



**Québec**  
**Hôtel Château Laurier**  
**12 – 14 juin 2018**

**32<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS**  
**« Écologie des sols et agroforesterie »**

Programme scientifique



## **CONSEIL D'ADMINISTRATION 2017-2018**

---

- Présidente : **Isabelle ROYER**, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. 2560 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 2J3. [isabelle.royer@agr.gc.ca](mailto:isabelle.royer@agr.gc.ca)
- Vice-président : **Gilles GAGNÉ**, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Cégep de Victoriaville, 475 rue Notre-Dame Est, Victoriaville, QC G6P 4B3. [gilles.gagne@cetab.org](mailto:gilles.gagne@cetab.org)
- Trésorière: **Lucie GRENON**, 4974 chemin Godbout, Dunham QC J0E 1M0  
[luciegrenon@hotmail.com](mailto:luciegrenon@hotmail.com)
- Secrétaire: **Steeve PEPIN**, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département des sols et de génie agroalimentaire, 2480 boul. Hochelaga, Québec QC G1V 0A6. [steeve.pepin@fsaa.ulaval.ca](mailto:steeve.pepin@fsaa.ulaval.ca)
- Administrateurs : **Jonathan LAFOND**, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département des sols et de génie agroalimentaire, 2425 rue de l'Agriculture, Québec QC G1V 0A6. [jonathan.lafond.2@ulaval.ca](mailto:jonathan.lafond.2@ulaval.ca)
- Maxime PARÉ**, Université du Québec à Chicoutimi, Département des sciences fondamentales, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi QC G7H 2B1. [maxime.pare@uqac.ca](mailto:maxime.pare@uqac.ca)
- & Webmaitre, **Rock OUIMET**, Direction de la recherche forestière, Ministère des forêts de la faune et des parcs. Québec QC G1P 3W8.  
[rock.ouimet@mffp.gouv.qc.ca](mailto:rock.ouimet@mffp.gouv.qc.ca)

## **COMITÉ ORGANISATEUR DU CONGRÈS 2018**

---

Le conseil d'administration de l'AQSSS.

## Association québécoise de spécialistes en sciences du sol

---

L'Association québécoise de spécialistes en sciences du sol est un organisme de bienfaisance enregistré regroupant les personnes intéressées à la science, à l'utilisation, à l'aménagement, à la conservation des sols et à l'éducation sur les 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, la conservation et l'éducation de la ressource sol.

Toute personne œuvrant en science du sol au Québec peut devenir membre de l'association à condition d'en faire la demande en remplissant la fiche d'inscription disponible sur le site Internet de l'AQSSS ([http://www.aqsss.com/spip.php?page=article&id\\_article=165](http://www.aqsss.com/spip.php?page=article&id_article=165)), d'être admis par le comité d'admission et de payer la cotisation annuelle fixée par l'assemblée générale.

## Membres de l'AQSSS - Prix honorifique

---

### PRIX AUGUSTE-SCOTT

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

Le prix honorifique est constitué d'un trophée-pelle et d'un diplôme souvenir. Les mises en candidature doivent être présentées par un membre au président de l'association, qui est le seul membre non éligible. Le président formera un comité pour l'étude des dossiers et la nomination du récipiendaire. Depuis 2013, un appel de candidatures a lieu en début d'année tous les deux ans.

---

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

---

## Étudiants membres de l'AQSSS - Prix

---

### PRIX ROGER-BARIL - COMMUNICATION ORALE

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

### PRIX RÉGIS-SIMARD - AFFICHE SCIENTIFIQUE

Le prix Régis-Simard est décerné à la meilleure affiche scientifique réalisée par un étudiant membre de l'AQSSS lors du congrès annuel. Ce prix est constitué d'une bourse et d'un certificat d'attestation de l'AQSSS.

L'attribution de ces prix a pour objectif de promouvoir la participation des étudiants de deuxième et troisième cycles au congrès et de maintenir un haut niveau de qualité dans la présentation de conférences et d'affiches scientifiques. L'évaluation des communications orales ainsi que des affiches scientifiques est effectuée par des comités d'évaluation formés de membres de l'AQSSS.

---

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

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

---

**Les prix de l'AQSSS seront remis lors du banquet qui aura lieu le soir du 14 juin.  
L'AQSSS encourage les membres et les étudiants à être présents lors de cette soirée.**

## HISTORIQUE DES ASSEMBLÉES GÉNÉRALES, DES PRÉSIDENTS, DES CONGRÈS ET DES ÉVÈNEMENTS

An	Assemblée générale	Président	Lieu	Thème du congrès	Évènements
			Chicoutimi	ACFAS mai <b>1985</b> , Chicoutimi <b>Rétrospective de la recherche sur les sols au Québec</b>	Prémices
			Montréal	ACFAS mai <b>1986</b> , Montréal <b>La podzolisation des sols</b>	Fondation
1	27 oct. 1987	Marton Tabi	Saint-Hyacinthe	ACFAS mai 1987, Ottawa <b>Utilisation rationnelle des sols</b>	Naissance
2	24 mai 1988	Fernand Pagé	Sainte-Foy	ACFAS 10-11 mai 1988, Moncton <b>Les sols organiques, un milieu de culture à découvrir et à exploiter</b>	Établissement
3	3 mai 1989	Fernand Pagé	Sainte-Foy	ACFAS 17 mai 1989, Montréal <b>La fertilisation intégrée des cultures : Une approche à développer</b>	Consolidation
4	25 oct. 1990	Claude Camiré	Saint-Lambert	AQSSS 14-17 mai 1990, Sainte-Foy <b>Le dépérissement des érablières : Causes et solutions possibles</b>	Indépendance
5	7 oct. 1991	Régis Simard	Drummondville	Colloque conjoint AQSSS-CPVQ <b>Les amendements organiques et la productivité du sol</b>	Diffusion
6	5 oct. 1992	Régis Simard	Beaupré	<b>La qualité des sols</b>	Expansion
7	12 oct. 1993	Léon-Étienne Parent	Sainte-Anne-de-Bellevue	<b>La science du sol dans la dynamique environnementale</b>	Prise de position
8	11 oct. 1994	Léon-Étienne Parent	Lennoxville	<b>La variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol</b>	Premier mémoire
9	27 juil. 1995	Léon-Étienne Parent	Saint-Lambert	Congrès AQSSS-SCSS, Sainte-Foy <b>Dynamique des éléments dans les écosystèmes terrestres</b>	HA HA HA ... en russe svp
10	16 oct. 1996	Régis Simard	Saint-Hyacinthe	<b>Les nouveaux défis en sciences du sol</b>	Organisme de bienfaisance enregistré
11	25 août 1997	Denis Côté	Lac Beauport	Congrès conjoint AQSSS-ORSTOM <b>Le sol et l'eau : deux ressources à gérer en interrelations</b>	Statuts 97
12	4 août 1998	Richard Beaulieu	Sainte-Foy	Congrès AQSSS-NEFSC (U. Laval) <b>La science du sol au service du développement durable en foresterie et en agriculture</b>	Site web de l'AQSSS
13	17 août 1999	Rock Ouimet	Sainte-Anne-de-Bellevue	<b>La qualité des sols : du concept à la réalité</b>	Sol emblème

## HISTORIQUE DES ASSEMBLÉES GÉNÉRALES, DES PRÉSIDENTS, DES CONGRÈS ET DES ÉVÈNEMENTS (suite)

An	Assemblée générale	Président	Lieu	Thème du congrès	Évènements
14	31 nov. 2000	Rock Ouimet	Forêt Montmorency	<b>La durabilité des ressources agricoles et forestières</b>	Concours Le choix d'un sol emblème
15	22 août 2001	Rock Ouimet	La Pocatière	<b>L'utilisation des sols et la ruralité</b>	Le livre <i>LES SOLS</i> par Auguste Scott
16	12 juin 2002	Rock Ouimet	Normandin	<b>Les écosystèmes agricole et forestier du pré-nord</b>	Comité Promotion des sols et de l'AQSSS
17	10 juin 2003	Rock Ouimet	Sherbrooke	<b>Le sol et la biodiversité</b>	Livre <i>Les Sols</i> et site web renouvelé
18	8 juin 2004	Rock Ouimet	Baie-Saint-Paul	<b>La recherche en sol : où en sommes-nous ?</b>	Table ronde au congrès
19	15 juin 2005	Rock Ouimet	Saint-Ignace-de-Standbrige	<b>Utilisons-nous nos sols adéquatement ?</b>	Infosol et site web AQSSS
20	6 juin 2006	Martin Chantigny	Montréal	<b>L'urbanisation et les sols</b>	Table ronde devient Forum
21	4 juin 2007	Martin Chantigny	Sainte-Catherine-de-la Jacques-Cartier	Congrès AQSSS-SCSS <b>Les sols en milieux froids</b>	Comité ad hoc Sol emblème Sainte-Rosalie
22	3 juin 2008	Martin Chantigny	Saint-Georges-de-Beauce	<b>Utilisation et productivité des sols négligés</b>	Programme de bourse AFES - AQSSS
23	20 mai 2009	Martin Chantigny	Saint-Paulin	<b>La rivière, reflet de la gestion des terres</b>	Comité ad hoc Projet Global Soil Map
24	1 juin 2010	Martin Chantigny	Oka	Congrès AQSSS-SPPQ <b>Vers des systèmes sol-plante sains et durables</b>	Avenir de la pédologie au Québec
25	25 mai 2011	Anne Vanasse	Wendake	<b>Les sciences du sol au 21e siècle : Défis à relever pour une ressource à préserver</b>	Site Web, un renouveau!
26	4 juin 2012	Gilles Gagné	Lac-Beauport	Congrès AQSSS-SCSS <b>Les sols sous un climat en évolution : amis ou ennemis?</b>	Inscription au congrès en ligne

## HISTORIQUE DES RÉCIPIENDAIRES DES PRIX ET DES BOURSES

An	Année	Prix Auguste-Scott	Prix Roger-Baril 1991-	Prix AQSSS 1996-2002	Membre honoraire
	1985				
	1986				
1	1987				
2	1988	Thi Sen Tran* MAPAQ			Roger Baril U. Laval
3	1989	Marcel Giroux* MAPAQ			
4	1990	Fernand Pagé* MAPAQ			Sylvio Bourget AAC
5	1991	Christian de Kimpe AAC	Daniel Avon		Lauréan Tardif MAPAQ
6	1992	Angus F. Mackenzie McGill U.	Martin Chantigny UL		
7	1993	Michel Nolin AAC	Bernard Pelletier		
8	1994	Denis Côté MAPAQ	Robert Bradley McGU		
9	1995	Marion Tabi MAPAQ	Isabelle Royer UL		
10	1996	Léon-Étienne Parent U. Laval	1. Jean-Pierre Mvondo Awonno 2. Mauro Pezzente 3. Isabelle Breune	Noura Ziadi UL	
11	1997	Régis Simard AAC	1. Louis Duchesnes 2. François Marquis UL 3. Jacinda Richman	Annie Clark	
12	1998	Lucien Bordeleau Biolistik Itée	1. Marie-André Saint-Pierre 2. Rebecca Tremblay 3. Sonja Kosuta	Benoît Hamel	
13	1999	Adrien N'dayegamiye IRDA	1. Caroline Côté 2. Catherine Périé 3. Bernard Pelletier		

