également possible d'avoir des images en 3D et de produire des modèles numériques d'élévation (MNE), dont la précision peut varier de 7 à 10 m d'altitude, selon la présence ou non de mesures précises au sol.

Ainsi, une bonne connaissance des propriétés spectrales des sols d'une région dans les bandes du V, du PIR, du MIR et de l'IRT s'avère essentielle à une bonne utilisation de ce capteur. Nous étudierons et comparerons l'efficacité d'ASTER à la prédiction de quelques propriétés de sols reliées à la capacité de fixation du phosphore des sols, et cela à diverses échelles de perception. Cette étude doctorale s'inscrit dans le cadre du projet PICG (Programme des initiatives connexes du gouvernement) visant à réaliser la mise à jour de la carte des sols du bassin versant du Bras d'Henri à l'aide des données d'observation de la terre et des modèles numériques d'altitude. Ce projet est financé conjointement par Agriculture et Agroalimentaire Canada et l'Agence spatiale canadienne.

## Références

Abrams, M. Hook, S. et Ramachandran, B. 2005, Aster User Handbook, version 2. 135 p.

# Modélisation des interactions entre les pratiques culturales et le mode de gestion des engrais de ferme sur la mobilité du phosphore

JULIE DESLANDES, ISABELLE BEAUDIN, ET AUBERT MICHAUD

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

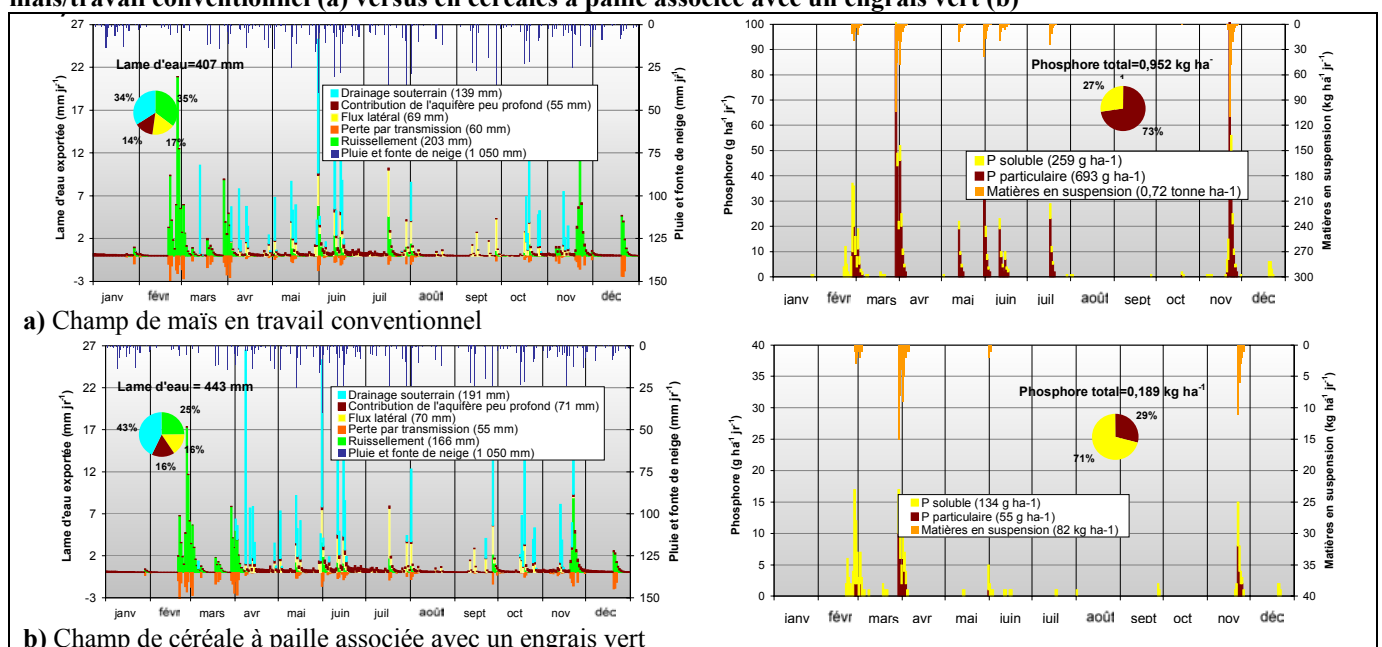
Courriel : julie.deslandes@irda.q.ca

**Mots clés:** modélisation, phosphore, pratiques culturales, gestion.

Une modélisation du fonctionnement hydrologique, des processus d'érosion et de la mobilité du phosphore a été supportée à l'échelle du bassin versant de la Rivière aux Brochets (630 km<sup>2</sup>), important tributaire québécois de la Baie Missisquoi. Compte tenu de la problématique récurrente de prolifération de cyanobactéries dans ce plan d'eau, la réduction des flux de phosphore à la baie constitue une priorité d'intervention. La modélisation supportée par le logiciel SWAT (*Soil and water assesment tool*) est destinée à soutenir la planification et la mise en œuvre d'actions concertées des intervenants de la région impliqués dans la mise en valeur du bassin versant et de la Baie Missisquoi.

La modélisation des flux de sédiments et de phosphore à l'échelle du bassin versant met en relief une forte discrimination spatiale dans la distribution spatiale des exportations. Sur la base des conditions actuelles de régie des sols et des cultures (scénario de référence), plus de 50 % du flux de phosphore modélisé provient d'environ 10 % du bassin. Typiquement, ces secteurs sont associés à d'importantes hauteurs d'eau ruisselée, des taux d'érosion élevés ou un enrichissement important de la couche arable en phosphore. Cette importante variabilité dans la vulnérabilité du parcellaire fait en sorte que l'implantation de pratiques ou ouvrages de conservation des sols a des retombées tout aussi variables sur les hauteurs d'eau ruisselée, l'érosion et les flux de P exportés. Quatre types de PAAC ont fait l'objet de simulations hydrologiques, touchant à différents aspects du système de production, soient à la rotation des cultures, au travail du sol, au mode de gestion des engrais de ferme et à l'aménagement hydro-agricole. Les résultats de la modélisation ont permis d'évaluer les effets et les interactions des diverses pratiques culturales et modes de gestion des engrais de ferme sur la mobilité du phosphore. La figure 1 expose deux simulations réalisées sur un champ faiblement incliné (pente de 1%), caractérisé par un loam sableux mal drainé. Le premier scénario simule une culture de maïs impliquant un travail conventionnel (a) alors que le deuxième représente l'effet d'une céréale à paille associée avec un engrais vert. La diminution du ruissellement associée à cette substitution s'élève à 20 % alors que la réduction des exportations des sédiments et du phosphore sont de l'ordre de 80%.

**Figure 1 : Séries chronologiques journalières du bilan hydrologique, des exportations de matières en suspension et de phosphore modélisées pour une unité hydro-pédologiques de la série de Milton cultivé en maïs/travail conventionnel (a) versus en céréales à paille associée avec un engrais vert (b)**



# Variabilité spatiale et temporelle de la spéciation du phosphore dans les cours d'eau agricoles: contrôles hydro-pédologiques

AUBERT R. MICHAUD, JULIE DESLANDES, ET JACQUES DESJARDINS

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

Courriel : Aubert.Michaud@irda.qc.ca

**Mots clés:** phosphore, bassin versant, hydrologie, pollution diffuse.

L'étude des bassins versants jumeaux du ruisseau Walbridge (6-8 km<sup>2</sup>), affluent du tronçon aval de la rivière aux Brochets, s'inscrit dans le cadre d'un réseau d'actions concertées en milieu agricole visant à évaluer la réponse de la qualité de l'eau à l'aménagement hydro-agricole du parcellaire. L'étude fait appel à un dispositif de bassins jumeaux (Témoin et Intervention) pour évaluer l'effet de l'aménagement du parcellaire sur la mobilité des sédiments et des nutriments (périodes de référence vs post-traitement). Bien que jumeaux, les bassins ne sont pas identiques. Chaque bassin possède en effet des particularités, tant au plan physiographique qu'à celui de la gestion du parcellaire. Celles-ci se traduisent en des signatures distinctes des bassins versants en termes de relations concentration : débit (C/Q) et de spéciation du phosphore exporté. Ces différences dans les régimes d'exportation du P doivent être pris en compte dans l'interprétation des effets de scénarios alternatifs de gestion du parcellaire sur la qualité de l'eau. Le suivi de la qualité de l'eau pendant la période de référence (2001-2003) a ainsi mis en relief que les flux de P et de matières en suspension (MES) pondérées pour la superficie du bassin Témoin (1.33 kg P ha<sup>-1</sup> et 530 kg MES ha<sup>-1</sup>) demeurent largement supérieurs à ceux observés au bassin Intervention (1.06 kg P ha<sup>-1</sup> et 224 kg MES ha<sup>-1</sup>). L'occupation du sol et les systèmes culturaux en place dans les deux bassins n'expliquent pas ces différences, qui sont plutôt associées à la nature des sols et la position relative des sous-bassins expérimentaux *Témoin* et *Intervention* dans le paysage du bassin Walbridge (30 km<sup>2</sup>). La position basse du bassin *Témoin* dans le paysage et la faible perméabilité d'une portion importante de son parcellaire sont associés à un ruissellement de surface et une exportation de sédiments relativement plus important que son jumeau, dont l'exutoire est localisé 13 m plus haut dans le paysage. Malgré des flux moindres en MES et en P pour la période à l'étude, le bassin *Intervention* témoigne cependant de pentes de régression concentration/débit (C/Q) significativement plus élevées (p<0.05) que le bassin *Témoin* pour les paramètres MES et P total. Le relief plus accidenté du bassin *Intervention* expliquerait cette différence dans les régimes d'exportation de sédiments et de phosphore en favorisant des concentrations relativement plus élevées de MES et de P lors des événements hydrologiques comportant une forte composante de ruissellement de surface (>15 mm jr<sup>-1</sup>).

A l'automne 2004 (début de la période post-traitement), les bassins versants expérimentaux ont profité de l'aménagement de multi-sondes à leur exutoire. Ceux-ci permettent d'enregistrer selon un très court pas de temps (15 minutes) la conductivité, le pH et la turbidité de l'eau de surface. Le concept original de puit d'observation mis à l'essai s'est montré fonctionnel, permettant la mobilité verticale des sondes dans la colonne d'eau afin d'assurer une bonne lecture des paramètres de qualité de l'eau, tout en assurant la protection des sondes contre le gel et l'impact des glaces heurtant les puits lors des crues printanières. La disponibilité d'un signal géochimique de la qualité de l'eau et de lectures hydrométéorologiques en continu permet dorénavant d'étudier la dynamique des transferts de sédiments et de nutriments sur la base temporelle de l'évènement hydrologique. L'interprétation des séries chronologiques de débits et de conductivité électrique des eaux du ruisseau a notamment permis d'estimer les contributions respectives des eaux de surface et souterraine au bilan hydrique. De la même façon, le signal de turbidité révèle les dynamiques de resuspension et d'hystérésis dans la relation MES:débit. Le couplage des données ponctuelles de qualité de l'eau avec les enregistrements en continu des multi-sondes mettent par ailleurs en relief des différences dans les régimes d'exportation du P des deux bassins expérimentaux. Une implication pratique de ces observations pour l'interprétation de l'influence du paysage sur la mobilité des sédiments et du P dans la région à l'étude est que les conditions qui prévalent au développement de l'état de saturation du sol ont une influence plus marquée sur le bilan des exportations que l'érosivité du relief.

# Délimitation de pédopaysages à partir des modèles numériques d'élévation – Approche méthodologique

OUMAR KA, MICHEL C. NOLIN, JEAN-MARC COSSETTE, ET ATHYNA N. CAMBOURIS

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Laboratoires de pédologie et d'agriculture de précision, 979 de Bourgogne, local #140, Québec, QC, G1W 2L4.  
Courriel : kao@agr.gc.ca

**Mots clés :** modèle numérique d'élévation, analyse numérique de terrain, unité géomorphologique, pédopaysage.

## Introduction

Une gestion responsable des ressources naturelles passe nécessairement par l'inventaire, la collecte et la classification de données de qualité sur les sols et les autres ressources terrestres. Traditionnellement, les hydrologues et les pédologues identifient les réseaux de drainage et les limites de séries de sols sur la base de cartes topographiques combinées à des photos aériennes panchromatiques en sus de données d'échantillonnage sur le terrain. Cette procédure est à la fois fastidieuse et coûteuse en plus d'être une méthode souvent peu cohérente dans l'espace et dans le temps. Le besoin croissant en terres agricoles lié à une pression démographique accrue fait qu'aujourd'hui il est devenu urgent de procéder à un inventaire plus exhaustif, plus précis et moins dispendieux des ressources, en particulier des sols. À ce titre, l'utilisation des modèles numériques d'élévation (MNE) comme outils plus précis d'inventaire et de modélisation des ressources et des processus naturels peut constituer une alternative. En effet, l'analyse numérique de terrain offre une opportunité de procéder à des inventaires de sols plus précis comparativement aux procédés traditionnels (McKenzie et al., 2000). L'analyse numérique de terrain repose sur le concept de l'existence d'unités géomorphologiques. Ces unités sont considérées comme les éléments physiographiques de base qui contrôlent les processus et interactions écologiques à l'échelle du paysage, d'où leur utilisation comme structures de base pour définir des unités spatiales cohérentes et homogènes favorisant une gestion intégrée et rationnelle des ressources. La première classification manuelle de ces éléments a été réalisée en 1954 (Ka, 2005), cependant leur dérivation automatique à partir des MNE fait toujours l'objet de recherches en analyse numérique de terrain, malgré de nombreuses tentatives régionales (v.g. MacMillan et al., 2000) L'objectif final de la présente étude est de segmenter le territoire à l'étude (comté de Beauce, Québec) en pédopaysages homogènes à l'aide de variables topographiques et de propriétés de sols.