## HISTORIQUE DES RÉCIPIENDAIRES DES PRIX ET DES BOURSES (suite)

An	Année	Prix Auguste-Scott <i>Membre honoraire</i>	Prix Roger-Baril 1991-	Prix AQSSS Prix Régis-Simard 2003-	Bourses AFES ou SCSS
14	2000	Marc Laverdière U. Laval	1. François Marquis UL 2. Jacques Langlois 3. Louis Hudon	Danya Brisson	
15	2001	Lucie Grenon AAC <i>Thi Sen Tran</i> IRDA	1. Martin Lavoie 2. Jacques Langlois 3. Richard Jeannotte		
16	2002	Claude Camiré U. Laval	1. Jacques Langlois 2. Frank Grenon 3. Jacynthe Dessureault-Rompré 3. Richard Jeannotte	Habiba Ben Mansour	
17	2003	Denis Angers AAC <i>Marton Tabi</i> MAPAQ	1. Marie Bipfubusa 2. Benoît Lapointe 3. Rosalbina Gomez 3. Karine Prévost	Gilles Joannis	
18	2004		1. Alicia Moreno 2. Renée Lalancette 3. David Vallières	Luc Michelot Casséus UL	
19	2005	André Brunelle MAPAQ	1. Cargele Nduwanungu 2. Karine Therrien 2. Vincent Poirier UL	Arnaud DeConinck UL Sébastien Lange UL	
20	2006	Rock Ouimet MFFP	1. Kevin Tiessen 2. Nikita Erikson-Hamel 3. Vincent Poirier UL	Anaïs Charles	
21	2007	Antoine Karam U. Laval	1. Kevin Tiessen 2. Julie Guérin UL 3. Pierre-Antoine Gilbert	Mustapha Bakry Karine Vézina	
22	2008	Gérard Laflamme IRDA	1. Julie Guérin UL 2. Vincent Leblanc 3. Karine Labrecque	Irina Compte	
23	2009	Michel P. Cescas U. Laval	1. Marie-Hélène Perron UL 2. Jérôme Laganière 3. Aimé Jean Messiga UL	Dalel Abdi UL Mathieu Quenum UL	Aimé Jean Messiga UL AFES
24	2010	Guy Mehuys McGill U.	1. Éliane Bergeron Piette UL 2. Vicky Lévesque UL 3. Marcio Martins	Aimé Jean Messiga UL	
25	2011	Luc Lamontagne AAC	1. Vincent Poirier McGU 2. Loïc D'Orangeville 3. Sébastien Marchand	Gregory Musset	
26	2012	<i>Michel Nolin</i> AAC	1. Loïc D'Orangeville 2. Yann Périard UL 3. Émilie Maillard	Ezequiel Miola	Tarek Rouissi AFES

## HISTORIQUE DES ASSEMBLÉES GÉNÉRALES, DES PRÉSIDENTS, DES CONGRÈS ET DES ÉVÈNEMENTS (suite)

An	Assemblée générale	Président	Lieu	Thème du congrès	Évènements
27	28 mai 2013	Gilles Gagné	Chicoutimi Saguenay	<b>Les sols à bout de souffle?</b>	Programme de bourses de participation à des congrès
28	27 mai 2014	Gilles Gagné	Victoriaville	<b>Qualité des sols et productivité des cultures.</b>	Avenir de la pédologie au Québec
29	6 juillet 2015	Gilles Gagné	Montréal	Congrès ISMOM-SCSS-AQSSS 2015 <b>Importance des interfaces du sol pour un développement durable / Soil Interfaces for Sustainable Development</b>	Année internationale des sols
30	31 mai 2016	Gilles Gagné	Québec	<b>Les 30 ans de l'AQSSS, vers de nouveaux horizons en sciences du sol</b>	Programme éducatif SOL'ERE
31	30 mai 2017	Gilles Gagné	Trois-Rivières	<b>Valorisation des sols et biodiversité</b>	Programme de bourses de participation à des congrès internationaux
32	13 juin 2018	Isabelle Royer	Québec	<b>Écologie des sols et agroforesterie</b>	



## HISTORIQUE DES RÉCIPIENDAIRES DES PRIX ET DES BOURSES (suite)

An	Année	Prix Auguste-Scott Membre honoraire	Prix Roger-Baril 1991-	Prix AQSSS Prix Régis-Simard 2003-	Bourses AFES ou SCSS	Bourses AQSSS
27	2013	Hani Antoun U. Laval	1. Caroline Halde UofM 2. Thomas Jeanne UL	Dalel Abdi UL		Dalel Abdi UL Anaïs Charles UL Vincent Pelletier UL Claudia Sylvain UL
28	2014		1. Marie-Noëlle Thivierge UL 2. Diane Bulot UL 3. Valérie Lecomte UdeS	Vincent Pelletier UL	Dalel Abdi UL AFES Valérie Lecomte UdeS SCSS	Alexey Kastyuchik UL Diane Bulot UL Valérie Lecomte UdeS
29	2015	Jean Caron U. Laval	1. Lili Perreault UQAT 2. Mathieu Vaillancourt UL 3. Vicky Lévesque UL	Yann Périard UL		Vicky Lévesque UL Mélanie Aubin UQAC Mathieu Vaillancourt UL Martine Fugère UdeS
30	2016		1. Emmanuelle D'Amours UL 2. Yann Périard UL 3. Joanie Piquette UQAC	Laurence Gendron UL	Nody Civil UL AFES	Catherine Tremblay UQAC Joanie Piquette UQAC Mélicha Quinche UL Yann Périard UL Haixiao Li UL
31	2017	Martin Chantigny AAC	1. Josée-Anne Lévesque UQAC 2. Élodie Larouche, UdeM 3. Jean-Pascal Matteau UL	Benoît Bérubé UL	Joanie Piquette UQAC SCSS	Xavier Plante UQAC Catherine Tremblay UQAC Jean-Pascal Matteau UL Wilfried Dossou-Yovo UL
32	2018					

## SOMMAIRE DU PROGRAMME

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

	Mardi 12 juin	Mercredi 13 juin	Jeudi 14 juin
Matinée	<p>8h30 – 17h30 <b>Tournée terrain</b></p> <p><b>Arrêt 1.</b> Chute Montmorency : rencontre de trois grandes régions géologiques. Brunisol mélanique sur roc calcaire.</p> <p><b>Arrêt 2.</b> Mont Wright : forêt exceptionnelle à la limite nord du biome de la forêt feuillue. Podzol humo-ferrique sur roc granitique.</p>	<p>8h00 – 9h00 <b>Inscription</b></p> <p>9h00 – 12h00 <b>Forum</b> <i>Écologie des sols et agroforesterie</i></p> <p><b>Conférenciers invités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alison Munson, Université Laval</li> <li>• Robert Bradley, Université de Sherbrooke</li> <li>• David Rivest, Université du Québec en Outaouais</li> <li>• Caroline Dufour-L'Arrivée, Agriculture Vivante</li> </ul>	<p>8h00 – 9h00 <b>Inscription</b></p> <p>9h00 – 12h00 <b>Présentations orales</b></p>
Midi	Lunch Forêt Montmorency	12h00 – 13h15 <b>Dîner</b>	12h00 – 13h15 <b>Dîner</b>
Après-midi	<p><b>Arrêt 3.</b> Forêt Montmorency : une grande forêt d'enseignement et de recherche. Podzol humo-ferrique à drainage latéral.</p> <p><b>Arrêt 4.</b> Bassin versant du Lac Laflamme : suivi biogéochimique. Podzol humo-ferrique orthique.</p>	<p>13h15 – 14h30 <b>Affiches</b></p> <p>14h30 – 16h45 <b>Présentations orales</b></p>	<p>13h15 – 14h30 <b>Affiches</b></p> <p>14h30 – 16h30 <b>Présentations orales</b></p>
Soirée		<p>17h00 – 19h00 <b>5 à 7 - Assemblée générale annuelle de l'AQSSS</b></p> <p><b>Souper libre</b></p>	<p>16h30 – 19h00 <b>Cocktail</b></p> <p>19h00 Restaurant Le Louis-Hébert <b>Banquet et remise des prix</b></p>

**Mardi 12 juin 2018 AM – PM**

---

**8h30 – 17h30**

**Tournée terrain**

---

**Mercredi 13 juin 2018 – AM**

---

**8h00 – 9h00**

INSCRIPTION

Hôtel Château Laurier – Hall salle Grande Allée

---

**9h00 – 9h05**

OUVERTURE

Isabelle Royer, présidente de l'AQSSS

Salle : Grande Allée

---

**9h05 – 12h00**

FORUM

Écologie des sols et agroforesterie

*Modérateur : Rock Ouimet*

9h05 **Interaction des traits et facteurs abiotiques pour les espèces agroforestières au Sénégal : implications pour la stabilisation des sols et la séquestration du carbone dans les zones semi-arides**  
ALISON MUNSON

9h35 **Bilan et perspective de l'agroforesterie au Canada**  
ROBERT BRADLEY

10h05 **PAUSE**

10h30 **Arbres et cultures font-ils bon ménage dans les systèmes agroforestiers du Québec ?**  
DAVID RIVEST

11h00 **Le service-conseil agronomique intégrant l'écologie des sols et l'agroforesterie : les objectifs, la démarche et la réalité**  
CAROLINE DUFOUR-L'ARRIVÉE

11h30 **DISCUSSION**

---

**12h00 – 13h15**

DÎNER

Salle : Grande Allée

---

**13h15 – 14h30**

**SESSION D’AFFICHES – 1<sup>re</sup> présentation**

**Salle : Du Jardin**

- 1. Structure forestière et concentration du carbone organique du sol dans les zones ripariennes affectées par des crues fréquentes (Québec, Canada)**  
DIANE SAINT-LAURENT, JEAN-SÉBASTIEN BERTHELOT, VERNHAR GERVAIS-BEAULAC  
ET LISANE ARSENAULT-BOUCHER
- 2. Étude de la réhabilitation des eaux de ruissellement et des sédiments provenant d’un crassier hors activité par phyto/rhizoremédiation**  
N. ABAR, J. FALLA, P. CHARBONNIER, A. BONNEFOY, E. DEPPE, O. PIGUET, M-A.  
SEIDEL, SONIA HENRY\*
- 3. Évolution des propriétés hydrauliques en sols organiques : l’amendement organique en conservation des sols**  
VINCENT GRÉGOIRE, CAROLE BOILY, CHRISTOPHE LIBBRECHT, JACQUES  
GALLICHAND, JEAN CARON
- 4. Irrigation de précision et gestion intégrée de l’eau en production de pommes de terre**  
MANDELA M. JACQUES, INÈS MERCIER, GUILLAUME LÉTOURNEAU, SILVIO JOSÉ  
GUMIERE
- 5. Effet temporaire des rotations courtes sur le drainage des sols organiques cultivés**  
LAURA THÉRIAULT, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ, JEAN CARON
- 6. Effet du précédent cultural et de la fertilisation azotée sur la diversité des champignons mycorhiziens associés à la pomme de terre**  
CHANTAL HAMEL, ATHYNA N. CAMBOURIS, JEAN LAFOND, NOURA ZIADI
- 7. Étude de la dynamique de l’azote et du carbone lors de la décomposition de trois engrais verts de légumineuses**  
OUPRE CLAUDE DEMBELE, CAROLINE HALDE
- 8. Identification de sources de phosphore responsables des interactions microbiennes du sol et amélioration du rendement de la canne à sucre**  
THIAGO GUMIERE, ALAIN N. ROUSSEAU, DIOGO P. DA COSTA, ALICE S. CASSETARI,  
SIMONE COTTA, FERNANDO DINI ANDREOTE, PAULO SERGIO PAVINATO

9. **Transition en mode biologique en grandes cultures: mesures de la biodiversité et des émissions de GES**  
GILLES GAGNÉ, NOÉMIE GAGNON-LUPIEN, JULIE ANNE WILKINSON, FRANÇOIS GENDREAU-MARTINEAU, DAVID PELSTER, MARTIN CHANTIGNY, CAROLINE HALDE
10. **Caractérisation des parties racinaires et aériennes des cultures de couverture et leurs effets sur les rendements d'une culture subséquente de blé**  
SAMUEL GAGNÉ, CAROLINE HALDE, ANNE VANASSE, MARIE-NOËLLE THIVIERGE
11. **Évaluation par tomodensitométrie assistée par ordinateur des effets de la concentration et distribution des fragments de biochar dans le substrat sur la croissance racinaire de plantes cultivées en pot**  
STEEVE PEPIN, PIERRE DUTILLEUL, LIWEN HAN, MARTINE DORAIS
12. **Phytoextraction du zinc dans un sol calcaire**  
BOCAR ALLAYE DIALLO, CLAVER RITCH NGUEMA ONDO, ANTOINE KARAM
13. **Effet de la chaux calcique sur quelques propriétés chimiques d'un sol de tourbière résiduelle**  
PAPA MALICK SALL, MATHIEU QUENUM, ANTOINE KARAM\*, AHMED AAJJANE

---

**Mercredi 13 juin 2018 – PM**

---

**14h30 – 16h45**

**SESSION I – Biodiversité et valorisation des sols et des résidus**

*Modérateur : Jean Lafond*

Salle : Grande Allée

- 14h30 **Cadre agropédologique de la République d'Haïti**  
MATHIEU QUENUM, JACKY PAUL (présentation effectuée par Michel Nolin)
- 14h45 **La durée des feuilles dans l'horizon L mesurée par biomètre, un indicateur de l'activité biologique des sols forestiers et un outil pratique d'aménagement**  
FERNAND PAGÉ
- 15h00 **Identification d'un indicateur bactérien de la productivité du sol des cultures de pommes de terre suite à l'analyse du microbiome**  
THOMAS JEANNE, SERGE-ÉTIENNE PARENT, RICHARD HOGUE