## Méthodologie

Dans un premier temps, des unités géomorphologiques vont être générées à partir du MNE de la zone d'étude publié à l'échelle de 1 : 50000 sur le site WEB de Geobase Canada. Ces unités vont ensuite être combinées avec des données de sols pour produire des pédopaysages homogènes. Il s'agit donc, d'abord de générer un profil moyen vertical représentatif de la pente moyenne du terrain dans le secteur étudié. Ce profil est ensuite qualitativement découpé en segments correspondants en moyenne aux différents types d'unités géomorphologiques (e.g. sommet, haut-de-pente, bas-de-pente, dépression, etc.) reconnus sur le territoire. On procède alors au calcul des variables topographiques suivantes : profil de courbure du terrain, plan de courbure du terrain, pente moyenne, relief local et percentile d'élévation. Des critères (ou seuils) quantitatifs sont alors établis afin de calculer et de distinguer les unités géomorphologiques entre elles. Il faut en fait définir quantitativement ce qu'est un haut-de-pente, une crête ou une dépression. Une fois établis, ces seuils servent à dériver des valeurs quantitatives pour ces unités, initialement définies sur une base qualitative. Les unités géomorphologiques ainsi produites sont ensuite validées à partir d'unités déjà existantes (e.g. carte des sols de la Beauce), par photo-interprétation ou par des visites à des endroits ciblés sur le terrain. Une fois validées, ces unités seront utilisées comme intrants avec les propriétés de sols pour délimiter des pédopaysages.

## Références

- Ka, O. 2005. Refinement of standard forest units based on terrain modeling in Northeast Ontario. 66 p.
- McKenzie, N.J., Gessler, P. E., Ryan, P.J. et O'Connell, D.A. 2000. The role of terrain analysis in soil mapping. Pages 245-265 dans J.P. Wilson et J.C. Gallant (Éds) *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.
- MacMillan, R.A., Pettapiece, W.W., Nolan, S.C. et Godard, T.W. 2000. A generic procedure for automatically segmenting landforms into landform elements using DEMs, heuristic rules and fuzzy logic, *Fuzzy Sets and Systems* 113: 81-109.

## **Risk assessment and management of trace element contaminated soils**

WILLIAM HENDERSHOT

McGill university, Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, QC, H9X 3V9.

E-mail : william.hendershot@mcgill.ca

**Key words:** urban soils, toxicity evaluation, soil quality guidelines, modeling trace element-root interaction.

Soils in urban areas have received trace element inputs from a wide range of sources. Industrial activity, transportation systems and burning of fossil fuels, wood or garbage leads to the release of trace elements into the air. The size of the particles containing the trace elements will have a large influence on where the material is deposited, but it is safe to say that most urban environments have levels of trace elements that exceed the levels that would have been present in a pre-colonization environment.

Trace elements are not equally dangerous to the environment and human health. Metals such as Cu, Ni and Zn are essential elements to plants and animals; as such, they are normally controlled efficiently by the organism so that large variations in the concentration in the soil result in only small variations in the concentrations in plants and other soil living organisms. Although these metals can be high enough in the soil to cause phytotoxicity, they do not normally reach high enough concentrations in plants to result in serious toxicity to animals eating the plants – basically the plants die before becoming toxic to consumers. Other metals, such as Cd and Pb, are not essential and most soil living organisms have little defense against their absorption. In the case of these metals there are real concerns that they can present a serious threat to environmental and human health, although the mechanisms may be very different.

It has been recognized for decades that the total trace element content of soils is a poor indication of how much trace element is bioavailable. From a health perspective we are much more concerned by the small amount of the element that can be taken up by an organism than we are by the majority of it in the soil that is fixed, immobile and relatively harmless. You might wonder why governments continue to establish soil quality guidelines based on total trace element content. Well, the answer is quite simple – scientists have not been able to come up with a better solution to the problem! In fact, scientists have not done a very good job at all in developing ways of predicting bioavailability: each group of researchers seems to have developed their own approach and they don't agree on which one is best; many of the approaches are based on selective chemical extractants that can easily be shown to be non-selective. For good reason, government scientists are unwilling to risk their reputation, and the health of their own environment on techniques that are not scientifically defensible.

Another serious problem in trying to establish soil quality guidelines is the methodology used to determine toxicity. Standard procedure is to add trace elements in a dissolved or readily soluble form to a soil to establish a range of concentrations. After an equilibration period that might range from days to months, the test organism is added to the system and suitable endpoints are measured. Sounds reasonable – right? Well, no, I don't think so. When the trace element spike is added to the soil the amount that adsorbs onto the surface of the soil particles is a function of the properties of the soils. Factors such as the amount of soil organic matter, pH and clay or metal oxide contents will determine how much of the added element is “fixed” and how much remains bioavailable. If the adsorption capacity is high, relative to the amount of trace element added, then the toxicity test will show that there is no or little effect; on the other hand, if the adsorption capacity is low, then the same dose will result in severe toxicity since the spike remains bioavailable. Since the guidelines are based on a conservative approach where a few toxicity tests showing negative impacts at low concentrations control the “acceptable” limit, the soil quality guidelines are generally established at a low value (based on the worst-case scenario). In a recent European study of the toxicity of Ni the “acceptable” limit was calculated as being 4 mg kg<sup>-1</sup> while the average concentration in the soils in Europe was above 20 mg kg<sup>-1</sup>.

New results show promise by providing a more reasonable way of running toxicity tests on leached soil samples while modeling approaches, adapted from aquatic ecosystems, may provide a better way of estimating the amount of a trace element that will bind to biological membranes of soil-living organisms.



# Analyse du cycle de vie (ACV) pour la comparaison des impacts environnementaux de la contamination, réhabilitation et valorisation de friches industrielles urbaines : cas des Ateliers Angus à Montréal

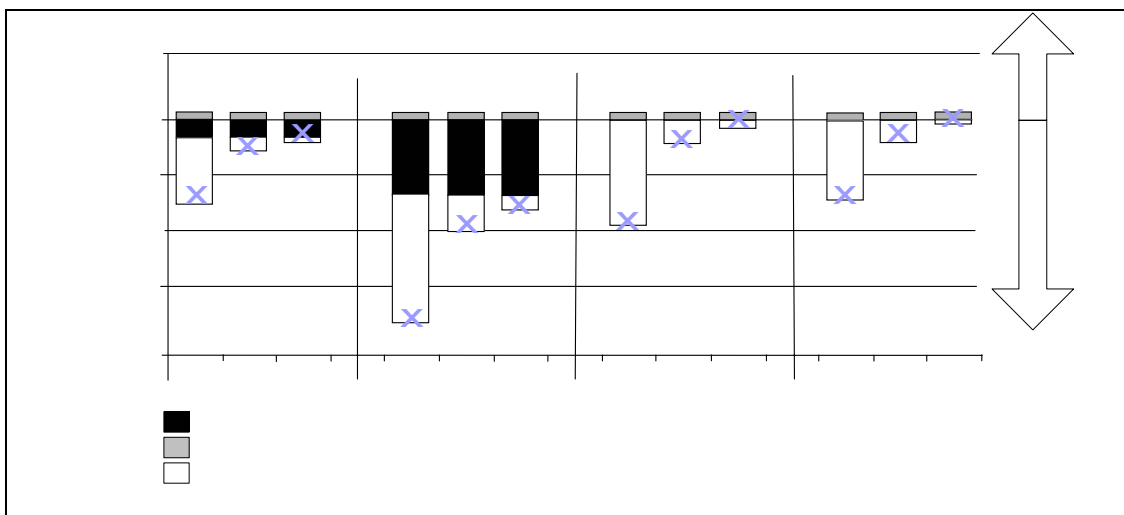
PASCAL LESAGE, LOUISE DESCHÊNES, ET RÉJEAN SAMSON

CIRAIG - Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services, École Polytechnique de Montréal, Département de génie chimique, Montréal, QC.  
Courriel : pascal.lesage@polymtl.ca

**Mots clés:** Friches industrielles urbaines (FIU), Analyse du cycle de vie, Réhabilitation-valorisation, Ateliers Angus.

Plusieurs régions urbaines sont aux prises avec des friches industrielles urbaines, souvent contaminées. La réhabilitation-valorisation de ces sites peut être associée à trois types d'impacts environnementaux : les impacts directement associés aux changements de l'état physique et géochimique du site (impacts primaires); les impacts directement associés aux activités de réhabilitation (impacts secondaires); et les impacts indirects associés aux changements dans l'aménagement du territoire qui surviendront avec la réoccupation du site post-réhabilitation (impacts tertiaires).

L'analyse du cycle de vie (ACV) peut être utilisée pour évaluer ces trois types d'impacts (Lesage *et al.*, 2006a). L'ACV est un outil d'évaluation des impacts environnementaux potentiels d'un produit, d'un service ou d'une activité du « berceau à la tombe » (i.e. de l'extraction des ressources à l'élimination du produit en fin de vie). Cette approche a été utilisée pour évaluer les conséquences environnementales de la réhabilitation-valorisation de la partie résidentielle du site des Ateliers Angus à Montréal (Lesage *et al.*, 2006b) et de les comparer aux conséquences d'une stratégie visant simplement à abandonner le site suite à une minimisation des risques à la santé humaine par recouvrement. Trois scénarios considérant le développement évité de nouvelles constructions résidentielles ont été évalués pour les impacts tertiaires : 1) le développement est évité entièrement en périphérie urbaine (MC); 2) le développement est évité à 18 % en périphérie urbaine et à 82 % en ville (CP); et 3) le développement est évité en milieu urbain uniquement (PC). Les *impacts nets* (impacts de la réhabilitation-valorisation moins les impacts du recouvrement suivi d'un abandon) sont présentés à la figure 1. Les résultats indiquent que d'un point de vue environnemental, il est clairement préférable de choisir l'option de réhabilitation-valorisation, surtout si une partie des développements évités est en périphérie urbaine. En effet, la très grande majorité des bénéfices au niveau des impacts tertiaires est liée au transport évité des habitants de banlieues.



**Figure 1 :** Impacts nets de la réhabilitation-valorisation d'une portion du site Angus (normalisés aux impacts secondaires).

## Références

- Lesage, P., Ekvall, T., Deschênes, L., et Samson, R. 2006. Environmental assessment of brownfield rehabilitation using two different life cycle inventory models, Part I: Methodological approach. *International Journal of Life Cycle Assessment* (in press).
- Lesage, P., Ekvall, T., Deschênes, L., et Samson, R. 2006. Environmental assessment of brownfield rehabilitation using two different life cycle inventory models, Part II: Case study. *International Journal of Life Cycle Assessment* (in press)

**SESSION III.**  
**PHYSIQUE, CHIMIE, FERTILITÉ ET BIOLOGIE DES SOLS**

## **Résultats d'essais d'application de fumier de bovins laitiers selon trois périodes d'épandage sur une argile lourde en production de maïs-grain**

JEAN CANTIN<sup>1</sup> ET JOANN WHALEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MAPAQ, Dir. Rég. de Saint-Hyacinthe, 1355, rue Gauvin, bureau 3300, Saint-Hyacinthe, QC J2S 8W7;

<sup>2</sup>Université McGill, Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC H9X 3V9.

Courriel: jean.cantin@mapaq.gouv.qc.ca

**Mots clés:** fumier, engrais organique, fertilisation.

### **Introduction**

Plusieurs études<sup>1-2</sup> n'ont rapporté aucune différence significative pour les pertes de nitrates ou pour les rendements de maïs-grain suite à des épandages d'engrais organiques à différentes périodes d'application tandis que d'autres études<sup>3-4</sup> ont rapporté d'importantes différences. L'objectif de cette étude, basé sur le principe que plus la culture récupère d'azote moins il y a d'impacts sur l'environnement, était d'utiliser différentes analyses simples et à moindres coûts pour évaluer l'efficacité de l'engrais organique à fournir son azote à la culture lorsqu'appliqué à différentes périodes d'épandage.

### **Méthodologie et résultats**

L'étude sur les différentes périodes d'application de fumier de bovins laitiers (FBL) a été réalisée selon un dispositif en blocs complets aléatoires sur une argile lourde durant deux années en collaboration avec un producteur laitier de Saint-Mathieu-de-Beloeil en Montérégie. Des FBL pailleux ayant un rapport carbone-azote d'environ 16 ont été épandus au début du projet à la fin du mois d'août et mi-octobre 2003 et au printemps 2004 à une dose unique de 50 t ha<sup>-1</sup> (~100 kg N valorisables ha<sup>-1</sup>) sur un précédent de blé. Les rendements de la première année obtenus sans autre fertilisation que les FBL n'ont donné aucune différence significative. Une deuxième année de culture de maïs après l'ajout de six doses d'azote (de 55 à 240 kg N ha<sup>-1</sup>) en post-levée selon un dispositif "Strip Split Blocs" n'a pas non plus livré de différence significative entre les périodes d'épandage. Toutefois la culture a accumulé différentes quantités d'azote dans ses tissus témoignant de l'effet résiduel des FBL. Les lectures relatives de la chlorophylle (SPAD) des feuilles de l'épi au début de la maturité physiologique de la culture a permis de discriminer les applications du printemps en faveur des applications d'automne. Les évaluations d'azote dans les feuilles au stade de pollinisation et dans les tiges prélevées avant la récolte témoignent des mêmes tendances avec des corrélations hautement significatives (P<0,0001).

Des niveaux de NO<sub>3</sub>-N du sol évalués à six reprises témoignent de la formation et migration des NO<sub>3</sub>-N à travers le profil de sol dès les premières semaines suivant l'application de FBL du mois d'août. Des évaluations de N-total du sol en fin de projet, où un différentiel d'application de N atteint en deux ans les 700 kg ha<sup>-1</sup> entre les traitements témoin "0" et saturé "N", permettent d'apprécier l'énorme pouvoir de rétention<sup>1-5</sup> qu'ont les argiles de la Montérégie.

### **Conclusion**

Plusieurs paramètres de sol et caractéristiques des fumiers doivent être considérés pour juger des impacts possibles que peut avoir la gestion des engrais organiques sur l'environnement. Le début de migration des NO<sub>3</sub>-N suite aux applications de fin d'été jumelée à des niveaux de chlorophylle sensiblement plus faibles pour les applications du printemps nous force à considérer que les applications d'automne tardif pourraient être la meilleure période d'application à recommander pour cette ferme laitière en gestion de fumier solide sur des argiles lourdes.

### **Références**

<sup>1</sup>Phillips, P.A., J.L.B. Culley, F.R. Hore, and N.K. Patni. 1981. *Pollution potential and corn yields from selected rates and timing of liquid manure applications*. ASAE Paper 79-2117

<sup>2</sup>Comfort, S.D., P.P. Motavalli, D.A. Kelling, and J.C. Converse. 1987. *Soil profile N, P, and K changes from injected liquid dairy manure or broadcast fertilizer*. Trans. ASAE 30:1364-1369.

<sup>3</sup>Côté, D., A. Michaud, T.S. Tran, and C. Bernard. 1999. *Slurry sidedressing and topdressing can improve soil and water quality in the Lake Champlain basin*. Water science and application. American Geophysical Union. 1:225-238

<sup>4</sup>Randall, G.W., M.A. Schmitt, and J.P. Schmidt. 1999. *Corn production as affected by time and rate of manure and nitrapyrin*. J. Prod. Agric. 12:317-323.

<sup>5</sup>Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. *Soil fertility and fertilizers*. 6th ed. Macmillan Publishing Co. New York, NY. USA.

# Réaction aqueuse entre EDTA-Fe-Na et le phosphate supertriple

HABIBA BEN MANSOUR ET MICHEL PIERRE CESCAS\*

Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.  
Courriel : michel.cescas@sga.ulaval.ca

Ce travail se situe dans le cadre d'une cause légale de la Cour Supérieure du Québec où on cherchait à trouver la cause de mauvaise croissance et de mort de plantules dans un milieu à base de tourbe améliorée par du superphosphate triple et du chélate de fer (Na-Fe-EDATE). L'expert de la défense alléguait, par calculs effectués à l'aide d'un logiciel propre à lui, qu'il y aurait précipitation du phosphore par le fer du chélate. La chimiste de la demanderesse prouvait, qu'après cinq jours d'équilibre, que la majorité du fer demeurait en solution avec le phosphore. Ce que confirmait plus tard lors de son interrogatoire l'expert de la défenderesse, et ce pour une période de 10 jours, quoiqu'il invoqua alors le facteur cinétique pouvant amener une précipitation dans le temps.

Le but de cette recherche a été de vérifier la cinétique de la réaction du Na-Fe-EDTA et du phosphate supertriple sur 11 périodes allant d'une demie-journée à deux mois et demi avec deux niveaux de pH initial ( 3 et 5,5 ), et de voir si il y aurait précipitation ou non. Le dispositif expérimental a été une expérience factorielle à trois répétitions et deux facteurs, le pH ( pH1 et pH2 ), et le temps ( onze temps différents ). Les analyses chimiques suivantes des filtrats de 66 échantillons ont été faites dans le cas de ce projet : fer, phosphore, calcium, sodium, sulfates, pH, potentiel rédox, et la conductivité électrique.

L'EDTA a été évalué suivant les quantités apportées. Les calculs et l'analyse des données ont été effectués à l'aide du logiciel MINTEQA2.

Le résultat trouvé montre qu'après quatre vingt jours de réaction il n'y a pas eu de précipitation entre le fer de l'EDTA et le phosphore. Ceci était confirmé par une observation visuelle. Ce résultat allait à l'encontre de l'affirmation de l'expert de la défenderesse qu'il y aurait précipitation, et confirme les résultats de la chimiste de la demanderesse.

## Inventaire canadien des émissions de protoxyde d'azote par les sols agricoles

PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, DEVON WORTH<sup>2</sup>, REYNALD LEMKE<sup>3</sup>, BRIAN MCCONKEY<sup>3</sup>, RAYMOND DESJARDINS<sup>2</sup>, EDWARD HUFFMAN<sup>2</sup>, DANIEL PENNOCK<sup>4</sup>, ANTHONY BRIERLEY<sup>5</sup>, J. YANG<sup>2</sup>, SAMUEL GAMEDA<sup>2</sup>, ET JULIAN HUTCHINSON<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>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur les céréales et les oléagineuses, Édifice K.W. Neatby, 960 AV CARLING, Pièce 2010, Ottawa ON K1A 0C6;

<sup>3</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur l'agriculture des prairies semi-arides, CP 1030, Chemin Airport, Swift Current, SK, S9H 3X2;

<sup>4</sup>Université de Saskatoon, 51, Campus Dr., Saskatoon, SK;

<sup>5</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Édifice J.G. O, Pièce 206, 7000 RUE 113, Edmonton AB, T6H 5T6.

Courriel : rochettep@agr.gc.ca

**Mots clés:** gaz à effet de serre, N<sub>2</sub>O, Kyoto.

La Convention Cadre de l'ONU sur les Changements Climatiques et le protocole de Kyoto exigent des pays signataires de produire un inventaire annuel de leurs émissions de gaz à effet de serre associées aux activités humaines dont l'agriculture. Le Groupe Inter-Gouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC ou *IPCC*) propose une approche pour les inventaires agricoles nationaux dans laquelle sont proposés des coefficients de base (ou "par défaut") associés aux principales sources de GES. Le GIEC encourage cependant fortement les pays à utiliser l'information disponible sur leur territoire pour adapter la méthode de base aux particularités de leurs pratiques agricoles et de leurs conditions de sol et de climat.

La méthodologie développée par Agriculture et Agroalimentaire Canada pour effectuer l'inventaire des émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) à partir des sols agricoles au Canada sera présentée. Cette méthodologie propose plusieurs modifications importantes par rapport à l'approche de base du GIEC. D'abord, elle inclut de nouvelles sources de N<sub>2</sub>O telles que le changement d'utilisation des terres et la pratique du semis direct et de la jachère d'été. Elle réévalue également la contribution de la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses. Finalement, son innovation la plus significative est l'utilisation d'un coefficient d'émission variable en fonction du climat et de la topographie. Ce nouveau coefficient permet aussi de tenir compte de la texture du sol, du dégel printanier et de l'irrigation sur les émissions.

L'inventaire des émissions annuelles de N<sub>2</sub>O de 1990 à 2004 obtenu par la méthode d'Agriculture et Agroalimentaire Canada sera présenté et comparé à celui produit par l'approche de base du GIEC.

# Émissions de protoxyde d'azote dans une rotation maïs/soya telles qu'influencées par le travail du sol et la fertilisation azotée

FRANCIS LAROUCHE<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, SUZANNE E. ALLAIRE<sup>2</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>1</sup>, NORMAND BERTRAND<sup>1</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>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.

Courriel : larouchef@agr.gc.ca

**Mots clés:** Protoxyde d'azote, semis direct, labour, fertilisation.

Les sols agricoles émettent près des deux tiers du protoxyde d'azote produit au Canada. La fertilisation azotée, la culture des légumineuses et le travail du sol peuvent modifier les conditions physiques, chimiques et biologiques régulant la production et l'émission du N<sub>2</sub>O (Gregorich et al., 2005; Baggs et al., 2003). Puisque le N<sub>2</sub>O possède un pouvoir de réchauffement élevé pouvant contribuer au phénomène d'effet de serre, il importe de savoir dans quelles situations et dans quelle mesure la régie des cultures (fertilisation et travail du sol) est susceptible d'influencer de façon significative les émissions de ce gaz.

Au cours de la saison 2004 et 2005, les flux gazeux ont été mesurés à l'aide de chambres à régime variable sur des parcelles expérimentales soumises à différentes régies de travail de sol (semis direct et labour) et de fertilisation azotée. En 2004, les flux de N<sub>2</sub>O ont été évalués dans les parcelles sous semis direct et labourées cultivées en maïs (*Zea mays* L.) fertilisées à un taux de 0, 80 ou 160 kg N ha<sup>-1</sup> sous forme de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. En 2005, les flux de N<sub>2</sub>O ont été mesurés dans les mêmes parcelles cultivées en soya (*glycine max.* (L.) Merr) et ne recevant pas d'apports azotés minéral.

En 2004, le cumul des émissions de N<sub>2</sub>O a été grandement dépendant de la dose d'azote (p<0.0001) avec des pertes de 1.0, 2.0 et 2.5 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> pour les parcelles ayant reçues respectivement 0, 80 et 160 kg N ha<sup>-1</sup>. Aucune différence significative n'a toutefois été observée entre les pertes issues des parcelles en semis direct et celles labourées. En 2005, des pertes de N<sub>2</sub>O supérieures ont été notées dans les parcelles en semis direct comparativement aux parcelles labourées (2.52 kg N ha<sup>-1</sup> et 1.52 kg N ha<sup>-1</sup> respectivement) mais aucun effet résiduel de la fertilisation de 2004 n'a été observé. Les flux ont été corrélés avec les concentrations en N<sub>2</sub>O dans le profil de sol, les teneurs en NO<sub>3</sub>-N, le taux de saturation en eau de la porosité du sol (TSPS) et les précipitations.

Cette étude a permis de démontrer que sous nos conditions 1 % de l'azote minéral ajouté est perdu sous forme de N<sub>2</sub>O et que l'effet des modes de travail de sol sur les émissions de N<sub>2</sub>O est variable selon les conditions pédoclimatiques rencontrées au cours de la saison.

## Références

- Gregorich, E.G., Rochette, P., VanderBygaart, A.J., Angers, D.A. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil & tillage Res.* **83**, 53-72.
- Baggs, E.M., Stevenson, M., Pihlatie, M., Regar, A., Cook, H., Cadisch, G. 2003. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant Soil.* **254**, 361-370.

# Seasonal variation in nitrous oxide fluxes in relation to soil parameters

ALICIA B. SPERATTI AND JOANN K. WHALEN

McGill university, Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, QC, H9X 3V9.

E-mail : alicia.speratti@mail.mcgill.ca

**Keywords:** nitrous oxide, agricultural soils, CO<sub>2</sub>, soil parameters.

## Introduction

Agricultural soils produce almost 70% of anthropogenic N<sub>2</sub>O emissions (Kroeze et al. 1999). Most of the N<sub>2</sub>O flux is from fertilized soils where the input of nitrate fertilizers combined with irrigation or rainfall stimulates denitrification. Yet, even unfertilized agricultural soils release about 0.5-1 kg N ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> as N<sub>2</sub>O (Matthias et al. 1980, Bouwman 1996). Though considerably lower than the amount emitted by fertilized soils, examining N<sub>2</sub>O emissions from unfertilized soils could help us better understand the factors that naturally affect nitrification and denitrification processes in agricultural soils. The objective of this study was to determine which process, nitrification or denitrification, mainly leads to N<sub>2</sub>O flux from an unfertilized agroecosystem.

## Methods

The field site was located on the Macdonald Campus Research Farm, Ste. Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada. Steel enclosures (2.88 m<sup>2</sup>) were permanently installed to a depth of 40cm in the soil and a row of corn was planted in each to simulate a corn agroecosystem. Once a week, from middle of June to September 2005, gas samples were collected from closed chambers (PVC pipes, 10.1 cm inner diameter, 12 cm height) placed over a PVC base permanently installed 10 cm from the corn row. Soil samples (0-15 cm) were also collected. Gas samples were analyzed for N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> concentrations, while soil samples were analyzed for ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), dissolved organic N (DON), and microbial biomass N (MBN). Soil temperature and soil moisture as water-filled pore space (WFPS) were also measured weekly.

## Results and Conclusions

We found that N<sub>2</sub>O fluxes were positively correlated with microbial biomass N and CO<sub>2</sub> emissions. The relationship between microbial biomass N and N<sub>2</sub>O flux may have occurred because the MBN is an indicator of nitrifying and denitrifying bacteria populations. The positive correlation between CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes implies that the microorganisms releasing CO<sub>2</sub> were likely also producing N<sub>2</sub>O. The fact that CO<sub>2</sub> was emitted from the soil also suggests that the soil was aerobic. Since nitrification is performed by aerobic bacteria and denitrification by anaerobic bacteria, it is more likely that N<sub>2</sub>O in our soils was produced by nitrification. This is supported by two observations. First, there was no correlation between NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N and N<sub>2</sub>O flux, although NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N is a precursor for N<sub>2</sub>O production via denitrification. Second, soil moisture content was not correlated with N<sub>2</sub>O flux. At least 60% WFPS is required for anaerobic conditions and denitrification to occur (Bremner and Blackmer 1978, Rolston 1981), but the soil moisture never exceeded 40% WFPS during the study period. Therefore, it is unlikely that denitrification was occurring to a large extent. Based on these findings and the soil conditions present, we suggest that nitrification, rather than denitrification, was the dominant process responsible for N<sub>2</sub>O flux from this corn agroecosystem.