- 15h15 **Quand les sols contaminés prennent la clé des champs – État de situation et mesures préventives**  
MARC HÉBERT
- 15h30 **PAUSE**
- 15h45 **Plantes réintroduites sur les sites de résidus miniers de la région de Fermont : 22 ans de végétalisation, 18 ans de données de sols et de biomasse, 4 ans de suivis de végétation et de mycorhization arbusculaire (MA), et identification des espèces de champignons MA**  
CHRISTINE JUGE, NORMAND COSSETTE, THOMAS JEANNE, RICHARD HOGUE
- 16h00 **Étude de la valorisation des cendres sous-foyer issues de la combustion de mélanges bois-boues de station d'épuration dans le cadre d'amendement agricole en France**  
MARILIA CAMOTTI BASTOS, ANTOINE BONNEFOY, CELINE BRUYERE, LAURENT CANER, THIBAULT STERCKEMAN, GABRIEL TEXEIRA, SONIA HENRY
- 16h15 **Le potentiel phosphaté de la combustion des boues municipales en Amérique du Nord**  
CLAUDE-ALLA JOSEPH, LOTFI KHIARI, JACQUES GALLICHAND, NED BEECHER
- 16h30 **Recyclage au sol des matières résiduelles organiques : Situation actuelle et perspectives**  
MARC HÉBERT

---

**Mercredi 13 juin 2018 – FIN PM**

---

**17h00 – 19h00**

**5 à 7 - ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DE L'AQSSS**

Salle : Grande Allée

**Soirée**

**Souper libre**

---

## Jeudi 14 juin 2018 – AM

---

**8h00 – 9h00**

### INSCRIPTION

Hôtel Château Laurier – Hall salle Grande Allée

---

**9h00 – 12h00**

### SESSION II – Gestion des sols et de l'environnement

*Modérateur : Michaël Leblanc*

Salle : Grande Allée

- 9h00 **Conservation et restauration de sols organiques en Montérégie : stratégie de recherche pour une action rapide**  
JEAN CARON, JACYNTHÉ DESSUREAULT ROMPRÉ, JOSÉE FORTIN, GENEVIÈVE MONTMINY, JACQUES GALLICHAND, SERGE-ÉTIENNE PARENT, ALAIN N. ROUSSEAU, RICHARD HOGUE, CAROLE BOILY, MICHAEL LEBLANC
- 9h15 **Conservation des sols organiques cultivés : Évolution des paramètres chimiques à la suite d'amendements en biomasses végétales broyées et en cuivre**  
KAROLANE BOURDON, JOSÉE FORTIN, JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ, JEAN CARON
- 9h30 **Évolution saisonnière des traits racinaires d'un mélange de graminées fourragères en fonction de la source d'azote et des coupes de foin**  
STÉPHANIE HOUDE, MARIE-NOËLLE THIVIERGE, GILLES BÉLANGER, MARTIN H. CHANTIGNY, DENIS A. ANGERS, ANNE VANASSE
- 9h45 **Effet de la fertilisation azotée sur les pertes post-récolte de nitrates dans la production de pomme de terre irriguée**  
CHEDZER-CLARC CLÉMENT, ATHYNA N. CAMBOURIS, NOURA ZIADI, BERNIE J. ZEBARTH, ANTOINE KARAM
- 10h00 **Développement d'une approche intégrée d'irrigation en production de pommes de terre**  
JEAN-PASCAL MATTEAU, GUILLAUME LÉTOURNEAU, THIAGO GUMIERE, SILVIO GUMIERE, JACQUES GALLICHAND, LOFTI KHIARI
- 10h15 **Devenir des sols après 84 ans d'enneigement sous un réservoir de barrage**  
JIM FÉLIX-FAURE, CHRISTIAN WALTER, ALEXANDRE GAUVAIN, JEAN-NOËL AVRILLER, STÉPHANE DESCLOUX, VINCENT CHANUDET, JÉRÔME BALESDENT, ÉTIENNE DAMBRINE



10h30 **PAUSE**

**SESSION III – Variabilité spatiale et physique des sols**

*Modérateur : Silvio José Gumiere*

Salle : Grande Allée

- 11h00 **Localisation et cartographie de zones compactes en sol organique à partir de données de résistance à l'enfoncement filtrées**  
CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU, JEAN CARON, JACQUES GALLICHAND, SILVIO JOSÉ GUMIERE, CHRISTOPHE LIBBRECHT, JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ, SERGE-ÉTIENNE PARENT, STEEVE PEPIN
- 11h15 **Caractérisation de la variabilité spatiale des propriétés physiques du sol à l'aide de l'imagerie hyperspectrale**  
HACHEM AGILI, KAREM CHOKMANI, ATHYNA N. CAMBOURIS, ISABELLE PERRON, JIMMY POULIN
- 11h30 **Comparaison des deux méthodes de délimitation des zones d'aménagement dans un champ de pommes de terre à l'Île-du-Prince-Édouard**  
ABDELKARIM LAJILI, ATHYNA N. CAMBOURIS, KAREM CHOKMANI, ISABELLE PERRON, BERNIE J. ZEBARTH, A. BISWAS, V.I. ADAMCHUCK
- 11h45 **Modélisation de l'érosion diffuse: Méthode des Éléments Discrets (DEM)**  
SILVIO JOSE GUMIERE
-

## Jeudi 14 juin 2018 – PM

---

**12h00 – 13h15**

DÎNER  
Salle : Grande Allée

---

**13h15 – 14h30**

SESSION D’AFFICHES – 2<sup>e</sup> présentation  
Salle : Du Jardin

---

**14h30 – 16h30**

SESSION IV – Fertilité et biologie des sols  
*Modératrice : Chantal Hamel*  
Salle : Grande Allée

- 14h30 **Effet du travail du sol et de la fertilisation sur la diversité microbienne des sols en culture de soya**  
THOMAS JEANNE, RICHARD HOGUE, JOSE RIBEIRO DA SILVA, NOURA ZIADI, SERGE-ÉTIENNE PARENT
- 14h45 **Microbiome of Canola Root: Structure and Variations**  
JEAN-BAPTISTE FLOC’H, CHANTAL HAMEL, NEIL HARKER, MARC ST-ARNAUD
- 15h00 **Fertilisation minérale azotée du maïs-grain : doses économiques optimales et pourcentages de recouvrement de l’azote par la plante**  
GILLES TREMBLAY, LÉON-ÉTIENNE PARENT, LOUIS ROBERT, YVAN FAUCHER
- 15h15 **PAUSE**
- 15h45 **Quantification de l’arrière-effet azoté associé aux applications répétées d’effluents d’élevage dans une rotation blé-maïs-soya**  
CINDY DENONCOURT, MARTIN CHANTIGNY, MARIE-NOËLLE THIVIERGE, DENIS ANGERS, ANNE VANASSE
- 16h00 **Mouvement de l’azote et du phosphore dans les sols de bleuetières**  
JEAN LAFOND, NOURA ZIADI
- 16h15 **Importance de l’azote organique soluble dans les sols : état des connaissances et perspectives de recherches**  
JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ, DAVID L. BURTON, BERNIE J. ZEBARTH

---

**16h30 – 19h00**

**Cocktail**

**19h00**

**Banquet et remise des prix de l'AQSSS**

Restaurant Le Louis-Hébert

---



## RÉSUMÉS DU FORUM

---

***« Écologie des sols et agroforesterie »***

---



# Interaction entre les traits des espèces agroforestières et les facteurs abiotiques au Sénégal: implications sur la stabilisation des sols et la séquestration du carbone dans les zones semi-arides

ALISON D. MUNSON<sup>1</sup>, D. MARONE<sup>2</sup>, A. OLIVIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval

<sup>2</sup>Institut sénégalais de la recherche agricole (ISRA), Saint Louis

Courriel : [Alison.Munson@sbf.ulaval.ca](mailto:Alison.Munson@sbf.ulaval.ca)

En Afrique de l'ouest, les systèmes agroforestiers jouent un rôle socio-économique majeur mais les réponses des plantes indigènes agroforestières aux changements de l'environnement ne sont pas encore bien documentées. Il importe de documenter ces réponses afin de comprendre le potentiel futur de stockage de carbone des systèmes agroforestiers en climat semi-aride. Nous avons mesuré les réponses des traits des racines de cinq espèces indigènes (*Acacia raddiana*, «*Balanites aegyptiaca*», «*Euphorbia balsamifera*», «*Faidherbia albida*» et «*Neocarya macrophylla*») sous trois technologies agroforestières (jachère, parc arboré et parcours naturel) et selon trois textures contrastantes de sol (argileux, sableux et sablo-limoneux). Nous avons évalué le profil de développement racinaire (RDD) et la longueur spécifique racinaire (SRL) des espèces sous ces conditions. La variation intraspécifique des traits foliaires et racinaires (surface spécifique foliaire (SLA); contenu en matière sèche (LDMC); contenu en carbone et en azote (LCC, LNC)); SRL; contenu en carbone et en azote des racines (RCC; RNC)) a été étudiée selon la technologie, la texture du sol et la saison. La RDD n'a pas varié ni avec la technologie ni avec la texture de sol et un maximum de biomasse a été observé entre 40 et 60 cm de profondeur. La SRL a été plus élevée dans les parcs arborés, les parcours naturels, les sols sableux, plus pauvres en matière organique. En général, les espèces sempervirentes ont montré une plus grande variabilité intraspécifique des traits en réponse au sol et saison. Ces informations contribueront à la compréhension du potentiel de ces plantes sous différentes conditions du sol, et leur capacité d'acclimatation dans un climat plus sec et chaud. Le futur des communautés dans ces zones dépendra de la résistance et de la résilience des écosystèmes aux changements climatiques.

# **Bilan et perspective de l'agroforesterie au Canada**

ROBERT BRADLEY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Sherbrooke

Courriel : [robert.bradley@usherbrooke.ca](mailto:robert.bradley@usherbrooke.ca)



# Arbres et cultures font-ils bon ménage dans les systèmes agroforestiers du Québec ?

DAVID RIVEST<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sciences naturelles et Institut des sciences de la forêt tempérée (ISFORT), Université du Québec en Outaouais, QC

Courriel : [david.rivest@uqo.ca](mailto:david.rivest@uqo.ca)

Mots clés : interactions arbre-culture, rendements agricoles, croissance des arbres

Au Québec, le déploiement des systèmes agroforestiers demeure relativement limité. Par exemple, entre 2002-2014, uniquement 3 m de haies agroforestières par hectare de terre cultivée ont été plantés grâce au support du programme Prime-Vert du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Par ailleurs, moins de 200 hectares de systèmes agroforestiers intercalaires ont été dénombrés. Il est primordial de mieux connaître les interactions possibles entre les arbres et les cultures dans les systèmes agroforestiers pour optimiser leur productivité et améliorer leur adoption par les producteurs agricoles. Les résultats de différentes études menées au Québec depuis une dizaine d'années suggèrent que la concurrence aérienne des arbres pour la lumière dans la zone de l'interface arbre-culture serait un déterminant important de la productivité de grandes cultures dans les systèmes agroforestiers. De façon générale, nous avons observé au champ des effets neutres des haies agroforestières et des jeunes SAI sur les rendements agricoles intégrés (toutes distances par rapport aux rangées d'arbres combinées). Des observations en serre ont démontré une plus grande productivité et une tolérance accrue des cultures face à des stress hydriques sur des sols provenant de systèmes agroforestiers. Contrairement à ce qui a été observé dans d'autres régions tempérées et méditerranéennes, nos travaux ont montré peu de ségrégation racinaire entre les arbres et les cultures. Par contre, nos travaux ont montré que les profils d'enracinement des arbres agroforestiers varient selon l'espèce et la texture des sols. De plus, ces travaux suggèrent que les arbres agroforestiers matures disposés à plus de 6 m d'un système de drainage souterrain ne seraient pas une menace significative à leur bon fonctionnement. Diverses expériences au Québec sur les systèmes agroforestiers intercalaires et les bandes riveraines agroforestières ont démontré que les arbres peuvent être hautement productifs en environnement agroforestier. La prise en compte de la valeur des services écosystémiques non marchands générés par les systèmes agroforestiers les rendent très avantageux au plan économique à l'échelle de la société.