## References

- Bouwman, A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46, 53-70.
- Bremner, J.M., and Blackmer, A.M. 1978. Nitrous oxide emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science* 199, 295-296.
- Kroeze, C., Mosier, A., and Bouwman, L. 1999. Closing the global N<sub>2</sub>O budget: a retrospective analysis 1500-1994. *Global Biogeochemical Cycles* 48, 1267-1272.
- Matthias, A.D., Blackmer, A.M., and Bremner, J.M. 1980. A simple chamber technique for field measurement of emissions of nitrous oxide from soils. *Journal of Environmental Quality* 9, 251-256.
- Rolston, D.E. 1981. Nitrous oxide and nitrogen gas production in fertilizer loss. In: Delwiche, C.C. (Ed.) *Denitrification, nitrification, and atmospheric nitrous oxide*, John Wiley and Sons, New York, 127-149.

# Transformations de l'azote dans les sols froids après l'application de lisier de porc enrichi en $^{15}\text{N}$

KAREN CLARK<sup>1,2</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, LÉON-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>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.

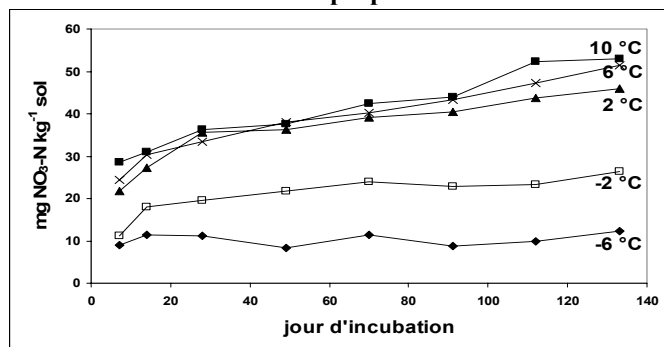
Courriel : clarkk@agr.gc.ca

**Mots clés:** cycle de l'azote, azote-15, sols froids, immobilisation, nitrification.

L'épandage automnal des engrais organiques est une pratique courante au Canada car on croit que les activités microbiennes dans les sols sont négligeables à basse température (<5 °C). Cependant, des études récentes démontrent que les communautés bactériennes peuvent s'acclimater aux conditions froides (Sharma et al. 2006) et que l'activité biologique de transformation de l'azote se poursuit dans les sols sous couvert de neige (Chantigny et al. 2002). Cette étude vise une meilleure compréhension des transformations hivernales de l'azote ammoniacal du lisier de porc épandu en automne dans l'est du Canada. Nous avons amendé un loam St-André et une argile Kamouraska avec un lisier de porc enrichi en  $^{15}\text{N}$  (55 kg  $\text{NH}_4\text{-N ha}^{-1}$ ) seul, ou avec de la paille de blé (10 Mg  $\text{ha}^{-1}$ ). Ces sols ont ensuite été incubés à cinq températures constantes (-6, -2, 2, 6 et 10 °C). Un suivi du  $^{15}\text{N}$  dans l'azote minéral, le  $\text{N}_2\text{O}$  et l'azote de la biomasse microbienne a été effectué afin de déterminer le devenir de l'azote ammoniacal du lisier de porc dans le sol en fonction du temps.

Les flux de  $\text{N}_2\text{O}$  ont été plus grands dans les sols avec paille de blé et incubés à 2 °C ou plus, mais sont devenus presque nuls après 49 jours. Du  $^{15}\text{N}_2\text{O}$  a été détecté entre le jour 7 et 14. Aux températures supérieures à 2 °C, une forte réduction de  $\text{NH}_4\text{-N}$  et de  $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$  et une augmentation en  $\text{NO}_3\text{-N}$  et en  $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$  ont été observées dans les sols avec lisier. L'ajout de résidus de culture à rapport C:N élevé a causé une immobilisation d'azote en haut de 2 °C, qui s'est traduite par une baisse de la teneur en azote minéral et une hausse de l'azote de la biomasse microbienne (BM). Cet effet n'a pas été observé à -2 ou à -6 °C. La quantité de  $^{15}\text{N}$  présente dans la BM a été variable mais démontre une assimilation de l'azote du lisier pour tous les traitements à toutes les températures étudiées. Cette expérience démontre que l'azote ammoniacal d'un lisier de porc peut être nitrifié et dénitrifié à basse température, ce qui indique un risque de lessivage et d'émission de gaz à effet de serre ( $\text{N}_2\text{O}$ ) associé à l'épandage automnal. Par contre il semble que la présence de résidus de culture puisse atténuer ce risque par une immobilisation de l'azote si les températures se maintiennent légèrement au-dessus du point de congélation.

## Concentration en nitrates et proportion dérivée du lisier dans une argile aux 5 températures d'incubation



Température	Proportion de $\text{NO}_3$ dérivée du lisier	
	Jour 14	Jour 28
10 °C	69	62
6 °C	71	68
2 °C	70	68
-2 °C	47	55
-6 °C	22	24

## Références

Chantigny, M. H., Angers, D. A., and Rochette, P. 2002. Fate of carbon and nitrogen from animal manure and crop residues in wet and cold soils. *Soil Biology and Biochemistry* **34**, 509-517.

Sharma, S., Szele, Z., Schilling, R., Munch, J. C., and Schloter, M. 2006. Influence of freeze-thaw stress on the structure and function of microbial communities and denitrifying populations in soil. *Applied and Environmental Microbiology* **72**, 2148-2152.

## **Séquestration du carbone dans un sol agricole du Québec : influence du travail du sol et de la fertilisation des cultures**

VINCENT POIRIER<sup>1,2</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1,2</sup>, JOSÉE FORTIN<sup>2</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, NICOLE BISSONNETTE<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, ET GILLES TREMBLAY<sup>3</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;

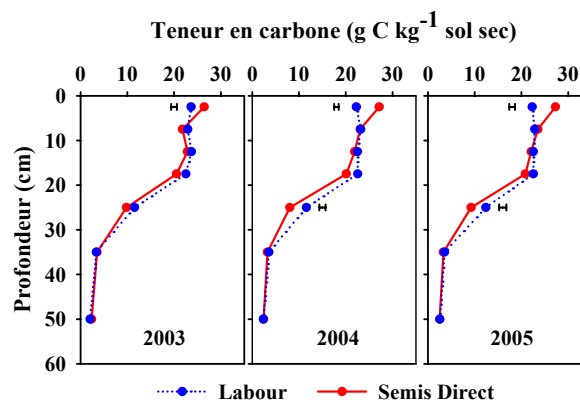
<sup>2</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4;

<sup>3</sup>CEROM, St-Bruno, QC J3V 4P6, Canada.

Courriel : vincent.poirier.1@ulaval.ca

**Mots clés:** carbone, séquestration, semis direct, labour, fertilisation.

Les sols représentent le réservoir de carbone le plus important de la biosphère après les océans et contribuent de façon importante au cycle global du carbone. À titre de gaz à effet de serre, le CO<sub>2</sub> participe au réchauffement climatique. Puisqu'il est possible d'inclure le carbone organique stocké dans les sols agricoles dans la comptabilité des émissions de CO<sub>2</sub> au terme des engagements du protocole de Kyoto, le potentiel de séquestration de carbone des sols agricoles fait l'objet d'un intérêt certain en recherche en sciences des sols. Le but de cette recherche est d'étudier l'évolution des stocks de carbone dans le profil de sol en fonction des modes de travail du sol, des traitements de fertilisation et des rendements des cultures (le maïs et le soya en rotation annuelle) sur des parcelles expérimentales de longue durée. Le site expérimental est situé sur la ferme de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à L'Acadie sur un sol de type gleysol humique orthique. Le dispositif expérimental est un plan en tiroir factoriel complet composé de 4 blocs, deux modes de travail du sol (semis-direct et labour), trois doses d'N (0, 80 et 160 kg d'N/ha appliquées sur le maïs seulement) et trois doses de P (0, 40 et 80 kg de P/ha). Les sols sont échantillonnés entre 0 et 60 cm et le profil divisé en sept couches distinctes. La masse volumique apparente des échantillons de sol est déterminée par séchage à l'étuve et la teneur en C est analysée via dosage par combustion sèche sur un appareil de type LECO CNS-1000. Nos résultats démontrent que le semis-direct permet d'accumuler plus de C en surface que le labour, mais que ce dernier entraîne une accumulation plus importante de C en profondeur suite à l'enfouissement des résidus de culture (figure 1). Lorsque l'ensemble du profil du sol est considéré, les sols soumis au semis-direct ne stockent pas plus de C que ceux soumis au labour. Les rendements des cultures sont supérieurs dans les sols labourés en 2003 et 2004. L'influence de la fertilisation se fait sentir sur les rendements du maïs et les apports de C au sol, mais ne se traduit pas par une augmentation de la teneur en C du sol. Les effets du travail du sol se situent principalement au niveau de la distribution du C dans le profil de sol et non au niveau des stocks de C dans le sol. À la lumière de ces résultats, le potentiel de stockage de C des sols de ce site soumis à une rotation maïs et soya apparaît donc limité.



**Figure 1 : Répartition de la teneur en carbone dans le profil de sol entre 2003 et 2005. Les barres horizontales représentent les valeurs LSD au seuil de probabilité de 0,05.**



# Tillage erosion – A different way to look at soil erosion and soil conservation in Atlantic Canada

KEVIN TIESSEN<sup>1</sup>, GUY MEHUYS<sup>1</sup>, DAVID LOBB<sup>2</sup>, HERB REES<sup>3</sup>, AND EDWARD McKYES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>McGill university, Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, QC, H9X 3V9;

<sup>2</sup>University of Manitoba, Department of Soil Science, , Winnipeg, MB;

<sup>3</sup>Agriculture and Agri-Food Canada, Potato Research Centre, 850 Lincoln Road, P.O. Box 20280, Fredericton, NB, E3B 4Z7;

<sup>4</sup>McGill University, Bioresource Engineering, Ste. Anne de Bellevue, QC.

e-mail: kevin.tiessen@mail.mcgill.ca

**Key words:** tillage erosion, conventional & conservation tillage, potato production, New Brunswick.

Tillage has been known to influence the magnitude of wind and water erosion processes for many years. However, recent studies have demonstrated that the direct movement of soil by tillage operations is, in and of itself, a significant erosive process, distinct from wind and water erosion (Govers et al. 1999). Tillage erosion is the progressive downslope movement of soil by farm implements and results in soil loss from hilltops and soil accumulation at the base of hills. In Canada, there is growing acceptance that tillage erosion is a serious form of soil degradation in cultivated landscapes and a threat to the sustainability of agriculture across the country (Lefebvre et al. 2005). The risk of tillage erosion is expected to be greatest in regions where highly erosive cropping and tillage systems are used on highly erodible landscapes. However, to date, tillage erosion experiments in Canada have only been conducted on conventionally tilled corn-based production systems in Ontario (Lobb et al. 1999). Therefore, the objective of this project is to generate tillage translocation and erosivity values for implements common to conventionally and conservation tilled potato production systems in the topographically complex landscapes of New Brunswick.

Both conventional and conservation potato production systems require numerous tillage operations: primary fall tillage [mouldboard (MP) vs. chisel plough (CP)], secondary spring tillage [offset disc (OD) vs. vibrashank (VS)], and “tertiary” tillage operations [implements involved in planting, cultivating and hilling (PCH) and harvesting (HARV)]. Preliminary analyses suggest that each primary, secondary and tertiary tillage operation is potentially erosive, as each moved large quantities of soil over considerable distances. After one pass, all six tillage operations moved tracer at least 3 m, with the greatest translocated distances observed for the PCH sequence ( $\approx 24$  m) and for the CP, VS and HARV ( $\approx 6$  m). Previous studies have generally assumed that tillage did not move soil to distances greater than 1 m and sampled accordingly (i.e. Lobb et al. 1999). Since the magnitude and variability of tillage translocation are dominated by the “tail” of the tracer distribution, care must be taken to ensure that sampling occurs to distances that account for all tracers, so as not to underestimate the potential erosivity of any implement.

For the primary and secondary implements, the mass of translocated soil ( $T_M$ ) was greatest for the CP ( $70.4 \text{ kg m}^{-1}$ ), followed by the MP ( $54.0 \text{ kg m}^{-1}$ ), VS ( $39.2 \text{ kg m}^{-1}$ ) and OD ( $38.3 \text{ kg m}^{-1}$ ). In addition, the  $T_M$  for the PCH sequence and HARV were equal to, or larger than, the  $T_M$  of the primary or secondary implements ( $134.1 \text{ kg m}^{-1}$  &  $80.9 \text{ kg m}^{-1}$  respectively). Regression analysis determined that a direct relationship exists between  $T_M$  and slope gradient for the CP, MP, OD and PCH sequence. Overall, the potential for tillage erosion ( $\beta$ ) was greatest for the PCH sequence and HARV ( $4.2$  &  $3.4 \text{ kg/m/\% slope}$  respectively), followed by the MP, CP and OD (each  $\approx 2.0 \text{ kg/m/\% slope}$ ), and finally the VS ( $0.3 \text{ kg/m/\% slope}$ ). These results suggest that conservation and tertiary tillage implements move as much soil and are as erosive as conventional tillage implements such as the MP. It is important that both residue management for wind and water erosion and soil movement for tillage erosion be considered when choosing implements and developing BMP's to improve soil conservation for potato production systems in Atlantic Canada.

## References

- Govers, G., Lobb, D. A. and Quine, T. A. 1999. Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. *Soil Tillage Res.* 51: 167-174.
- Lefebvre, A., Eilers, W. and Chunn, B. (Eds.) 2005. Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Agri-Environmental Indicaor Report Series - Report #2., Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario.
- Lobb, D. A., Kachanoski, R. G. and Miller, M. H. 1999. Tillage translocation and tillage erosion in the complex upland landscapes of southwestern Ontario, Canada. *Soil Tillage Res.* 51: 189-209.

# **CIRP : un utilitaire EXCEL® pour calculer l'indice de risque de pollution des eaux par le phosphore (IRP)**

MARC DUCHEMIN<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>2</sup>, MARCEL GIROUX<sup>1</sup>, ET MONIQUE GOULET<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8;

<sup>2</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.  
Courriel : Marc.Duchemin@irda.qc.ca

**Mots clés** : indice de phosphore, qualité des eaux, logiciel, modélisation.

Le phosphore compte parmi les contaminants agricoles susceptibles de causer la dégradation des eaux de surface. Quoiqu'essentielles à la croissance des plantes, les applications de phosphore aux champs peuvent engendrer des problèmes d'eutrophisation des plans d'eau lorsqu'ajoutées en quantité excédentaire aux besoins des cultures. Une saine gestion des pratiques agricoles est alors nécessaire pour réduire les pertes de P vers les cours d'eau. Considérant la difficulté de mesurer adéquatement les pertes de phosphore en milieu agricole à l'aide d'équipements scientifiques et d'estimer rapidement les pertes de P par modélisation hydrologique, des indices de risque de perte de P (*P index*) ont été proposés pour évaluer l'impact du phosphore sur le milieu hydrique à partir de caractéristiques décrivant les méthodes de fertilisation, le contenu du sol en P, l'importance du ruissellement et de l'érosion hydrique. Les indices de pertes de phosphore se composent généralement d'éléments sources qui contrôlent la disponibilité du P et d'éléments de transport qui contrôlent la migration du P vers les cours d'eau. Ces indices sont utilisés dans beaucoup de pays. Au Québec, un groupe d'experts sur le phosphore a également proposé un modèle pour évaluer le risque de perte du phosphore ; soit l'IRP, l'indice de risque de contamination de l'eau de surface par le phosphore (Beaudet et al. 1998). Cet indice IRP s'inspire du modèle « additif » de Lemunyon et Gilbert (1993) en terme de structure et de composantes. Entre 2000 et 2003, un projet de recherche (FCAR-IRDA) a été mené conjointement par l'Université Laval et l'IRDA afin d'évaluer, valider et améliorer l'indice IRP québécois pour des parcelles agricoles soumises à différentes applications de fertilisants. Parallèlement à ce projet, un outil informatique a été élaboré afin de faciliter le calcul de l'IRP en conditions agroenvironnementales québécoises. Cet outil s'est concrétisé sous la forme d'un utilitaire EXCEL® ; le Calculateur d'Indice de Risque de pollution des eaux par le Phosphore (CIRP). Cet exposé présente l'utilitaire CIRP à travers une application de gestion du phosphore à la ferme.

## **Références**

Beaudet, P., R. Beaulieu, M. Bélanger, D. Bernier, M. A. Bolinder, P. P. Dansereau, C. Émond, M. Giroux, J. Magnan, J. Nadeau, and R. R. Simard. (1998). Proposition de norme sur la fertilisation phosphate au groupe de travail interministériel. Document de travail. Groupe technique sur la norme sur le phosphore. 64 p.

Lemunyon, J. L., et R. G. Gilbert. (1993). The concept and need for a phosphorus assessment tool. *J. Prod. Agric.* 6(4): 483-486.

# Modélisation de l'érosion hydrique à l'échelle d'un petit bassin versant agricole dans un contexte de changement climatique

MARC DUCHEMIN<sup>1</sup> ET ROBERT LAGACÉ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8;

<sup>2</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4.

Courriel : Marc.Duchemin@irda.qc.ca

**Mots clés** : érosion, modélisation, changement climatique.

Les problèmes d'érosion et de sédimentation rencontrés le long des cours d'eau résultent de conditions climatiques particulières et d'activités anthropiques qui dégradent les ressources hydriques et édaphiques d'un territoire. La présence d'une quantité excessive de sédiments en suspension dans les cours d'eau témoigne souvent de problèmes d'érosion hydrique à la surface d'un bassin versant. Dans une perspective de développement durable, il s'avère donc essentiel de pouvoir estimer l'érosion hydrique des sols et les quantités de matières en suspension exportées à l'exutoire d'un bassin versant et d'en cibler les secteurs problématiques. Cette évaluation implique l'utilisation d'une somme considérable d'informations concernant les caractéristiques physiques du bassin versant et nécessite le développement d'une approche méthodologique de nature multidisciplinaire faisant intervenir les capacités de la modélisation hydrologique et des systèmes d'information géographique (SIG).

Les modifications déjà observées dans la distribution annuelle des quantités de pluies sur le continent américain sont susceptibles d'affecter l'hydrologie des bassins versants. Si l'hypothèse d'une augmentation du ruissellement de surface résultant des changements climatiques est acceptable, ses conséquences sur l'érosion hydrique sont plus difficiles à prévoir. Le taux d'érosion des sols changera en réponse aux variations du climat et de l'occupation du territoire pour plusieurs raisons, les plus directes étant une modification dans l'érosivité des précipitations et une modification dans la distribution spatiale des biomasses. En favorisant les systèmes cultureux mieux adaptés aux nouvelles conditions climatiques régionales, les producteurs agricoles influenceront la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique. Pour les régions agricoles où les précipitations augmenteront significativement, les taux de ruissellement et d'érosion augmenteront à un taux plus fort que les précipitations. Le risque d'orages intenses nécessitera une révision des méthodes de contrôle de l'érosion. Cette situation résultera en une forte hétérogénéité spatiale de l'érosion qui aura des conséquences importantes sur l'application des programmes de conservation des sols et des eaux.

Dans cet article, nous présentons les prémisses d'une simulation de l'érosion hydrique et du transport des sédiments en suspension à l'échelle d'un petit bassin versant agricole du Québec et la façon avec laquelle le modèle CEQÉROSS pourra être utilisé pour évaluer et localiser les secteurs d'érosion résultant de changements climatiques plausibles.

**SESSION V.  
SOLS FORESTIERS**

**Les ratios Ca/Sr et K/Rb des feuilles de l'érable à sucre: des marqueurs de la profondeur d'enracinement ou de la source du Ca et K de l'arbre?**

BENOIT COTE ET FRIEDA BEAUREGARD

Université McGill, Dép. des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald, 21 111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC H9X 3V9.  
Courriel: benoit.cote@mcgill.ca

**Mots clés:** calcium, érable, potassium, racines, strontium.

L'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) a connu une période de dépérissement dans les années 80. On note également une augmentation de la proportion de hêtre (*Fagus grandifolia* Ehrh.) dans la forêt feuillue du Québec. Les deux phénomènes sont concomittents et se sont produits à une période caractérisée par des dépôts atmosphériques acides élevés et des changements climatiques associés avec des conditions extrêmes de température, précipitations et vent. Tous ces facteurs ont en commun qu'ils affectent la disponibilité en nutriments des sols et la capacité des racines à explorer les horizons du sol et absorber les nutriments.

L'étude a pour objectif de déterminer l'évolution de la profondeur d'enracinement active durant la période de 1995-2005 dans l'érablière du bassin versant de l'Hermine dans les Laurentides au nord de Montréal. Nous avons émis l'hypothèse que les arbres auraient un système racinaire plus profond durant les sécheresses et que les chablis seraient associés avec un enracinement plus superficiel. La dynamique spatio-temporelle de l'enracinement actif des arbres a été déterminée en utilisant une approche simplifiée des ratios des isotopes du Sr ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) comme marqueur des pools de cations basiques. L'approche a consisté à utiliser les ratios Ca/Sr et K/Rb pour caractériser les pools de Ca et K utilisés par les arbres. Une étude préliminaire nous a permis d'établir des relations linéaires pour les ratios Ca/Sr et K/Rb entre les semis d'érable et leur substrat de croissance. Les horizons de sol de l'Hermine et les feuilles d'érable échantillonnées durant 1995-2005 ont ensuite été analysés pour Ca, Sr, K et Rb. Pour ces deux étapes, les sols ont été extraits à l'EDTA (0.05M), les feuilles digérées en solution acide ( $\text{HNO}_3$  70% et  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%) et les solutions analysés par ICP-AES.

Nos résultats suggèrent que la dynamique spatio-temporelle de l'enracinement actif ne répond pas significativement aux extrêmes climatiques. L'absorption du Ca semble être restreinte aux horizons B tandis que l'absorption du K semble être répartie plus ou moins également entre l'horizon organique et l'horizon B. Une étude similaire sera faite avec le hêtre pour comparer sa dynamique d'absorption de nutriments avec celle de l'érable et ainsi essayer de comprendre la plus grande compétitivité du hêtre dans certaines érablières.

# Capacité de stockage du carbone dans les plantations de pin rouge établies en terres agricoles abandonnées dans le sud du Québec

ROCK OUMET, SYLVIE TREMBLAY, CATHERINE PÉRIÉ, ET GUY PRÉSENT

Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8.  
Courriel : rock.ouimet@mrrnf.gouv.qc.ca

**Mots clés:** friche, puits de carbone, plantation, *Pinus resinosa*, Sud du Québec.

## Objectif

Évaluer l'évolution des stocks de carbone organique (C) dans des plantations de pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) établies sur d'anciennes terres agricoles dans le sud du Québec.

## Méthode

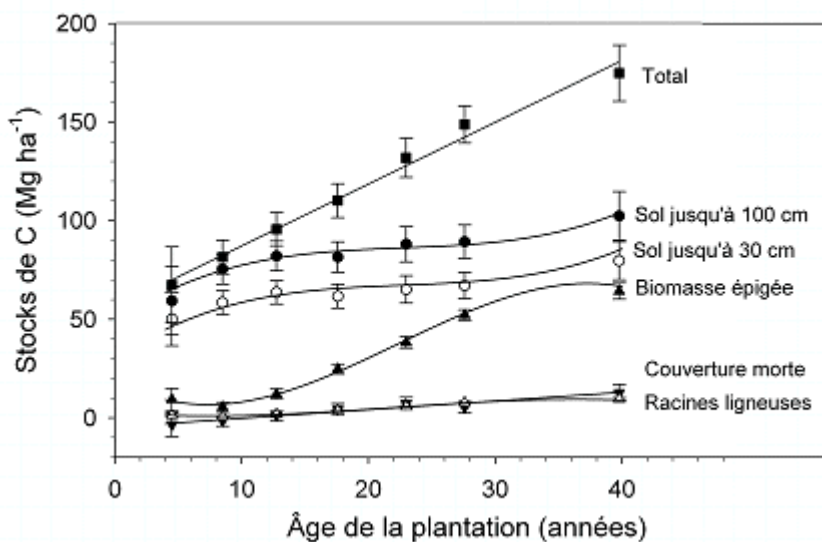
Le dispositif est une chronoséquence comprenant 348 sites (0.04 ha) dans 280 plantations sur terres agricoles abandonnées dont l'âge variait de 4 à 53 ans. Entre 1971 et 1978, on avait creusé à chaque site une fosse pédologique, décrit les caractéristiques des horizons du sol, et prélevé des échantillons des principaux horizons (Ap, B diagnostique et C) pour fins d'analyse du carbone organique selon la méthode de Walkley et Black (Allison 1965). La concentration en C des horizons non échantillonnés a été estimée à l'aide d'une fonction de pédotransfert. Le contenu en C dans la végétation à la date d'échantillonnage des sols a été estimé par interpolation entre deux inventaires dendrométriques, l'un réalisé avant la date d'échantillonnage des sols, l'autre quelques années après.

## Résultats

La couverture morte apparaît environ dix ans après l'établissement des plantations. Elle a ensuite accumulé du C de façon linéaire jusqu'à 40 ans au taux de  $0,44 \pm 0,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . L'accumulation du C dans la portion hypogée ligneuse était du même ordre de grandeur. Dans la biomasse épigée, l'accumulation du C a suivi une courbe sigmoïdale (voir figure) avec un taux d'accumulation maximum du C à environ 22 ans. Sur 40 ans, l'accumulation du C dans la portion épigée de la végétation a atteint en moyenne  $54,9 \pm 6,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Dans les 30 et 100 premiers centimètres du sol, l'accumulation du C a suivi une pareille tendance sigmoïdale avec une accumulation de  $43,1 \pm 21,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  sur 40 ans (incluant la couverture morte lorsque présente, mais excluant les racines ligneuses), soit un taux d'accumulation moyen de  $0,87 \pm 0,22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Au total, l'écosystème a accumulé en moyenne  $3,1 \pm 0,4 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (pendant 40 ans), soit l'équivalent de la consommation moyenne annuelle de trois à quatre voitures compactes. Le stock de carbone accumulé dans le sol a aussi varié avec l'ordre du sol.

Comparé aux autres espèces d'arbres indigènes (p. ex., l'épinette blanche (Tremblay et al. 2006)), comme puits de  $\text{CO}_2$  atmosphérique, le pin rouge apparaît l'une des meilleures essences pour le boisement des terres en friche dans le sud du Québec.