# Le service-conseil agronomique intégrant l'écologie des sols et l'agroforesterie : les objectifs, la démarche et la réalité

CAROLINE DUFOUR-L'ARRIVÉE

Agriculture Vivante enr., Sainte-Anne-de-Beaupré, Qc.

Courriel : [caroline@agriculturevivante.com](mailto:caroline@agriculturevivante.com)

**Mots clés :** agroécologie, sols vivants, design, carbone.

L'agriculture était autrefois multidisciplinaire afin de répondre à plusieurs besoins et fonctions. Avec l'arrivée de la *Révolution verte* dans les années 60, nous avons demandé à l'agriculture d'être beaucoup plus spécialisée et productive afin d'enrayer la faim dans le monde et de réduire le labeur des producteurs. Nous pouvons constater aujourd'hui que ce modèle n'a pas tenu ses promesses et que nous assistons maintenant à une importante crise à la fois écologique et sociale (Griffon 2014, Dufumier et al. 2010). Il y a donc maintenant un intérêt grandissant envers le retour à une agriculture multifonctionnelle. L'agriculture doit devenir le moteur pour la production à la fois de nourriture et de ressources pour toutes les populations, pour la gestion du territoire, pour la protection de l'environnement, de la biodiversité et des paysages, pour la transition énergétique et la lutte aux changements climatiques et enfin pour une transition économique (Stassart et al. 2012). C'est la démarche de l'agroécologie. L'agroécologie peut s'appliquer directement à la ferme, aux systèmes agroalimentaires ou plus globalement aux mouvements sociaux. Au niveau de la ferme, 6 principes de base sont liés à des pratiques agroécologiques : optimiser et équilibrer le cycle des nutriments; minimiser les ressources externes non renouvelables ou pétrochimiques; maximiser l'usage de ressources renouvelables; favoriser la diversité génétique; promouvoir les processus et les services écologiques; valoriser l'agrobiodiversité pour la reconception des systèmes pour l'autonomie des producteurs et la souveraineté alimentaire (Altieri 1995, Stassart et al. 2012). Une première étape pour mettre en pratique les objectifs et les principes de l'agroécologie consiste à se doter d'une vision globale pour un site donné à l'aide de la méthode du design en permaculture. Ensuite, par étape, les éléments peuvent être intégrés de façon optimale. Un des éléments majeurs est l'agroforesterie. Celle-ci peut se pratiquer de différentes façons et offrir différentes fonctions notamment pour la production ou des services écologiques. Les espèces ligneuses et pérennes sont des piliers pour protéger les sols, augmenter les niveaux de carbone stockés, alimenter une communauté biologique du sol complexe et utile, conserver l'humus et maintenir la fertilité et la structure des sols. D'autres pratiques complémentaires au sein des parcelles sont aussi recommandées afin de poursuivre ces différents objectifs. On parle du non-travail du sol, des couverts végétaux permanents et diversifiés, des apports adaptés aux cultures pour enrichir les sols en amendements organiques et en inoculant microbiens. Un nouvel outil pour diagnostiquer et suivre la communauté biologique des sols et faire des recommandations liées est l'analyse microbiologique par microscopie simple ou par la méthode, en développement, de séquençage d'ADN. En microscopie, le décompte et les ratios des bactéries, des champignons, de protozoaires et de nématodes permettent d'évaluer le potentiel de fertilité des sols pour des cultures spécifiques et d'apporter les correctifs requis. Le service-conseil agronomique selon cette démarche globale doit se faire en étape. Les meilleurs agriculteurs partenaires sont les producteurs biologiques, ceux ayant une grande sensibilité pour l'environnement, les producteurs ayant atteint les limites de leur agrosystème et désirant aller vers un autre paradigme, les producteurs expérimentaux, créateurs et ouverts à la recherche ou les nouveaux producteurs s'étant bien documentés sur l'agroécologie, l'agroforesterie et la permaculture et désirant mettre ces principes en application. Ensuite, le financement, l'accès aux programmes de subvention selon leurs critères ainsi que les protocoles de paiement imposent souvent les priorités, les façons de faire et le rythme des interventions. Enfin, l'utilisation des analyses microbiologiques rencontre aussi ses limites par l'augmentation du budget d'analyses associées pour l'entreprise, par le temps requis, par le peu de ressources disponibles à ce jour au Québec pour les réaliser et les interpréter et par les besoins de recherche toujours essentiels.

## Références

- Altieri, M.A. 1995. *Agroecology : the science of sustainable agriculture*, 2nd ed. Boulder. Colorado. Westview Press.
- Dufumier, M., Coudel, E., Devautour, H., Soulard, C.T. et Hubert, B. 2010. *Agro-écologie et développement durable. Innovation and sustainable development in agriculture and food*. 20 p.
- Griffon, M. 2014. L'agroécologie, un nouvel horizon pour l'agriculture. *Études*. 12 (4211) : 31-39.
- Stassart, P., Baret, P., Grégoire, J.C., Hance, T., Mormont, M., Reheul, D., Stilman, D., Vanloqueren, G. et Visser, M. 2012. L'agroécologie–trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. Groupe interdisciplinaire de recherche en agroécologie FNRS (GIRAF). Belgique. 21p.

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

---



# Étude de la réhabilitation des eaux de ruissellement et des sédiments provenant d'un crassier hors activité par phyto/rhizoremédiation

N. ABAR<sup>1,2</sup>, J. FALLA<sup>1,2</sup>, P. CHARBONNIER<sup>3</sup>, A. BONNEFOY<sup>2</sup>, E. DEPRE<sup>4</sup>, O. PIGUET<sup>4</sup>, M-A. SEIDEL<sup>4</sup>, S. HENRY\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université de Lorraine, INRA, LSE, UMR 1120, F-54000 – NANCY

<sup>2</sup>Plateforme Technique IUT Thionville/Yutz, F-57970 – YUTZ

<sup>3</sup>Luxcontrol, L-1160 – LUXEMBOURG

<sup>4</sup>ArcelorMittal France, F-57190 – FLORANGE

Courriel : [sonia.henry@univ-lorraine.fr](mailto:sonia.henry@univ-lorraine.fr)

**Mots clés** : Phyto/rhizoremédiation, site dégradé, réhabilitation, pH basique, éléments traces métalliques

La région Lorraine, de par son passé industriel sidérurgique et minier, possède un nombre important de friches industrielles et de surfaces dégradées pouvant être à l'origine de problématiques environnementales et de santé publique. Les crassiers, formés par le stockage de co-produits solides issus des activités sidérurgiques, sont un exemple de ces sites à réhabiliter. Le crassier étudié, dont l'exploitation a été stoppée au début des années 1980, possède des canaux de récupération des eaux de ruissellement dans lesquels des sédiments, provenant du technosol néoformé des matériaux entreposés, se sont formés. Un suivi semestriel ciblant la physico-chimie des eaux de ruissellement du crassier indique que les eaux sont basiques (pH > 12) et que des dépassements ponctuels des valeurs seuils environnementales européennes en ions sulfates et en chrome sont détectés. Ce type d'écosystème anthropisé, aux conditions physico-chimiques particulières, est très peu étudié (Piatak *et al.*, 2015).

Différents procédés peuvent être utilisés pour la réhabilitation de ces milieux contaminés. Ils diffèrent par le type d'approche qui peut être physique (confinement, désorption thermique,...); chimique (oxydation, réduction, lavage par solvants ou tensioactifs,...); ou biologique (actions d'organismes vivants : plantes et/ou microorganismes). Les techniques physiques et chimiques présentent un coût important et ont un impact sur la structure et la vie dans les sols. Les techniques biologiques, quant à elles, permettent la mise en place de procédés de dépollution respectueux de l'environnement, à moindre coût et améliorant la qualité des sols. Ces approches combinent l'action d'organismes vivants pour la stabilisation voire la diminution des teneurs en contaminants (Sterckeman *et al.*, 2012). La phyto/rhizoremédiation, associant des végétaux et des microorganismes, a été choisie pour la réhabilitation des eaux de ruissellement et des sédiments de ce crassier.

Ainsi, cinq espèces végétales ont été sélectionnées suivant différents critères comme leur tolérance vis-à-vis d'un milieu basique, leur endémicité par rapport à la région, leur mode de propagation... Ces plantes ont été testées en conditions contrôlées de laboratoire, soit de manière monospécifique soit en associant plusieurs espèces végétales entre-elles. Ces deux modules ont été exposés aux sédiments et eaux de ruissellement issus du site d'étude dans le but d'étudier leur potentiel de remédiation.

## Références

- Piatak, N.M., Parsons, M.B. and Seal II, R.R. 2015. Characteristics and environmental aspects of slag: A review. *Applied Geochemistry*. **57**: 236–266.
- Sterckeman, T., Ouvrard, S. and Leglize, P. 2012. Phytoremediation des sols. *Technique de l'Ingénieur BIO* 5 300.

# Étude de la dynamique de l'azote et du carbone lors de la décomposition de trois engrais verts de légumineuses

OUPRE CLAUDE DEMBELE<sup>1</sup>, CAROLINE HALDE<sup>1</sup>

Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [oupre-claude.dembele.1@ulaval.ca](mailto:oupre-claude.dembele.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** sacs de résidus, biomasses aérienne et racinaire

Les engrais verts (EV) sont des plantes utilisées périodiquement pour couvrir le sol et dont l'objectif final est de les enfouir pour enrichir le sol. Cette utilisation se fait généralement de deux façons, semés après ou avant la culture principale (en dérobée) ou semés en même temps que la culture principale (en intercalaire). L'utilisation des EV joue un rôle important dans la fertilité des sols notamment en agriculture biologique. Cependant, peu d'information existe sur la décomposition des racines des engrais verts. Cette étude déterminera l'effet des espèces d'EV et des parties de plante (racines et parties aériennes) sur leur décomposition suite à leur enfouissement dans le sol.

Les objectifs spécifiques sont 1) de comparer les caractéristiques des racines et des parties aériennes des EV ; 2) d'évaluer la dynamique de décomposition des biomasses de ces racines et parties aériennes des EV ; 3) de quantifier le taux de libération d'N provenant de la décomposition de ces racines et parties aériennes d'EV ; et 4) d'évaluer l'importance des paramètres de qualité de résidus (C, N, rapport C:N) sur leur décomposition. Les hypothèses sont que 1) les racines d'engrais verts ont une concentration en azote moindre que celles des parties aériennes ; 2) le rapport C:N est un indicateur du taux de décomposition des racines et des parties aériennes d'engrais verts.

Le dispositif expérimental utilisé est un factoriel en split-plot de 3 x 2 x 6, avec quatre blocs aléatoires complets. Trois espèces d'engrais verts (pois fourrager, trèfle rouge et vesce commune) ont été enfouies dans le sol, par la technique des sacs de résidus. Des sacs ont été prélevés à 0, 10, 20, 30, 60 et 90 jours après placement au champ. Les concentrations en C, N et le rapport C:N ont été déterminés. Les résultats d'analyses statistiques nous renseigneront sur la dynamique de décomposition des parties aériennes et racinaires d'engrais verts. Ils aideront à déterminer l'effet résiduel azoté des engrais verts pour les besoins des cultures principales.

Nos résultats préliminaires démontrent que l'N des racines d'EV se libère plus lentement que celui des parties aériennes. D'autre part, nous savons que les engrais fertilisants sont beaucoup utilisés par les producteurs et cette utilisation n'est pas sans impact sur l'environnement. Cette étude contribuera à la diminution du taux d'utilisation des engrais fertilisants dans le futur et elle permettra aussi une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote des engrais verts.