Figure. Évolution moyenne des stocks de carbone dans les divers compartiments des plantations de pin rouge en fonction de l'âge de la plantation. Les compartiments du sol incluent la couverture morte lorsqu'elle est présente.



## Références

Allison, L.E. 1965. Organic carbon. *In* Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI. pp. 1367-1378.

Tremblay, S., Périé, C., et Ouimet, R. 2006. Changes in organic carbon storage in a 50-year white spruce plantation chronosequence established on fallow land in Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.*, (sous presse).

## **Dépistage et identification par la technique PCR-SSCP du *Trichoderma virens* utilisé comme agent de lutte biologique dans la culture du soya**

RICHARD HOGUE ET NATHALIE DAIGLE

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

Courriel : richard.hogue@irda.qc.ca

**Mots clés:** dépistage, méthode-détection, *Trichoderma*.

Le champignon *Trichoderma virens* Rehner and Samuels, 1994 (antérieurement classé *Gliocladium virens* Miller, Giddens & Foster) est utilisé comme agent de lutte biologique dans la formulation du produit SoilGard™ (Certis, USA) pour contrôler plusieurs maladies fongiques telluriques. Son efficacité est fonction de sa persistance dans les sols inoculés et de sa compétitivité envers la microflore du sol. Une technique de détection et d'identification d'espèces de *Trichoderma* a été développée pour permettre d'évaluer la persistance de la souche de *T. virens* inoculée et de suivre les populations d'autres espèces de *Trichoderma* dans les parcelles expérimentales. La sensibilité de détection repose sur l'emploi d'une amplification des ADN fongiques par PCR gigogne à l'aide des amorces universelles ITS-1F / ITS-4 (White et al. 1990) suivi de l'emploi de la paire d'amorces A11-ITS.F1 / A11-ITS.R1 (Whirsel et al. 2001) en mode «Touchdown». Les produits amplifiés d'environ 450 paires de bases ont été clonés et séquencés. L'analyse des séquences a démontré que la paire d'amorces A11-ITS.F1 / A11-ITS.R1 amplifiait préférentiellement les espèces *Trichoderma koningii* Oudem, *T. hamatum* (Bonord.) Bain, *T. viride* Pers. Ex Gray et *T. atroviride*. L'analyse des séquences disponibles des gènes des ribosomes des espèces de *Trichoderma*, nous a permis de déterminer une nouvelle paire d'amorces Virens-ITS.F / Virens-ITS.R pour la détection spécifique des espèces *Trichoderma virens* Rehner and Samuels, *T. harzianum* Rifai et *T. aureoviride*. Lorsque les échantillons d'ADN totaux extraits du sol des parcelles témoins ou inoculées sont soumis à la PCR gigogne à l'aide des amorces universelles ITS-1F / ITS-4 suivi de l'emploi soit de la paire d'amorces A11-ITS.F1 / A11-ITS.R1, soit de la paire d'amorces Virens-ITS.F / Virens-ITS.R en mode de température d'hybridation fixée à 68°C, chacune des paires d'amorces amplifie spécifiquement les espèces de *Trichoderma* anticipées.

La différenciation des espèces de *Trichoderma* repose sur l'analyse électrophorétique en gel MDE du polymorphisme de conformation des simples brins (SSCP) des produits amplifiés par l'une ou l'autre des paires d'amorces. Cette technique PCR-SSCP a permis d'évaluer la persistance de la souche de *T. virens* inoculée dans des sols cultivés en soya (*Glycine max* L Merr.) sous deux régies de culture, le labour conventionnel et le semis direct. La technique a également permis de caractériser les fluctuations des populations de plusieurs espèces de *Trichoderma* dans chacune des parcelles au cours de la saison de culture. La diversité des espèces de *Trichoderma* était plus grande dans les parcelles cultivées en semis direct. Nos résultats indiquent une très faible persistance de la souche de *T. virens* inoculée.

### **Références**

- White, T.J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics In : Innis, M.A. et al. (Eds.), part 38 : PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, 315-322
- Whirsel, S.G.R., W. Leibinger, M. Ernst, K. Mendgen. 2001. Genetic diversity of fungi closely associated with common red. *New Phytologist* **149**, 589-598

# Persistance des bactéries entériques dans les sols agricoles

CAROLINE CÔTÉ<sup>1</sup> ET SYLVAIN QUESSY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 3300 rue Sicotte, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S 7B8;

<sup>2</sup>Université de Montréal, 3200 Sicotte, Saint-Hyacinthe, QC, J2S 7C6.  
courriel : caroline.cote@irda.qc.ca

**Mots clés:** sol, microorganismes pathogènes, entérobactéries.

## Introduction

Les fumiers peuvent contenir des microorganismes potentiellement pathogènes pour l'homme. La connaissance du potentiel de survie de ces derniers dans les sols agricoles permet de faciliter la gestion du risque de contamination microbienne des récoltes associé aux pratiques d'épandage. De façon générale, les populations de microorganismes entériques introduits au sol suivent une décroissance exponentielle. Celle-ci peut être décrite par la loi de Chick, représentée par l'équation suivante:

$N_t / N_0 = 10^{-k t}$  (équation 1), où:

$N_t$  = nombre de microorganismes au temps  $t$ ;  $N_0$  = nombre de microorganismes au temps 0;  $t$  = temps (jours);  $k$  = constante de décroissance microbienne

L'objectif de cette étude était de préciser le potentiel de survie des microorganismes potentiellement pathogènes pour l'homme dans le sol de surface suite à l'épandage d'engrais de ferme.

## Méthodologie

L'expérience a été menée en parcelles expérimentales ainsi que chez des producteurs agricoles dans les régions de Lanaudière et de la Montérégie. Des engrais de ferme ont été appliqués pour la fertilisation de cultures maraîchères. Ceux-ci ont été analysés pour la détermination de leur contenu en *Escherichia coli* (utilisée comme indicateur de contamination fécale) par la méthode des pétrifilms. De plus, la présence de *Salmonella* spp et *Yersinia enterocolitica* a été vérifiée par des méthodes de culture conventionnelles. L'analyse microbiologique du sol à une profondeur de 20 cm a aussi été faite avant l'épandage des fumiers, ainsi qu'après l'épandage à toutes les 1 ou 2 semaines. Enfin, des échantillons de légumes ont été prélevés pour fins d'analyses microbiologiques. Les constantes de décroissance des populations de *E. coli* dans le sol ont été déterminées en appliquant la loi de Chick.

## Résultats

Dans le cadre de cette étude, les entérobactéries ciblées n'ont pas été détectées au printemps avant l'épandage des engrais de ferme. De plus, la présence de celles-ci était rare en cours de saison dans les champs n'ayant pas reçu de fumiers. En parcelles expérimentales, la constante de décroissance moyenne des populations de *E. coli* dans le sol de surface après l'épandage de lisier de porc dans la culture du cornichon variait entre 0,049 et 0,063 dans le loam sableux et elle fut estimée à 0,0038 dans le sable loameux. Suite à l'épandage d'un lisier de porc dont le contenu *E. coli* est élevé, le nombre de jours requis pour que les populations de *E. coli* redeviennent nulles dans le sol peut atteindre 100 jours. Des résultats comparables ont été obtenus lors des validations chez les producteurs agricoles. La survie maximale de *Salmonella* spp. observée fut de 54 jours. Aucun lien n'a été établi entre l'épandage d'engrais de ferme et la contamination microbiologique des légumes.

## Conclusions

Au printemps avant l'épandage des engrais de ferme, *E. coli*, *Salmonella* spp et *Yersinia enterocolitica* se situaient sous la limite de détection dans les sols agricoles à l'étude. Suite à l'épandage des fumiers, les populations de *E. coli* dans le sol de surface suivent une décroissance exponentielle. La persistance de cette bactérie dans le sol dépend du contenu du fumier épandu. Les résultats préliminaires suggèrent que la texture du sol influence la survie des entérobactéries.

# Collection de gros monolithes de sols

SUZANNE E. ALLAIRE

Université Laval, Centre de Recherche en Horticulture, Pavillon Environtron, 2480 Hochelaga, Québec, QC, G1K 7P4.

Courriel : [suzanne.allaire@sga.ulaval.ca](mailto:suzanne.allaire@sga.ulaval.ca)

**Mots clés:** échantillons de sol, échantillonnage, démos, extraction.

## Introduction

Les échantillons de sols sont habituellement très petits de moins d'un kg alors que parfois, des gros monolithes de plus de 50 kg sont utilisés. La collection de gros monolithes de sols est nécessaire pour différents types de travaux. Par exemple, des monolithes de sols ont été utilisés dans des musées pour montrer au public différents aspects de sols, pour l'enseignement à tous les niveaux, pour le suivi de contaminants et la recherche.

Plusieurs aspects dans le choix du sol, la méthode d'extraction, les matériaux du casing, de l'entreposage et de l'exposition doivent être considérés préalablement à l'extraction de ces monolithes.

Cette présentation discutera des différentes considérations et présentera deux méthodes d'extraction. Des difficultés et des recommandations seront également discutées.

## Méthodologie et discussion

Chaque type de travail a ses propres restrictions quant au type de sol, de casing, d'instrumentation, et de collection. L'enseignement, la vulgarisation requiert des gros monolithes dont plusieurs personnes peuvent voir le sol à l'intérieur. Le suivi des contaminants requière un casing qui ne sorbe pas le contaminant. La recherche a le plus de contraintes quant aux sols, précision d'extraction et propriétés du casing. Des tableaux de propriétés de matériaux de casing et de sols sont présentés.

Deux types de monolithes sont utilisés soit les monolithes cylindriques et les orthorhombiques. Il s'agit d'enfoncer un gros cylindre dans la sol avec une force de tracteur. Dégager le sol autour du cylindre au fur et à mesure qu'il enfonce. L'installation de la base requière du travail plus précis. La collection de monolithes orthorhombique nécessite une bonne préparation préliminaire. Un seul côté du monolithe de sol est creusé à la fois, le casing est installé un côté à la fois suite à l'extraction de chaque côté. Ceci est fait en séquence et sera décrit à l'aide de photos durant la présentation.

Les monolithes cylindriques sont plus faciles à extraire et le casing est plus rapide à construire. Par contre, l'insertion du casing durant la collection du monolithe crée d'importantes modifications dans la structure et l'organisation du sol. En comparaison, l'extraction de monolithes orthorhombiques prend plus de temps, la préparation est plus longue. Le sol ne subit aucune compaction ni réorganisation. Par contre, les parois peuvent avoir tendance à se décoller du sol. Les avantages et désavantages de chaque technique est discutées durant la présentation.

## Conclusion

La collection de gros monolithes de sol est souvent nécessaire pour différents travaux. Le succès de la collection et la qualité du monolithe dépendent de la préparation, le choix des matériaux, des sols et de la méthode.



# The contribution of earthworms to nutrient mineralisation in Québec agroecosystems

NIKITA S. ERIKSEN-HAMEL AND JOANN K. WHALEN

McGill university, Dept. of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, 21 111 Lakeshore Road, Ste Anne de Bellevue, QC, H9X 3V9.

email: neriks@po-box.mcgill.ca

**Keyword :** earthworms, field enclosures, soil nitrogen dynamics, plant growth.

Earthworms are commonly referred to as ecosystem engineers for their ability to alter soil physical properties, soil nutrients, soil biological communities, and above-ground plant communities. The functional relationships between earthworms, soils and plants have been extensively studied in microcosm and laboratory experiments. However, extrapolating these results to the ecosystem-level is difficult. Earthworm activities may be overstated in small-scale experiments due to the control of environmental variables like temperature, soil moisture and food availability or because an unrealistic number of earthworms were added to small containers or mesocosms. There is a need to study the influence of realistic earthworm communities on soil properties and crop production at the agro-ecosystem level.

Two field experiments were conducted to determine the influence of earthworms on soil nutrient availability and plant growth in soybean, maize and hayfield agroecosystems. In the first experiment, earthworm abundance and biomass were manipulated in plot-scale field enclosures (2.4 x 1.9 m<sup>2</sup>) by first reducing earthworm populations within enclosures with carbaryl pesticide, and then adding specific populations and biomasses of earthworms to the enclosures. A control enclosure with no added earthworms was also included. Soybean was grown in the enclosures in 2004 and silage maize in 2005. Soil nutrients, plant yield and nutrient concentration were determined at harvest (September) in each year. Earthworm communities were also sampled in each enclosure at harvest. In the second experiment, earthworm populations in hayfields were systematically reduced over a 12 week period by applying carbaryl pesticide to field plots every two weeks. This allowed us to control the active earthworm population in plots for periods of 0 – 12 weeks. Grass yields and tissue N concentrations were measured every two weeks, and soil nutrient concentrations determined at the final harvest (August, 2004 and July, 2005).

The success of earthworm manipulations in field enclosures was affected strongly by climate conditions. Daily temperature fluctuations and weekly rainfall patterns in 2004 were similar to the 30-year mean for the region. On the other hand, in 2005 above normal temperatures began in early June and continued for the next 12 weeks, and the frequency of rainfall events was lower than the 30-year mean. In 2004, there was a positive relationship between earthworm numbers and soil mineral-N and MBN at the 0- 15 cm depth, and greater soybean shoot and grain-N yield. In 2005, there was no effect of earthworms on maize plants probably due to poor survival of introduced earthworms, greater N requirements and deeper rooting habits of maize than soybeans. In the hayfield experiment, reducing earthworm populations for up to 12 weeks did not affect N uptake or grass yield. However, undisturbed earthworm populations increased the soil mineral-N concentration by 0.8 kg N ha<sup>-1</sup> per week, providing as much as 10 kg N ha<sup>-1</sup> during the 12 week study.

The contribution of earthworms to nitrogen cycling in agro-ecosystems is significantly influenced by soil temperature and moisture. The duration of optimal conditions for earthworm activity in the spring significantly impacts N mineralization and their contribution to plant nutrition. Furthermore, the sensitivity of earthworm populations to unfavourable environmental conditions is more pronounced in disturbed row-crop systems, like soybean and maize, than hayfields. Thus the contribution of earthworms to soil fertility at the field scale may range from negligible to measurable depending on agricultural management practices. Further research is necessary to develop holistic management strategies that optimise and stabilise the beneficial effects of these earthworms to agro-ecosystems.

# Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation

ODETTE MÉNARD

MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie Est, Saint-Hyacinthe, QC.  
Courriel : Odette.Menard@mapaq.gouv.qc.ca

Le ver de terre est le seul individu que je connaisse qui déteste aller à la pêche...

Je pense sincèrement qu'en choisissant un système agricole, il faut tenir compte de la vie de nos sols. Les vers de terre en sont probablement les meilleurs ambassadeurs. En les connaissant mieux, peut-être arriverons-nous à leur redonner la place et les responsabilités qu'ils savent si bien prendre.

## Les vers de terre jouent un rôle essentiel dans nos sols

D'abord, il n'existe pas un ver de terre, mais de nombreuses espèces adaptées à des situations écologiques différentes. En les observant de plus près, vous remarquerez que leur taille, leur forme et leurs couleurs diffèrent. Mais toutes les espèces de vers de terre ont en commun la faculté de se nourrir principalement de déchets végétaux plus ou moins décomposés. Les vers de terre ne sont jamais des ravageurs et ne peuvent pas provoquer de dégâts aux cultures.

Les vers de terre que nous retrouvons dans nos champs appartiennent à trois groupes écologiques différents :

**Les épigés**, de petite taille, vivent près de la surface du sol. Ils se nourrissent de matières organiques fraîches et représentent 5 % de la biomasse des vers de terre du sol.

**Les endogés**, de taille moyenne, vivent dans les 20 premiers centimètres du sol. Ils se nourrissent de matière organique dispersée dans la partie minérale du sol et sont responsables des nombreuses galeries creusées horizontalement. Ils représentent de 20 à 40 % de la biomasse des vers de terre du sol.

**Les anéciques**, les gros, cherchent leur nourriture à la surface du sol et la distribuent dans tout le profil du sol grâce aux galeries verticales qu'ils creusent. Ils représentent 40 à 60 % de la biomasse des vers de terre du sol.

Nous avons remarqué au cours des années dans les champs de semis direct l'apparition de petits monticules de résidus. Puis nous avons remarqué que sous ces résidus se retrouvait invariablement un trou de vers de terre, type anécique. Mais comment construisaient-ils ces petites cabanes. C'est ce que nous avons voulu savoir et c'est en les filmant que nous avons trouvé une réponse à notre question.

## Avez-vous déjà entendu ce vieux proverbe paysan?

« Dieu sait comment s'obtient la fertilité de la terre, il en a confié le secret au vers de terre. »

Nous sommes dans un monde où les nouveaux défis sont de faire autant, sinon plus, avec moins, souvent beaucoup moins, d'intrants. Les gaz à effet de serre nous amènent à réfléchir sur notre consommation énergétique. Le développement durable veut nous voir adopter des pratiques qui permettront d'accroître la biodiversité.

En choisissant des pratiques agricoles de conservation qui préservent et encouragent le développement des populations de vers de terre dans nos champs, nous mettons toutes les chances de notre côté pour améliorer le potentiel de production de nos sols. Ces pratiques agricoles de conservation comprennent tout système qui permet de garder une couverture de 30 % de résidus et plus à la surface du sol, et ce, après semis. Elles comprennent aussi et sûrement des rotations à plusieurs cultures qui permettent une alimentation variée pour nos amis les vers de terre.

## Références

TCS, revue agricole française spécialisée dans les techniques culturales simplifiées et le semis direct, TB&A éditions, Amillé, Marcille-Robert, France.

Earthworms Ecology, Clive A. Edwards, 1998, Soil and Water Conservation Society.

The Farmer's Earthworm Handbook, Managing your Underground Money-Makers, David Ernst, 1995, Lessiter Publications, Brookfield, Wisconsin.

The Earthworm Book, How to Raise and Use Earthworms for your Farm and Garden, Jerry Minnich, 1977, Rodale Press Emmaus, Pennsylvanie.

# Les défis de l'environnement au Biodôme

CLAIRE VASSEUR

Biodôme de Montréal; Montréal, QC.  
Courriel : [cvasseur@ville.montréal.qc.ca](mailto:cvasseur@ville.montréal.qc.ca)

**Mots clés:** Écosystème, Tropical, Laurentien.

Reconstituer la vie sous verre, y introduire le sol, l'eau, les plantes, les animaux et ouvrir la porte au public pour observer les changements, avec une mission de conservation, d'éducation et de recherche. Tel est le défi que les concepteurs du Biodôme se sont donnés. Le Biodôme, ouvert en 1992, est constitué de quatre représentations d'écosystèmes: la Forêt laurentienne, la Forêt tropicale, le Saint-Laurent marin et le Monde polaire. La Forêt laurentienne du Biodôme est une forêt mixte composée de feuillus dont l'érable à sucre et le bouleau blanc et de conifères dont le sapin et l'épinette blanche. Les principaux habitants de l'écosystème sont le castor, le lynx, la loutre, le porc-épic, des tortues et plus d'une centaine d'oiseaux et de poissons. Les conditions climatiques et de luminosité varient au gré des saisons. La température estivale est de 23°C et l'hiver, elle varie de 4°C la nuit à 10 °C le jour. La zone tropicale est une représentation d'une forêt tropicale humide de l'Amérique du Sud. La température varie de 25°C à 28°C et l'humidité à 70%. Un éclairage artificiel assure une photopériode identique à celle du Costa Rica. Elle compte plus de 300 espèces de plantes dont les cécopias, les épiphytes, les palmiers et les figuiers. Elle abrite des poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères dont des espèces menacées: le tamarin doré, le tamarin Goeldi et l'ara hyacinte. Les plantes, des zones tropicale et laurentienne, poussent dans une matrice de sol de 1.2 m de profondeur. Les 60 cm de fond est constitué d'un top sol agricole sableux et en surface d'un mélange moitié sable et moitié sol organique. Il n'y a pas de fertilisant ajouté. Les nutriments sont obtenus par la décomposition naturelle des feuilles qui tombent et des débris organiques. Un suivi annuel de la fertilité des sols et les teneurs en éléments nutritifs des feuilles des principaux arbres sont effectués en juillet dans la zone laurentienne et en septembre pour la zone tropicale

Au Biodôme, la lumière est un facteur limitant pour la croissance des plantes, certaines espèces telles que le peuplier faux-tremble et les plantes de sous bois ont de la difficulté à s'établir dans la zone laurentienne. Dans l'écosystème tropical, où le niveau de CO<sub>2</sub> est élevé, la photosynthèse a été mesurée sur 2 espèces.

La majorité des feuilles dans la zone tropicale sont limitées par la lumière et ne répondent pas au taux élevé de CO<sub>2</sub> par une augmentation de photosynthèse. Cependant, dans les feuilles non-limitées par la lumière, la photosynthèse augmente de 9% en doublant la quantité de CO<sub>2</sub>.

En surface, le pH initial de 6.2 des sols de la zone laurentienne et tropicale augmente la première année à 6.5 et 6.8 pour ensuite diminuer à 6, après 8 ans. La minéralisation de la matière organique est élevée en surface dans les deux forêts et diminue avec la profondeur. Le nitrate est la forme d'azote dominante avec un ratio NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub> de 60:1. On observe avec les années un enrichissement en phosphore de la zone intermédiaire entre la partie organique et sableuse du sol. Le bilan du nombre d'oiseaux présents dans les zones laurentienne et tropicale équivaut à une unité animal par ha. Malgré ce niveau, les oiseaux pourraient contribuer à l'enrichissement du sol en phosphore. Le potassium du sol diminue plus rapidement dans la zone tropicale que dans la zone laurentienne. Les sols, riche en matière organique, retiennent peu le potassium et le taux d'humidité élevé dans la zone tropicale favorise son lessivage. Cependant le K foliaire est plus élevé (1.5-2%) chez les espèces tropicales que dans les espèces de la forêt laurentienne (0.5-1%). Les plantes tropicales auraient une plus grande capacité à l'absorber que les espèces de la Forêt laurentienne. Le pH du sol atteint 7.2 en profondeur ce qui entraîne une diminution de la disponibilité du Fer et Mn. Plusieurs érables rouges montrent des carences sur les jeunes feuilles caractérisées par une chlorose entre les veines. Les carences sont observées avec des niveaux de 25 à 50 ppm en Mn dans les feuilles.

Reproduire un écosystème présente plus d'un défi, cependant, il y a beaucoup à apprendre, sur les effets bénéfiques de la biodiversité et la complexité d'un écosystème.

## **Amélioration du rendement et de l'utilisation de l'eau chez la tomate de serre par la gestion de l'irrigation par potentiel matriciel dans un substrat sciure-tourbe**

ISABELLE LEMAY<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, MARTINE DORAIS<sup>2</sup>, ET STEEVE PEPIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC; G1K 7P4;

<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.

Courriel : isabelle.lemay@sga.ulaval.ca

**Mots clés :** irrigation, tomate, potentiel matriciel, sciure, tourbe.

Depuis plusieurs années, des préoccupations environnementales et économiques ont amené certains producteurs de tomate de serre à s'intéresser à de nouveaux substrats de culture, en remplacement de la laine de roche. D'après les résultats de recherches antérieures, un mélange de sciure et de tourbe semble un substrat intéressant pour cette production. Cependant, afin d'obtenir des rendements intéressants, la régie d'irrigation doit être adaptée à ce substrat dont les propriétés physiques diffèrent de celles de la laine de roche. Une régie d'irrigation en fonction du potentiel matriciel pour un substrat sciure-tourbe (2 :1) a été comparée à une régie par minuterie en fonction de la radiation solaire pour ce même substrat, ainsi que pour la laine de roche utilisée comme témoin. L'objectif de cette étude était de déterminer la régie d'irrigation permettant d'obtenir les meilleurs rendements dans un substrat sciure-tourbe. La gestion de l'irrigation du mélange sciure-tourbe en fonction du potentiel matriciel a permis d'obtenir les meilleurs rendements. Un rendement total et vendable supérieur de 10,5 % et 10,3 % respectivement a été obtenu comparativement à la laine de roche, sans diminution apparente de la qualité des fruits. Une régie d'irrigation adaptée au substrat sciure-tourbe pourrait donc permettre aux producteurs de tomate de serre d'utiliser un substrat plus écologique et moins coûteux que la laine de roche, tout en améliorant leurs rendements.

# Diagnostic de la nutrition azotée du maïs-grain

MARIANNE BRASSARD<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>2</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>2</sup>, ET LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4;

<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.

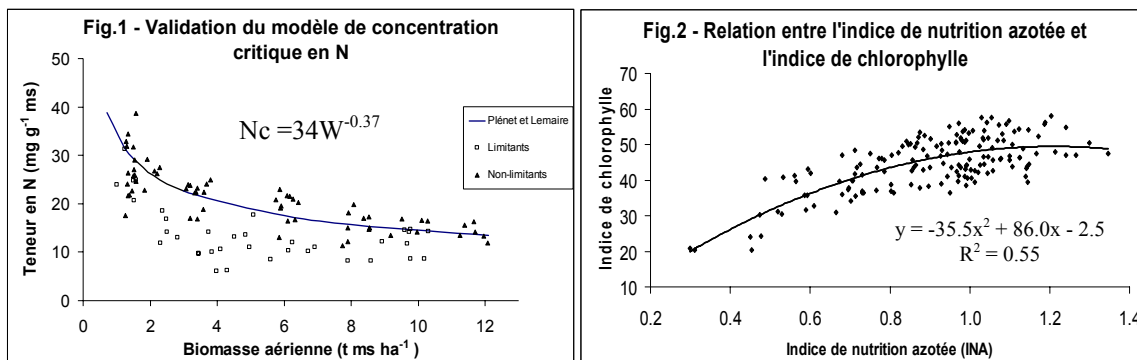
Courriel : brassardm@agr.gc.ca

**Mots clés :** Azote, indice de nutrition azotée, chlorophylle, SPAD, maïs.

Les engrais azotés sont essentiels pour atteindre des rendements élevés et répondre aux exigences nutritionnelles du maïs grain. Toutefois, l'azote (N) peut causer des problèmes environnementaux s'il n'est pas prélevé par la plante. Des indicateurs du statut nutritif du maïs sont donc requis pour assurer une meilleure gestion de l'azote et réduire les risques de pollution environnementale. Les mesures de chlorophylle des feuilles (Rashid et al. 2004) et les indices de nutrition azotée (INA), calculés à partir d'une concentration critique en N ( $N_c$ ; Plénet et Lemaire 2000) font partie de ces nouveaux outils et il est essentiel de les évaluer au Québec. Les objectifs de la présente étude sont de valider le modèle de concentration critique en N de Plénet et Lemaire (2000) et d'étudier la relation entre l'INA et les mesures de chlorophylle.