# Phytoextraction du zinc dans un sol calcaire

BOCAR ALLAYE DIALLO<sup>1</sup>, CLAVER RITCH NGUEMA ONDO<sup>1</sup>, ANTOINE KARAM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.  
Courriel : [bocar-allaye.diallo.1@ulaval.ca](mailto:bocar-allaye.diallo.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** chimioextraction, contamination, acides organiques, acidification, calcaire

Le Zinc (Zn) est peu mobile dans les sols calcaires pollués aux éléments traces métalliques (ÉTM). Des amendements acides sont souvent utilisés pour favoriser le transfert du zinc (Zn), via la solution du sol, depuis la phase solide vers les végétaux. Un essai cultural a été mené en serre pour examiner l'effet de l'apport de deux amendements acidifiants sur les formes labiles du Zn d'un sol (pH légèrement alcalin) pollué par des ÉTM, développé sur roche-mère calcaire. À cet effet, plusieurs portions (600 g) d'échantillons de sol préalablement fertilisés (N-P-K) ont été mélangées avec 100 mL d'une solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou avec 2,95 g de soufre élémentaire (S<sup>0</sup>). Les traitements sont définis comme suit : sol sans amendement (T0), 0,005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T1), 0,05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T2) et S<sup>0</sup> (T3). Les sols ont été laissés au repos à l'air libre pendant deux mois. Chaque traitement a été répété deux fois. Les échantillons de sol traités ont été cultivés avec quatre espèces végétales, à savoir : moutarde brune (*Brassica juncea* L. Czern.), ray-grass vivace (*Lolium perenne* L.), fétuque rouge traçante (*Festuca rubra* L.) et luzerne (*Medicago sativa* L.). Après la récolte, les sols ont été soumis à l'extraction séquentielle du Zn selon les modalités préconisées par Sidhu et al. (1977). Les réactifs utilisés sont : 0,05 M Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Zn<sub>Ca</sub>), 0,1 M Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Zn<sub>Mg</sub>), 0,0005 M DTPA-0,1M TEA-0,01 M CaCl<sub>2</sub> (pH 7.3) (Zn<sub>DTPA</sub>), et 0,1 M HCl (Zn<sub>HCl</sub>).

Les concentrations moyennes de Zn dans la biomasse aérienne des plantes (Zn<sub>BA</sub>) ont varié entre 23,5 et 145,0 mg/kg (matière sèche), étant plus élevées avec le S<sup>0</sup>. En outre, les valeurs de Zn<sub>BA</sub> étaient négativement corrélées ( $P < 0,05$ ) avec celles du pH des sols, mais positivement corrélées ( $P < 0,01$ ) avec celles du pool labile total du Zn (Zn<sub>Ca</sub>+Zn<sub>Mg</sub>) dans le sol. Dans les conditions expérimentales, les biomasses aériennes des plantes ont prélevé (concentration x rendement de biomasse aérienne sèche) entre 0,60 et 2,20 mg Zn/pot. Les valeurs moyennes du facteur d'accumulation du Zn dans la biomasse aérienne ( $[Zn]_{\text{biomasse aérienne}}/[Zn]_{\text{sol}}$ ) ont augmenté dans l'ordre suivant : T0 (0,10) < T2, T1 (0,20 – 0,22) < T3 (0,30). Les quantités de Zn moyennes, exprimées en % de Zn total, dans les échantillons de sols suivaient l'ordre décroissant suivant : Zn<sub>HCl</sub> (10,1 – 18,8%) > Zn<sub>DTPA</sub> (3,1 – 4,8%) > Zn<sub>Mg</sub> (0,2 – 0,4%) > Zn<sub>Ca</sub> (0,1 – 0,3%). L'application des amendements acides a augmenté le pool labile total du Zn dans le sol (Zn<sub>Ca</sub> + Zn<sub>Mg</sub> + Zn<sub>DTPA</sub> + Zn<sub>HCl</sub>) de 7,1% (T1), 9,1% (T2) et 11,0% (T3) par rapport au témoin. Les quantités de Zn extraites correspondent à la fraction échangeable à laquelle s'ajoute une fraction liée aux carbonates plus ou moins solubles. Dans ces conditions, il peut être utile dans le cas des sols riches en Zn contenant du calcaire actif d'apporter d'amendements acidifiants pour rehausser la phytoextraction du Zn.

## Référence

Sidhu, A.S., Randhaway, N.S., et Sinha, M.K. 1977. Adsorption and desorption of zinc in different soils. *Soil Science*, **124**, 211-218.

# Transition en mode biologique en grandes cultures : mesures de la biodiversité et des émissions de GES

GILLES GAGNÉ<sup>1</sup>, NOÉMIE GAGNON-LUPIEN<sup>1</sup>, JULIE ANNE WILKINSON<sup>1</sup>, FRANÇOIS GENDREAU-MARTINEAU<sup>1</sup>, DAVID PELSTER<sup>2</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>2</sup>, CAROLINE HALDE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Victoriaville, QC.

<sup>2</sup>Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, QC.

<sup>3</sup>Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [gagne.gilles@cegepvicto.ca](mailto:gagne.gilles@cegepvicto.ca)

La transition vers l'agriculture biologique requiert des changements importants de pratiques agricoles pour une entreprise en grandes cultures. Durant les trois années réglementaires requises, cette transition préfigure un accroissement et une évolution de la biodiversité à l'échelle de la ferme et un changement en regard des émissions de gaz à effet de serre (GES). Un des deux objectifs principaux de ce projet est de développer et valider différents indicateurs de suivi de la biodiversité à l'échelle d'une entreprise agricole en grandes cultures. L'autre objectif est de suivre l'évolution des émissions de GES pour différents itinéraires agronomiques. Pour ce faire, nous avons mis en place en 2017 sur la ferme expérimentale du CETAB+ à Victoriaville, un site en transition biologique depuis cette même année, un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions des traitements pour un total de 16 parcelles de 9 m par 30 m. Une rotation annuelle de trois cultures a été choisie, soit orge (2017), maïs-grain (2018) et soya (2019). Les traitements consistent à l'implantation ou non d'engrais verts en intercalaire ou en post-récolte de la céréale, à un travail du sol avec labour ou un travail réduit à l'automne ou au printemps et à l'application ou non de fumier à l'automne ou au printemps.

Comparativement à l'agriculture conventionnelle, on observe en production biologique une augmentation de nombreuses espèces de plantes, d'oiseaux, de mammifères, d'arthropodes et d'autres invertébrés (Wyss et Pfiffner, 2008). Les indicateurs de la biodiversité sélectionnés couvrent des fonctions écologiques pertinentes pour la production agricole : les plantes vasculaires pour la production primaire, la présence et l'abondance des vers de terre associés notamment à la décomposition de matières organiques, la pollinisation par les abeilles et bourdons, et la prédation par les araignées et les carabes. Ces indicateurs sont suivis périodiquement durant la saison de croissance, soit sur les parcelles et/ou dans une zone témoin en friche située en périphérie du site expérimental. Des objectifs secondaires sont également visés : déterminer comment, lors de la transition de trois ans, les différents modèles de production sélectionnés influencent chaque indicateur de biodiversité choisi; produire une analyse économique du coût du suivi de la biodiversité en fonction des indicateurs choisis et proposer une méthodologie de suivi de la biodiversité valide et réaliste sur les plans technique et économique qui pourra être appliquée sur plusieurs entreprises agricoles.

Au Québec, les émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture représentaient 9,4% des émissions totales, soit 7,7 Mt éq. CO<sub>2</sub> par an (MDDELCC, 2016). Un des objectifs clés de ce volet est d'établir si les émissions directes de GES en grandes cultures sont réduites lors d'une transition d'un mode de production conventionnel vers un mode biologique. Le mode biologique n'utilise pas d'engrais azotés ni de pesticides de synthèse, repose sur une rotation d'au moins trois cultures annuelles, implique l'utilisation de cultures de couvertures incluant en tout ou en partie des légumineuses, vise à augmenter l'activité biologique des sols et sa biodiversité, et accorde une grande importance aux apports d'engrais de ferme (Sautereau et Benoit, 2016). En comparaison avec le mode conventionnel, il en découlerait une diminution des émissions de GES et une augmentation de la captation-séquestration du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans le sol sous forme de carbone organique par l'entremise de la photosynthèse. Ce volet permettra de documenter et comparer les différents itinéraires de transition expérimentés en regard des émissions de GES (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O) et de la dynamique de l'azote. Des chambres de captage des gaz ont été installées en 2018 sur les 16 parcelles du dispositif et les GES sont quantifiés. L'analyse des données obtenues des cadres de transition à l'étude permettra d'informer les intervenants et les producteurs de leur potentiel à réduire les émissions de GES, à mieux utiliser l'azote et à maintenir ou augmenter la captation-séquestration du carbone dans le sol ainsi que des aspects technico-économiques associés.

## Références

- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques). 2016. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2014 et leur évolution depuis 1990. 32 p.
- Sautereau N. et Benoit M. 2016. Quantification et chiffrage des externalités de l'agriculture biologique. Rapport d'étude. Itab. 136 p.
- Wyss, E. et Pfiffner, L. 2008. Biodiversity in Organic Horticulture – an Indicator for Sustainability and a Tool for Pest Management. *Acta horticultrae*. 767:75-80.



# Caractérisation des parties racinaires et aériennes des cultures de couverture et leurs effets sur les rendements d'une culture subséquente de blé

SAMUEL GAGNÉ<sup>1</sup>, CAROLINE HALDE<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, MARIE-NOËLLE THIVIERGE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, QC.

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, QC.

Courriel : [samuel.gagne.3@ulaval.ca](mailto:samuel.gagne.3@ulaval.ca)

**Mots clés :** Cultures de couverture, parties racinaires, parties aériennes, rapport C/N, blé

Au Québec, en 2011, 23% des fermes utilisaient des cultures de couverture (CC) (Statistique Canada 2014) pour les avantages agronomiques qu'elles procurent. Malgré cette utilisation répandue, les bénéfices attribuables à leurs racines sont encore très peu connus. Le but de ce projet est de mieux comprendre l'effet des racines et des parties aériennes de CC établies en dérobée sur la nutrition azotée et le rendement du blé de printemps (*Triticum aestivum* L.). Deux objectifs ont été mis de l'avant pour mieux comprendre ce phénomène, soit de comparer le ratio carbone/azote (C/N) et la biomasse des parties racinaires et aériennes de la vesce commune (*Vicia sativa* L.), du pois fourrager (*Pisum sativum* L.), du radis fourrager (*Raphanus sativus* L.) et du seigle d'automne (*Secale cereale* L.) et quantifier l'arrière effet des différentes parties (aériennes, racinaires et plante entière) sur la nutrition azotée et la productivité du blé l'année subséquente. Deux hypothèses ont été posées, soit que le ratio C/N des racines pour toutes les espèces est plus élevé que celui des parties aériennes et que le retour au sol des parties ayant un rapport C/N faible favorise un meilleur rendement dans le blé que le retour des parties ayant un rapport C/N élevé. Un dispositif en tiroir avec quatre blocs aléatoires complets, avec en facteur principal les espèces et en facteur secondaire les parties, a été installé et répété sur deux cycles de deux ans. Les biomasses aériennes et racinaires, le contenu en N et en C des CC et le rendement du blé ont été déterminés. En 2016, le rapport C/N des racines était de 1.3, 1.4, 1.6 et 2.1 fois plus élevé que celui des parties aériennes pour le radis, le pois, la vesce et le seigle respectivement. Malgré un rapport C/N des parties aériennes plus élevé pour le radis et le seigle (14 et 15 respectivement) que pour le pois et la vesce (12 et 10 respectivement), les résultats semblent indiquer qu'un rapport C/N faible des CC n'est pas nécessairement lié à un rendement plus élevé dans le blé l'année subséquente. À terme, cette étude permettra une meilleure gestion de l'azote en milieu agricole, tant pour les bénéfices environnementaux que cela implique, que pour la diminution des coûts reliés à la fertilisation azotée.

## Références

Statistique Canada. (2014). L'Enquête sur la gestion agroenvironnementale, totalisation spéciale. Repéré à: <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/2014000/t027-fra.htm>.

# Évolution des propriétés hydrauliques en sols organiques : l'amendement organique en conservation des sols

VINCENT GRÉGOIRE<sup>1</sup>, CAROLE BOILY<sup>1</sup>, CHRISTOPHE LIBBRECHT<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Envirotron, Université Laval, Québec, QC.  
Courriel : [vincent.gregoire.3@ulaval.ca](mailto:vincent.gregoire.3@ulaval.ca)

**Mots clés :** Hydrodynamique, incorporation, drainage

Les sols organiques cultivés sont soumis à différents processus limitant leur durée de vie (affaissement, décomposition, érosion), sans être régénérés par pédogénèse. L'une des avenues considérées par les approches de conservation des sols est l'apport de biomasse organique, broyée ou sous forme de copeaux, afin de prolonger leur durée de vie en culture. Les propriétés hydrodynamiques du milieu de culture pourraient également être améliorées par cette incorporation, d'où l'intérêt d'en évaluer l'impact.