Les essais se sont déroulés pendant deux saisons de croissance (2004-2005) sur six sites situés dans les régions de Québec, Saint-Jean-sur-Richelieu et Montérégie. Différentes doses de N ont été appliquées pour une moyenne variant entre 20 et 250 kg N ha<sup>-1</sup>. Des échantillonnages de la partie aérienne pour déterminer la biomasse et la teneur en N ont été effectués huit fois en 2004 et sept fois en 2005 à un intervalle d'une semaine en moyenne débutant au stade de 2 feuilles. Des mesures de la chlorophylle ont été aussi effectuées sur la dernière feuille ligulée des plants échantillonnés à chacune de ces dates.

Nos résultats indiquent que la courbe de N critique suivante :  $N_c = 34W^{-0.37}$  ( $W$ =biomasse aérienne; t ha<sup>-1</sup>) proposée par Plénet et Lemaire (2000), permet de distinguer les situations limitantes et non-limitantes en N du maïs pour les conditions pédoclimatiques du Québec (Fig.1). L'INA ( $N_{\text{mesuré}}/N_c$ ) calculé pour chaque dose à chaque site a ensuite été mis en relation avec la teneur en chlorophylle des feuilles. La relation obtenue démontre un lien positif entre l'INA et l'indice de chlorophylle (Fig.2). Les résultats préliminaires de cette étude confirment bien l'efficacité de ces deux outils diagnostiques pour identifier et quantifier les carences en N chez le maïs grain au Québec.



## Références

Plénet, D et G. Lemaire. 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant and Soil*. **216**: 65-82.

Rashid, M.T., P. Voroney et G. Parkin. 2004. Predicting nitrogen fertilizer requirements for corn by chlorophyll meter under different N availability conditions. *Can. J. Soil Sci.* **85**: 149-159

# Diagnostic de la nutrition azotée du blé panifiable

LOUIS LEFEBVRE<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, ET LÉON-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>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC, G1K 7P4.

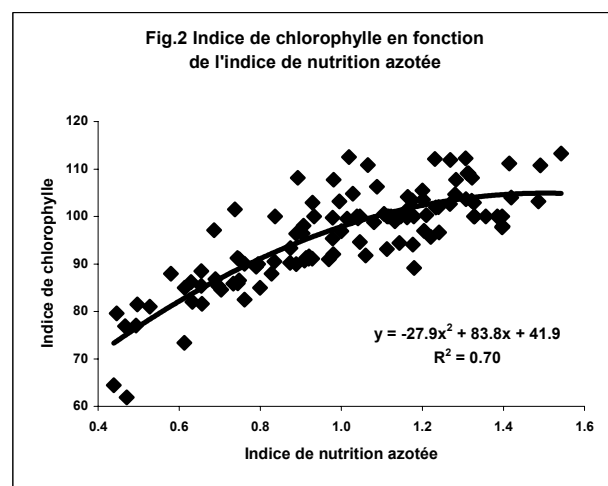
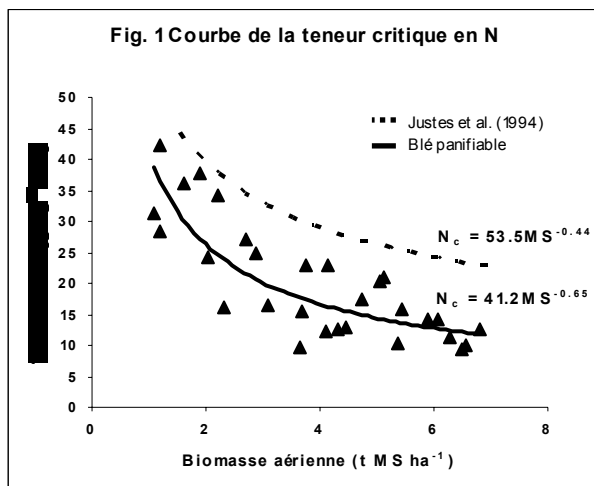
Courriel : louis.lefebvre.2@ulaval.ca

**Mots clés :** azote, indice de nutrition azotée, teneur critique, chlorophylle, SAPD.

Une carence en azote chez le blé empêche la culture d'atteindre sa croissance maximale. Par ailleurs, l'excès d'azote augmente les risques de pollution d'origine agricole et les pertes monétaires. Un des moyens les plus fiables pour établir l'état nutritionnel azoté d'une culture est l'utilisation de la courbe de la teneur critique ( $N_c$ ), laquelle permet de calculer un indice de nutrition azotée ( $INA = N_{\text{mesure}}/N_c$ ). Cette courbe, établie par Justes et al. (1994), en France, pour le blé d'hiver, n'a pas été validée dans les conditions pédoclimatiques du Québec. Le lecteur de chlorophylle (SPAD-502) permet d'estimer indirectement en temps réel la teneur en azote de la culture (Hoel et al. 2002). Les objectifs de cette étude sont de déterminer la courbe de la teneur critique en azote pour le blé panifiable au Québec, de la comparer à celle établie par Justes et al. (1994) et d'établir la relation entre l'indice de nutrition azoté (INA) et l'indice de chlorophylle (IC).

Des essais au champ se sont déroulés sur trois sites (Montérégie Ouest, Montérégie Est, Lanaudière) à chacune des années 2004 et 2005. Un dispositif expérimental composé de quatre blocs complètement aléatoires et de doses de N variant de 0-200 kg N ha<sup>-1</sup> fût utilisé à chacun des sites. Au cours de la saison de croissance, la biomasse aérienne et sa teneur en azote ont été mesurées à huit dates en 2004 et cinq dates en 2005 à un intervalle d'une semaine à partir du stade zadoks 15 et 22 respectivement. La teneur en chlorophylle de la dernière feuille ligulée a également été estimée à ces mêmes dates.

L'ensemble des points expérimentaux obtenus se situe sous la courbe proposée par Justes et al. (1994) malgré la présence de conditions d'azote non-limitantes. Une nouvelle courbe de la teneur critique en azote a donc été établie :  $N_c = 41,2 \text{ MS}^{-0,65}$  (Fig.1), laquelle diffère grandement de celle établie par Justes et al. (1994). Cette nouvelle courbe pourra servir de base à l'établissement du statut nutritif azoté du blé panifiable sous les conditions du Québec. Le lecteur de chlorophylle (SPAD-502) permet d'évaluer rapidement l'indice de nutrition azotée de la culture puisqu'une relation étroite ( $R^2 = 0.70$ ) existe entre l'IC et l'INA (Fig. 2).



## Références

Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M et Thelie-Huches, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74 : 397-407.

Hoel, B.O. 2002. Chlorophyll meter reading in winter wheat: cultivar differences and prediction of grain protein content. *Soil and Plant Sci.* 52 : 147-157.

# Diagnostic de la nutrition phosphatée du maïs grain

NOURA ZIADI<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, ANNIE CLAESSENS<sup>1</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, NICOLAS TREMBLAY<sup>2</sup>, MICHEL C. NOLIN<sup>1</sup>, ET MARIANNE BRASSARD<sup>1</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>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en horticulture, 430 Boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC, J3B 3E6.

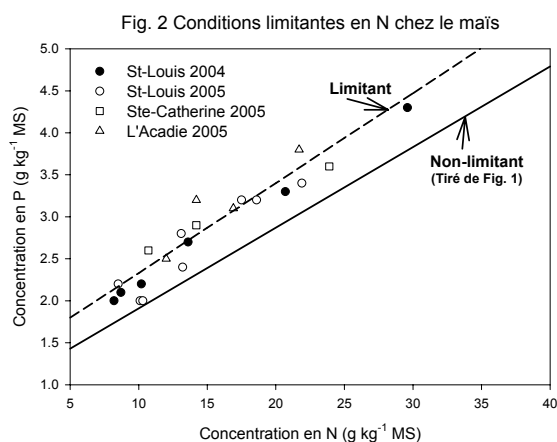
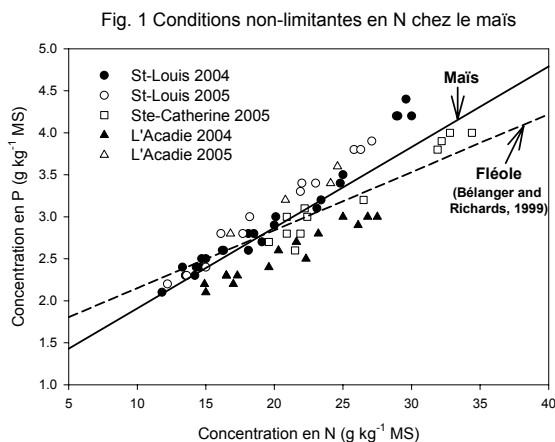
Courriel : ziadin@agr.gc.ca

**Mots clés** : azote, phosphore, diagnostic.

Des outils diagnostiques de la nutrition phosphatée du maïs grain sont nécessaires pour une meilleure gestion de cet élément. Des études récentes ont bien démontré l'efficacité des outils basés sur la plante pour diagnostiquer les carences en N (Plénet et Lemaire 2000) et en P (Bélangier et Richards 1999). L'utilisation de ces outils requiert, toutefois, la définition d'une concentration critique, celle permettant d'atteindre une croissance maximale. L'objectif de cette étude est d'établir la concentration critique en P dans la culture du maïs grain en se basant sur la relation qui lie les concentrations en N et en P dans cette même culture.

Les essais se sont déroulés pendant deux saisons de croissance (2004 et 2005) sur six sites situés dans les régions de Québec, Saint-Jean-sur-Richelieu et Montérégie. Des doses de N, variant entre 20 et 250 kg N ha<sup>-1</sup>, ont été appliquées. Pour s'assurer de conditions non-limitantes en P, des apports en P ont été faits selon les recommandations locales. Des échantillonnages de la partie aérienne pour déterminer la biomasse et les teneurs en N et en P ont été effectués huit fois en 2004 et sept fois en 2005 couvrant les stades de deux feuilles jusqu'à l'apparition des soies.

Les teneurs en P et N ont diminué avec l'avancement du stade de croissance de la culture et l'augmentation de la biomasse aérienne, ce qui est généralement dû à la dilution de ces deux éléments. Une relation linéaire et dépendante du niveau de stress azoté a été établie entre la teneur en P et N dans la biomasse aérienne. En effet, sous des conditions non limitantes en N, la relation suivante :  $P = 0.95 + 0.096N$  ( $R^2 = 0.78$ ;  $P < 0.001$ ;  $n = 67$ ; Fig.1) a été établie. Cette relation est relativement semblable à celle proposée pour la fléole des prés par Bélangier et Richards (1999). Sous des conditions limitantes en N, par contre, la relation est :  $P = 1.26 + 0.107N$  ( $R^2 = 0.92$ ;  $P < 0.001$ ;  $n = 17$ ; Fig.2). Ces relations permettent donc de définir la concentration critique en P, laquelle est fonction de la concentration en N.



## Références

Bélangier, G. et J.E. Richards. 1999. Relationship between P and N concentrations in timothy. *Can. J. Plant Sci.* 79: 65-70.

Plénet, D et G. Lemaire. 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant and Soil.* 216: 65-82.

# Effets du précédent cultural sur la productivité de l'orge et sur les nitrates du sol

JEAN LAFOND ET DENIS PAGEAU

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 1468 rue Saint-Cyrille, Normandin, QC, G8M 4K3.

Courriel : lafondj@agr.gc.ca

**Mots clés** : légumineuse, orge, azote, nitrate.

L'introduction de légumineuses dans les systèmes de rotation permet de valoriser l'azote atmosphérique et il peut en résulter une diminution de la demande d'azote minéral. Ainsi, les objectifs de cette étude étaient de déterminer la contribution en azote des cultures de pois sec, de soya et de trèfle rouge sur la production subséquente d'orge de printemps et l'impact de ces cultures sur les nitrates du sol. Des parcelles d'orge, de pois, de soya et de trèfle rouge ont été initialement implantées. L'année suivante, ces parcelles ont été ensemencées avec de l'orge et fertilisées avec quatre doses d'azote (0, 40, 80 et 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Les légumineuses ont augmenté significativement les rendements en grains d'orge comparativement à la céréale en monoculture. En effet, des augmentations moyennes de 981 kg ha<sup>-1</sup> en 2002, de 432 kg ha<sup>-1</sup> en 2003, de 930 kg ha<sup>-1</sup> en 2004 et de 831 kg ha<sup>-1</sup> en 2005 ont été mesurées lorsque l'orge était cultivée sur un retour de légumineuses. Ces augmentations de la productivité de l'orge ont été attribuées aux effets nutritionnels et non nutritionnels de l'azote. Deux années sur quatre, les rendements en grains ont augmenté significativement avec l'accroissement de la dose d'azote. Les effets résiduels moyens de l'azote ont été estimés à 57 kg ha<sup>-1</sup> pour le pois, à 52 kg ha<sup>-1</sup> pour le soya et à 26 kg ha<sup>-1</sup> pour le trèfle rouge. La quantité de nitrate du sol a augmenté avec les légumineuses et l'orge au moment de la récolte. Toutefois, les effets des précédents culturaux sur les nitrates du sol se sont estompés au printemps suivant. Sous les conditions d'expérimentation, l'effet résiduel de l'azote provenant des légumineuses ainsi que les effets non nutritionnels de l'azote liés à la rotation ont permis d'atteindre des rendements en grains supérieurs à ceux obtenus avec la fertilisation recommandée.