L'approche méthodologique pour évaluer cet impact consiste à suivre l'évolution des propriétés hydrodynamiques de colonnes de sols organiques de 25 cm de diamètre et de 65 cm de haut initialement prélevées au champ. Les échantillons sont conservés en serre afin de favoriser une dégradation accélérée et sont soumis à un calendrier d'amendement et de travail de sol préétabli de 12 mois. Quatre séances de mesures d'observation de l'écoulement de l'eau suite à une simulation de pluie et une acquisition de données extensive permettent d'évaluer l'évolution des sols. Les échantillons sont d'abord saturés en eau à partir du bas, puis drainés et instrumentés à l'aide de quatre mini-tensiomètres et quatre sondes de teneur en eau. Après l'atteinte de la capacité au champ (24 heures), une pluie de 30 mm est simulée d'une durée d'environ 45 minutes et l'eau drainée est mesurée en continu avec une balance. L'impact des traitements de biomasse et de doses sont comparés selon différents paramètres tels que le stockage en eau, la porosité, le temps de rabattement de la nappe d'eau et la vitesse de drainage. La modélisation inverse permet également d'évaluer l'effet des amendements sur la conductivité hydraulique saturée et la courbe de rétention des mélanges de sol. La diffusivité des gaz, indicateur du risque d'asphyxie racinaire, est aussi évaluée. Les résultats préliminaires indiquent une amélioration des propriétés hydrodynamiques à la suite de l'amendement.

# Identification de sources de phosphore responsables des interactions microbiennes du sol et amélioration du rendement de la canne à sucre

THIAGO GUMIERE<sup>1</sup>, ALAIN N. ROUSSEAU<sup>1</sup>, DIOGO PAES DA COSTA<sup>2</sup>, ALICE SOUSA CASSETARI<sup>2</sup>, SIMONE COTTA<sup>2</sup>, FERNANDO DINI ANDREOTE<sup>2</sup>, PAULO SERGIO PAVINATO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement. 490, rue de la Couronne, Québec, QC.

<sup>2</sup>Department of Soil Science, Faculté d'Agriculture Luiz de Queiroz, Université de São Paulo, ESALQ / USP, Av. Pádua Dias, 11, CP 09,13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brésil.

Courriel : [thiago.gumiere@ete.inrs.ca](mailto:thiago.gumiere@ete.inrs.ca)

**Mots clés :** interaction microbienne, canne à sucre, sol, fertilisation, phosphore

La demande mondiale en phosphates a fortement augmenté au cours des dernières années, atteignant des niveaux alarmants. L'utilisation du phosphate naturel associé à la communauté microbienne du sol, y compris les champignons mycorhiziens arbusculaires, a été suggérée comme une alternative prometteuse. Cependant, l'impact de la source de phosphore sur la communauté microbienne du sol reste incertain. Dans ce contexte, nous avons évalué la matière sèche totale de canne à sucre produite ainsi que la structure et l'interaction des communautés microbiennes du sol (bactéries et champignons) avec trois sources différentes de phosphates, avec et sans inoculation de champignons mycorhiziens arbusculaires. Les sources de phosphore étaient le superphosphate simple (**SS** - 18,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble), le phosphate naturel Catalão - Brésil (**CB** - 2,93% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble) et le phosphate de roche de Bayovar - Pérou (**BA** - 14,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble). Les résultats indiquent que différentes sources de phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble) affectent à la fois la production de matière sèche totale de canne à sucre et la structure des communautés bactériennes et fongiques. L'inoculation a réduit la production de matière sèche totale uniquement pour le traitement avec la source **SS**. L'interaction bactéries-bactéries était négativement corrélée avec le P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble des sources de phosphates. Nous avons observé que la production de matière sèche totale la plus élevée, obtenue avec le traitement **BA**, était corrélée avec la plus faible valeur d'un modèle de l'interaction bactéries-champignons. Ainsi, cette étude suggère qu'une plus grande production de canne à sucre peut être atteinte en utilisant des sources distinctes de phosphates, et que l'interaction bactéries-champignons peut aider à identifier de meilleures sources et des niveaux optimaux d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ces découvertes offrent des possibilités d'ingénierie de la communauté microbienne du sol, ce qui pourrait éventuellement guider le développement de nouvelles stratégies de fertilisation des cultures.

# Effet du précédent cultural et de la fertilisation azotée sur la diversité des champignons mycorhiziens associés à la pomme de terre

CHANTAL HAMEL<sup>1</sup>, ATHYNA CAMBOURIS<sup>1</sup>, JEAN LAFOND<sup>2</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AAC, CRDQ, Québec, QC.

<sup>2</sup>AAC, CRDQ, Normandin, QC.

Courriel : [Chantal.Hamel@agr.gc.ca](mailto:Chantal.Hamel@agr.gc.ca)

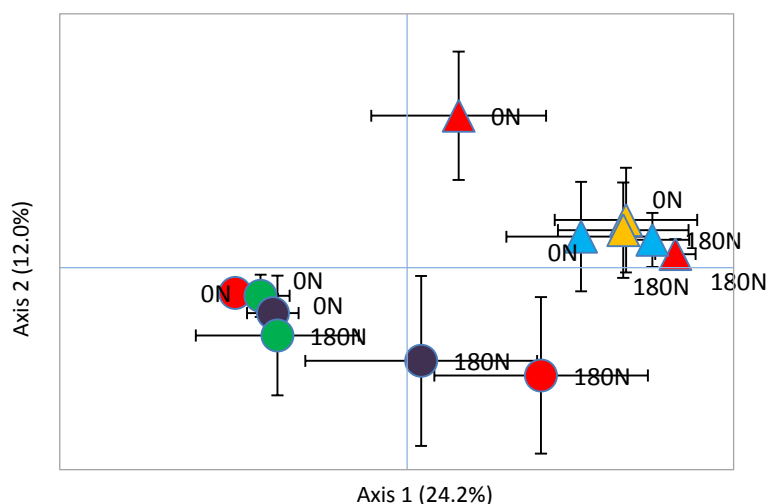
**Mots clés :** Champignons mycorhiziens à arbuscules, *Solanum tuberosum* L., communauté, diversité

La mycorhize à arbuscules pourrait réduire la dépendance de la pomme de terre à la fertilisation phosphatée car c'est une symbiose qui améliore la capacité des plantes à extraire le phosphore (P) du sol. Cette symbiose se crée entre la pomme de terre et les espèces d'un phylum de champignons du sol. La formation de mycorhizes à arbuscules (MA) est régulée par la demande en P de la plante et notre hypothèse est qu'en sol riche en P, une fertilisation élevée en azote pourrait favoriser la formation de la symbiose et influencer la communauté de champignons MA (CMA) associée aux racines, en augmentant le rapport N/P disponibles. Notre 2<sup>e</sup> hypothèse est que le précédent cultural influence la formation de la symbiose MA de la culture de pomme de terre qui suit.

Nous avons évalué sous la loupe le niveau de colonisation des racines de pomme de terre et décrit par analyse d'amplicons 18S les CMA impliquées, tel qu'influencées par la fertilisation azotée (0 et 180 kg N ha<sup>-1</sup>) et le précédent cultural (3 niveaux) dans deux régions agricoles du Québec. Le sol était riche en P, c.-à-d. 567 kg ha<sup>-1</sup> P Mehlich-3 + 90 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> à Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et 32 kg ha<sup>-1</sup> P Mehlich-3 + 150 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> à Péribonka. Les échantillons composites (3) de racines de pomme de terre ont été prélevés à la floraison dans chacun des quatre blocs des dispositifs expérimentaux.

À Ste-Catherine, un variant de *Glomus* sp. VTX00114 comptait pour 55 % des amplicons d'une CMA composée de 71 OTUs (operational taxonomic units) à ce site. À Péribonka, un variant d'*Ambispora leptoticha* VTX00242, le taxa le plus abondant (22 % des amplicons), était suivi de près par le variant de *Glomus* sp. VTX00114 (21 % des amplicons) dans une CMA composée de 47 OTUs. Les effets de traitements étaient plus apparents à Péribonka où le niveau de colonisation MA des racines a été réduit (P=0.0007) de 19 % à 10 % par la fertilisation azotée, et où la structure de la CMA a été modifiée par la fertilisation azotée (P=0.0064) et par le précédent cultural (P=0.0210). Certains taxa étaient favorisés et d'autre défavorisés par la fertilisation azotée ou par certains précédents culturaux, dans les sites d'étude.

**Figure 1.** Ordination PCoA des traitements de fertilisation (0, 180 kg N ha<sup>-1</sup>) et de précédent cultural (rouge=avoine, vert=canola, violet=raygrass, bleu=maïs, jaune=millet perlé fourragé) sur la base de la structure de la CMA logée dans les racines de la pomme de terre Russet Burbank à Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (▲) et Goldrush à Péribonka (●). Barre, erreur standard (n=4) et entre parenthèses, le % de variance expliquée.



# Irrigation de précision et gestion intégrée de l'eau en production de pommes de terre

MANDELA M. JACQUES<sup>1</sup>, INÈS MERCIER<sup>1</sup>, GUILLAUME LÉTOURNEAU<sup>1</sup>, SILVIO JOSÉ GUMIERE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [mandela-m.jacques.1@ulaval.ca](mailto:mandela-m.jacques.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** Agriculture, Imagerie spectrale, Irrigation de précision, Modèle de prélèvement racinaire.

## Introduction

Cultiver des aliments en quantité suffisante pour une population mondiale croissante tout en réduisant considérablement la consommation hydrique du secteur constitue un double défi pour l'agriculture dans le contexte actuel où les ressources hydriques s'amenuisent. Optimiser la gestion de l'irrigation s'avère une solution potentielle afin que l'agriculture puisse continuer à remplir sa fonction vitale. En ce sens, l'Université Laval et six partenaires commerciaux s'unissent dans le but d'aboutir à un système de pilotage de l'irrigation performant et modulé par les composantes interactives du climat, du sol, de la pratique de fertilisation et de la variété. Ce partenariat de recherche vise l'amélioration de la productivité et de la qualité des récoltes ainsi que la diminution des pertes d'eau et d'éléments fertilisants en production de pommes de terre à l'échelle de la ferme. L'étalonnage du potentiel matriciel du sol ainsi que des prévisions des besoins en eau par stade physiologique et des conditions climatiques par zone isoédaphique reliée à des classes de drainage, de rendement et de transport des fertilisants constitue la véritable cible du projet. Deux volets de ce projet de recherche font l'objet de cette présentation. Le premier concerne la définition d'un nouveau modèle de prélèvement racinaire en production de pommes de terre en se basant sur le modèle développé par Feddes en 1978. Le second aspect consiste en l'analyse de l'activité photosynthétique et de la réaction physiologique et morphologique des plants au stress hydrique par imagerie spectrale.

## Méthodologie

La méthodologie envisagée pour la définition du nouveau modèle de prélèvement racinaire comporte une expérimentation en serre et une modélisation graphique en deux dimensions à l'aide du logiciel HYDRUS 2D. La partie expérimentale débutera à l'été 2018 dans le complexe de serres Hautes-Performances de l'Université Laval. Le dispositif prévu vise à évaluer l'effet de 2 intensités et 3 durées de stress sur l'efficacité de prélèvement racinaire selon un dispositif factoriel avec 4 répétitions. Les apports d'eau se feront manuellement en fonction des mesures du potentiel matriciel de l'eau du sol. Des mesures physiologiques comme la conductance foliaire et l'activité photosynthétique seront faites régulièrement pour évaluer la réponse de la pomme de terre aux différents facteurs. Des images seront prises régulièrement par une caméra multispectrale KERNEL MAPIR afin d'obtenir différents indices de végétation et évaluer le stress hydrique des plants.

## Résultats anticipés

Un modèle novateur de prélèvement racinaire basé sur la modification du modèle proposé par Feddes en 1978 (Feddes et al. 1978) sera développé et tiendra compte du temps nécessaire au rétablissement des conditions physiologiques normales au sein de la plante en fonction du niveau de stress ainsi que sa durée. En ce qui a trait à l'imagerie spectrale, elle permettra une meilleure gestion de l'irrigation au moyen d'appréciations visuelles anticipées des stress hydriques pouvant provoquer les chutes de rendements de la pomme de terre.

## Conclusion

Au terme de ce projet de recherche, on aboutira au développement des connaissances sur le pilotage spatio-temporel de l'irrigation de la pomme de terre permettant d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau. La mise en œuvre d'autres projets favorisant cette gestion efficiente de l'eau devra s'étendre à d'autres types de cultures afin de permettre la pérennité d'une alimentation mondiale en qualité et en quantité suffisante.

## Références

Feddes, R.A., Kowalik, P.J. and Zaradny, H., 1978. Simulation of field water use and crop yield. PUDOC, Wageningen, 189pp.

# Évaluation par tomodynamométrie assistée par ordinateur des effets de la concentration et distribution des fragments de biochar dans le substrat sur la croissance racinaire de plantes cultivées en pot

STEEVE PEPIN<sup>1</sup>, PIERRE DUTILLEUL<sup>2</sup>, LIWEN HAN<sup>2</sup>, MARTINE DORAIS<sup>3</sup>

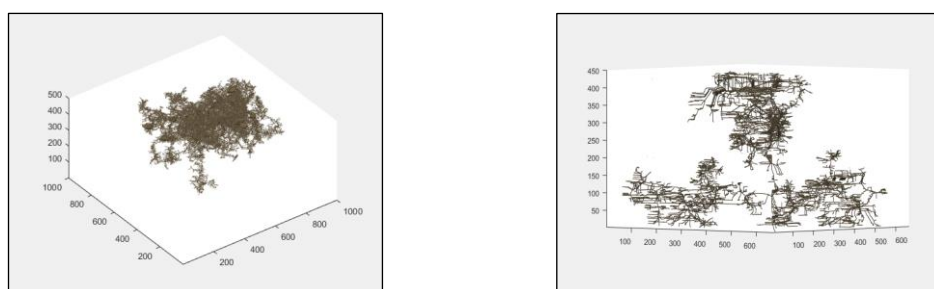
<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

<sup>2</sup>Département de sciences végétales, Université McGill, Montréal, QC.

<sup>3</sup>Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [steeve.pepin.1@ulaval.ca](mailto:steeve.pepin.1@ulaval.ca)

Peu d'études ont examiné l'effet du biochar dans des sols organiques/biologiques et son impact sur l'interrelation entre le développement racinaire, la mycorhization, les microorganismes de la rhizosphère et du sol, et la nutrition minérale des plantes cultivées en pot. Il a été observé que l'amendement en biochar (50% v/v) d'un sol biologique à base de tourbe avait des effets positifs, nuls ou négatifs selon l'espèce étudiée (Gravel *et al.* 2013). Or, de récents essais effectués en pots par notre équipe ont montré un effet négatif des concentrations élevées en biochar (30%, 50% et 100% v/v) sur la croissance des racines et la biomasse aérienne de jeunes plants de tomate. Ce projet visait donc à évaluer le potentiel d'utilisation du biochar comme amendement pour la production de transplants et de plantes cultivées en pot, notamment l'effet de différentes concentrations et tailles de particules de biochar dans le substrat sur le développement du système racinaire ainsi que sur la physiologie et la croissance des plants de tomate (cv. MicroTom). Deux concentrations en biochar (15 % vs. 30 % v/v ; biochar de sapin baumier et d'épinette blanche), deux tailles de particules (< 2 mm vs. > 5 mm de diamètre) et deux distributions spatiales du biochar (stratifié : une couche de ~1 cm d'épaisseur dans le tiers supérieur et dans le tiers inférieur du pot vs. six pochettes/baluchons de biochar de volumétrie similaire) ont été comparées à un traitement témoin (substrat Pro-Mix sans biochar). Après six semaines de croissance en serre, 18 plants de tomate (n = 2 par traitement) ont été analysés par tomodynamométrie TAO en conditions humides (substrat à saturation) et l'isolation du système racinaire a été effectuée par 'l'approche MATLAB' et 'l'approche ImageJ' (Lafond *et al.* 2015) ; les biomasses racinaires et aériennes des plants ont été déterminées par après. Il n'a pas été possible d'obtenir de bons résultats pour des plants CT scannés dans des pots avec biochar stratifié, vraisemblablement parce que les deux strates de biochar représentaient des 'barrières' difficiles à franchir pour le système racinaire et/ou parce que le biochar s'est possiblement déplacé dans le pot lors des arrosages, rendant le volume CT scanné très hétérogène. Peu de différences ont été observées entre les deux concentrations de biochar. Les résultats étaient très intéressants dans le cas des pochettes de biochar, où des 'trous' ont été observés dans la structure des systèmes racinaires des plants (Figure 1). De tels 'trous' n'étaient pas présents dans le système racinaire des plants témoins. Une estimation de la dimension fractale et une mesure de la longueur totale du système racinaire à partir d'analyses plus poussées des données de tomodynamométrie TAO sont en cours, démontrant tout le potentiel de cet outil unique pour suivre la progression du développement racinaire dans le substrat amendé avec du biochar, et établir si la répartition spatiale des particules de biochar a une incidence sur la croissance des racines et la rhizosphère.



**Figure 1.** Images 3-D 'squelettisées' de systèmes racinaires reconstruits à partir de données de tomodynamométrie TAO (plant 'témoin' à gauche et plant avec 30 % (v/v) biochar, répartis dans 6 pochettes de 100 cm<sup>3</sup> à droite).

## Références

- Gravel V., Dorais, M., Ménard, C. (2013) Organic potted plants amended with biochar: its effect on growth and *Pythium* colonization. *Canadian Journal of Plant Science*, 93:1217–1227.
- Lafond, J. A., Han, L., and Dutilleul, P. 2015. Concepts and analyses in the CT scanning of root systems and leaf canopies: A timely summary. *Frontiers in Plant Science* 6:1111 (doi: 10.3389/fpls.2015.01111).

# Structure forestière et concentration du carbone organique du sol dans les zones ripariennes affectées par des crues fréquentes (Québec, Canada)

DIANE SAINT-LAURENT<sup>1,2</sup>, JEAN-SÉBASTIEN BERTHELOT<sup>3</sup>, VERNHAR GERVAIS-BEAULAC<sup>2</sup>, LISANE ARSENAULT-BOUCHER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Géographie et Laboratoire de recherche en géomorphologie fluviale et sols, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, QC.

<sup>2</sup>Département des Sciences de l'Environnement, UQTR, Trois-Rivières, QC.

<sup>3</sup>Paré et Associés, Section Environnement, 2990, avenue Pierre-Péladeau, bureau 400, Laval, QC.

Courriel : [diane.saint-laurent@uqtr.ca](mailto:diane.saint-laurent@uqtr.ca)

**Mots clés :** Sols forestiers, zone ripariennes, carbone organique du sol, biomasse, récurrence des inondations, Québec

Évaluer les stocks de carbone organique des sols forestiers riverains affectés par des crues fréquentes est crucial pour bien mesurer leur concentration et surtout leur répartition spatiale le long des gradients hydrologiques et topographiques. En parallèle, il faut comprendre les taux de recrutement de la régénération forestière, ainsi que la structure et la composition des peuplements forestiers soumis à ces perturbations. La fréquence et la durée des crues peuvent être à l'origine d'importantes variations des concentrations de matière organique et de carbone organique total des sols et pourraient avoir des effets directs sur les stocks de C dans les sols alluviaux à long terme. Il faut mesurer par ailleurs les effets probables de ces teneurs sur les taux de recrutement des espèces d'arbres. Dans cette recherche, nous avons évalué les variations et les concentrations de stocks de C des sols riverains échantillonnés le long des transects perpendiculaires aux berges qui traversent des zones inondées et non inondées. Dans les différentes zones, les stocks de carbone organique total du sol montrent une différence marquée dans leur concentration et leur distribution spatiale, et les valeurs les plus faibles se retrouvent dans les sols minéraux affectés par des inondations successives. Les concentrations de COS sont significativement plus faibles dans les plaines inondables actives avec une valeur moyenne de 2,89% par rapport aux sols non inondés (5,09%). La proportion de stocks de carbone calculée dans les sols forestiers (inondés vs non inondés) était également significativement différente avec des valeurs moyennes de 41,8 et 77,44 t.ha<sup>-1</sup>, respectivement. Les taux de recrutement sont plus faibles dans les zones fréquemment inondées et la diversité et densité des arbres sont légèrement plus faibles dans les zones ripariennes actives.

## Références

Saint-Laurent, D., Berthelot, J.-S., Gervais-Beaulac, V. (2017). Habitat fragmentation and structure and composition of tree populations in agroforestry landscape (southern Québec, Canada). *Agroforestry Systems*, p. 1-18, DOI: 10.1007/s10457-017-0099-0.

Saint-Laurent, D., Gervais-Beaulac, V., Paradis, R., Arsenault-Boucher, L., Demers, S. (2017). Distribution of Soil Organic Carbon in Riparian Forest Soils Affected by Frequent Floods (Southern Québec, Canada). *Forests*, 8(4), 124, DOI: 10.3390/f8040124.

Paradis, R., Saint-Laurent, D. (2017). Spatial Distribution of organic carbon and nitrogen in soils related to flood recurrence intervals and land use changes in southern Québec, Canada. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 8(2):25-36. DOI: 10.5897/JSSEM2015.0592.

Saint-Laurent, D., Paradis, R., Drouin, A., Gervais-Beaulac, V. (2016). Impacts of Floods on Organic Carbon Concentrations in Alluvial Soils along Hydrological Gradients Using a Digital Elevation Model (DEM). *Water*, 2016, 8, 208: 1-17. DOI: 10.3390/w8050208.

Berthelot, J.-S., Saint-Laurent, D., Gervais-Beaulac, V. (2015). A comparison of the composition and diversity of tree populations along a hydrological gradient in floodplains. *Forests Journal*, 6, 929-956. DOI: 10.3390/f6040929.

# Effet de la chaux calcique sur quelques propriétés chimiques d'un sol de tourbière résiduelle

PAPA MALICK SALL<sup>1</sup>, MATHIEU QUENUM<sup>1</sup>, ANTOINE KARAM<sup>1</sup>, AHMED AAJJANE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers, Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Paul Comtois, Université Laval, Québec, QC.  
Courriel : [papa-malick.sall.1@ulaval.ca](mailto:papa-malick.sall.1@ulaval.ca)

**Mots clés** : spéciation, éléments traces métalliques, amendement, restauration

Les sols des tourbières résiduelles sont fortement acides et pauvres en éléments nutritifs et contiennent des éléments traces métalliques (ÉTM) ou métaux lourds. Dans un contexte de développement durable, le phyto-aménagement de ces tourbières résiduelles requiert l'application d'amendements basiques et de fertilisants. L'objectif de cet essai mené sur la couche de sol minéral riche en matière organique (10,8% MO) provenant d'une tourbière résiduelle (Nouveau-Brunswick, Canada) est d'examiner l'effet de trois doses de chaux calcique (CC) (0; 27,2 g CC/kg de sol ; 36,2 g CC/kg de sol) sur quelques propriétés édaphiques ( $\text{pH}_{\text{eau}}$ , acidité échangeable, conductivité électrique de l'extrait aqueux du sol, carbone organique et Al-Mehlich3), et les formes facilement labiles (FL) et moyennement labiles (ML) des métaux Ca, Cu, Fe, Mg, Mn et Zn, en fonction du temps d'incubation (0, 10, 20, 30, 40, 60, 90 et 150 j). Les sols ont été laissés incubés dans des conditions contrôlées et optimales de température et d'humidité, soit à 25°C et à une humidité de 50-60% de la capacité en eau au champ. Deux répétitions ont été effectuées par mélange de sol (sol seul et sol + chaux). En comparant avec le témoin, l'apport de la chaux calcique diminue la concentration de l'acidité échangeable et les teneurs en Al et ÉTM labiles du sol de la tourbière résiduelle. L'augmentation des quantités de Ca et de Mg labiles avec le temps d'incubation s'est traduite par l'augmentation graduelle des valeurs de  $\text{pH}_{\text{eau}}$ . Aucun effet significatif des doses de chaux sur la minéralisation du carbone organique n'a été remarqué. D'une manière générale, le chaulage du sol acide a eu un effet très significatif ( $P < 0,01$ ) sur les teneurs de Cu, Fe, Mn et Zn du sol sous formes facilement labiles (FL) et moyennement labiles (ML). Excepté  $\text{Cu}_{\text{FL}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{ML}}$  et  $\text{Zn}_{\text{ML}}$ , l'effet de la chaux calcique sur les teneurs en  $\text{Fe}_{\text{FL}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{ML}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{FL}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{ML}}$  et  $\text{Zn}_{\text{FL}}$  du sol est dépendant du temps de réaction de la chaux avec les ions métalliques. Les résultats statistiques montrent un lien étroit entre le pH du sol et les teneurs en  $\text{Cu}_{\text{FL}}$  ( $r = -0,461$ ,  $P < 0,01$ ),  $\text{Fe}_{\text{FL}}$  ( $r = -0,892$ ,  $P < 0,001$ ),  $\text{Fe}_{\text{ML}}$  ( $r = -0,615$ ,  $P < 0,001$ ),  $\text{Mn}_{\text{FL}}$  ( $r = -0,711$ ,  $P < 0,001$ ),  $\text{Mn}_{\text{ML}}$  ( $r = -0,534$ ,  $P < 0,001$ ) et  $\text{Zn}_{\text{FL}}$  ( $r = -0,753$ ,  $P < 0,001$ ) du sol. Ces résultats illustrent l'importance de chauler les sols de tourbières résiduelles acides pour diminuer la mobilité et la biodisponibilité des métaux toxiques tels l'aluminium et le manganèse lors des pratiques de phyto-aménagement.



# Effet temporaire des rotations courtes sur le drainage des sols organiques cultivés

LAURA THÉRIAULT<sup>1</sup>, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.  
Courriel : [laura.theriault.1@ulaval.ca](mailto:laura.theriault.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** terres noires, conductivité hydraulique saturée, barrière hydrique, écoulement de l'eau.

Au Québec, la plupart des sols organiques sont utilisés pour la production de légumes et pour l'extraction de tourbe. Bien que très productifs, les sols organiques sont soumis à une dégradation intense causée par le drainage initial et par la mise en culture. Cette dégradation s'accélère au fur et à mesure que le niveau de la nappe descend dans le profil, et on peut parfois observer la formation d'une couche compacte à une profondeur de 20 à 40 cm. Cette couche est associée à l'accumulation de particules fines et compactes, et peut conduire à la formation d'une nappe phréatique perchée dans la zone racinaire à certains moments dans une saison de croissance. Il a été émis comme hypothèse que l'intégration de plantes à enracinement profond dans la rotation culturale pourrait améliorer la conductivité hydraulique dans cette couche compacte et donc le drainage du sol, comme plusieurs études l'ont déjà démontré pour les sols minéraux compactés. Les objectifs du projet étaient d'identifier une espèce végétale, à utiliser en rotation courte, pour améliorer l'infiltration d'eau dans les sols organiques dégradés, ainsi que d'évaluer les effets résiduels des biopores laissés par les racines sur le drainage.

Pour une durée de trois ans, des parcelles expérimentales de cultures à enracinement profond ont été implantées sur des terres noires de la Montérégie, sur des sites ayant des niveaux de dégradation différents (Histosol Terrique Mésique et Fibrisol Limnique). Trois mélanges de plantes annuelles et un témoin de laitue ont été implantés en sols sous-solés et non sous-solés sur chacun des deux sites pendant les deux premières années. La culture de laitue a été implantée sur toute la superficie au cours de la troisième année, de manière à mesurer les effets résiduels laissés par les racines après la réintroduction de la culture maraîchère principale. Au cours de chaque année du projet, des mesures de conductivité hydraulique à saturation ( $K_s$ ) ont été prises à la surface du sol et à une profondeur de 30 cm, et des mesures de résistance à l'enfoncement ont été faites sur l'ensemble du profil à l'aide d'un pénétromètre numérique. Le potentiel matriciel et le niveau des nappes ont également été relevés par des acqui-siteurs au cours des saisons.

Les résultats des mesures de résistance à l'enfoncement et de conductivité hydraulique étaient variables et différaient d'un site à l'autre. Nous avons observé des effets significatifs, bien que faibles, de  $K_s$  la deuxième année de la rotation sur chacun des sites. Cependant, ces effets sont rapidement disparus l'année suivante lors de la réintroduction de la culture principale. La disparition des effets pourrait être causée entre autres par le travail du sol, ou par le déplacement des particules par l'érosion hydrique. La recherche future devrait probablement se concentrer sur des moyens additionnels pour améliorer le drainage, mais surtout sur des moyens visant à ralentir la dégradation de ces sols, cause principale de la formation de la couche compacte.



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

---



# Caractérisation de la variabilité spatiale des propriétés physiques du sol à l'aide de l'imagerie hyperspectrale

HACHEM AGILI<sup>1</sup>, KAREM CHOKMANI<sup>1</sup>, ATHYNA CAMBOURIS<sup>2</sup>, ISABELLE PERRON<sup>2</sup>, JIMMY POULIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut national de la recherche scientifique (INRS), Centre Eau Terre Environnement, 490 Rue de la Couronne, Québec, QC.

<sup>2</sup>Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, QC.

Courriel : [hachem.agili@ete.inrs.ca](mailto:hachem.agili@ete.inrs.ca)

**Mots clés :** Zones d'aménagement, imagerie hyperspectrale, conductivité électrique apparente

La télédétection hyperspectrale permet d'acquérir des données qui sont corrélées aux propriétés du sol grâce à leur très haute résolution spectrale. Cette technique a été largement utilisée pour la caractérisation des propriétés du sol notamment à l'aide de capteurs de spectroscopie proximale. Toutefois, ces capteurs présentent plusieurs limites notamment le manque d'exhaustivité spatiale ce qui ne permet pas de bien représenter la variabilité spatiale des propriétés du sol. Cette étude évaluait le potentiel de l'utilisation de l'imagerie hyperspectrale aéroportée pour la caractérisation de la variabilité spatiale des propriétés physiques du sol à l'échelle du champ. La télédétection aéroportée permet d'acquérir des données à haute résolution spatiale avec une couverture complète du champ. Durant l'automne 2015, des données d'imagerie hyperspectrale aéroportée ont été acquises à basse altitude (entre 500 et 1000 m) sur trois champs de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) à sol nu. Ces données couvrent une plage spectrale allant du visible jusqu'à l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (400-1700 nm). Le sol de surface (0-20 cm) des trois champs a été échantillonné selon une grille d'échantillonnage intensive de 12 points par hectare. L'analyse granulométrique à la pipette a permis de déterminer le pourcentage en sable, limon et argile alors que la méthode de combustion a été utilisée pour déterminer la teneur en matière organique de chacun des échantillons. Également, pour les trois champs, la conductivité électrique apparente du sol a été mesurée à l'aide du Veris 3100 afin de délimiter les zones d'aménagement ( $ZA_{CEa}$ ). Les données hyperspectrales ont été prétraitées en appliquant des corrections radiométriques et géométriques afin d'obtenir des données de réflectance géorectifiées. Les bandes spectrales les plus corrélées aux propriétés physiques du sol ont été extraites en appliquant l'analyse canonique de corrélation (ACC). L'ACC est une technique d'analyse des données multivariées qui vise à maximiser la corrélation entre deux groupes de variables (dans la présente étude, ils correspondent aux variables spectrales et aux propriétés physiques du sol) tout en réduisant la dimensionnalité des données. À partir des bandes spectrales sélectionnées, une méthode de segmentation multirésolution a été utilisée sur chacun des trois champs pour obtenir des zones ayant des propriétés spectrales similaires. Ces zones sont considérées comme des zones d'aménagement ( $ZA_{ACC}$ ). Des tests statistiques comme l'analyse de variance (ANOVA) et le test de moyenne de Student (T-test) ont montré que les  $ZA_{ACC}$  présentent une différence significative pour les propriétés physiques du sol. Les  $ZA_{ACC}$  et les  $ZA_{CEa}$  ont également montré des résultats qui sont visuellement similaires. En conclusion, l'utilisation des données hyperspectrales aéroportées permet de caractériser la variabilité spatiale des propriétés physiques du sol et peuvent donc servir à délimiter des zones d'aménagement. Cette étude a montré que l'utilisation des données hyperspectrales peut être une alternative prometteuse aux techniques conventionnelles pour la gestion de la variabilité spatiale à l'échelle du champ.

# Étude de la valorisation des cendres sous-foyer issues de la combustion de mélanges bois-boues de station d'épuration dans le cadre d'amendement agricole en France

MARILIA CAMOTTI BASTOS<sup>1,2</sup>, ANTOINE BONNEFOY<sup>2</sup>, CELINE BRUYERE<sup>3</sup>, LAURENT CANER<sup>4</sup>, THIBAUT STERCKEMAN<sup>1</sup>, GABRIEL TEXEIRA<sup>3</sup>, SONIA HENRY<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université de Lorraine, INRA, LSE, UMR 1120, F-54000 – NANCY

<sup>2</sup>Plateforme Technique IUT Thionville/Yutz, F-57970 – YUTZ

<sup>3</sup>Veolia Recherche et Innovation (VERI), Centre de Recherche de Limay, F-78520 – LIMAY

<sup>4</sup>Poitiers, IC2MP, Hydrasa

Courriel : [mcamotti@hotmail.com](mailto:mcamotti@hotmail.com)

**Mots clés :** Cendres, Boues de station d'épuration, ETM, Valorisation, Amendement

## Introduction

En 2010, d'après les données collectées par le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, environ 15 Mt de produit brut, soit 1,5 Mt de matières sèches de boues de station d'épuration (STEP) ont été produites en France. L'utilisation de boue séchée en mélange avec de la biomasse pour l'alimentation de chaudière est aujourd'hui très peu développée en France, surtout en raison de problèmes réglementaires (statut déchet de la boue, absence de traitement poussé des fumées de combustion sur les chaudières, etc.). Cependant, les chaudières biomasse seront vraisemblablement amenées, dans l'avenir, à recevoir des combustibles de substitution en raison principalement du prix de plus en plus élevé de la biomasse. Si l'utilisation des boues séchées comme source d'énergie se consolide, les cendres de ces chaudières devraient être destinées à une activité permettant leur valorisation. En raison de la grande quantité d'éléments chimiques disponibles dans les cendres, leur utilisation dans l'agriculture pourrait être l'une des alternatives visant à réduire la charge environnementale et le bilan énergétique de cette activité. Ainsi, l'objectif de cette étude sur la valorisation agronomique des cendres issues de la combustion d'un mélange bois/boue (boues issues de la STEP de Thionville) est d'analyser l'impact du retour au sol de ces cendres en termes de valeur agronomique (valeur fertilisante et d'amendement) et d'innocuité (en lien avec les teneurs en polluants métalliques et organiques).

## Méthodologie

Le blé dur a été choisi comme culture pour cette étude, car il s'agit d'une espèce à production de biomasse alimentaire largement utilisée au niveau mondial et capable d'accumuler des éléments traces métalliques (ETM) dans ses grains. L'étude a été réalisée en mésocosmes à l'IUT de Thionville/Yutz (France) dans des conditions contrôlées de température (15°C), d'humidité (70%) et de luminosité (16h jour/ 8h nuit). Les mésocosmes ont reçu l'application de quatre types de cendres sous foyer ((i) Plaquettes Forestières (PF) + Granulés de bois (GB); (ii) PF + GB + boue à 12%; (iii) PF + GB + boue à 12% +1% CaO; (iv) PF + GB + boue à 20% +1% CaO) appliqués avec quatre doses différentes (0, 1, 10, 50 Mg ha<sup>-1</sup>). Les plantes ont été cultivées jusqu'à la pleine maturité des grains. Les analyses réalisées visaient à étudier l'effet de l'application des différentes cendres sur la production végétale, sur les concentrations en nutriments et en ETM dans les sols, la biomasse aérienne et les grains mais aussi sur la densité et la diversité des microorganismes présents dans les sols ainsi amendés. Des tests d'écotoxicité sur des végétaux supérieurs (avoine, navette et fève) ont également été réalisés au début et à la fin de l'expérimentation pour vérifier l'effet des cendres sur les sols avant et après la culture du blé.

## Résultats

Les résultats de l'apport de cendres issues de la combustion du mélange bois-boue sur des sols reconstitués mené jusqu'à présent montrent que l'apport de métaux est supérieur aux flux maximum autorisé sur 10 ans pour les paramètres Ni + Co + Cu + Zn par rapport au décret 97-1133/98, concernant l'épandage de boues d'épuration sur les sols agricoles. D'un autre côté, les valeurs ajoutées dans le sol par l'application de cendres sont beaucoup plus faibles que les valeurs naturelles des ETM retrouvés dans les sols de la région (valeurs bruit de fond). Autrement dit, les contributions faites par les cendres sont beaucoup plus faibles que les caractéristiques naturelles de la région d'étude. De plus, les tests d'écotoxicité n'ont montré aucun effet négatif sur les végétaux étudiés, quels que soient le type de cendre et la dose de cendre apportée. Les effets positifs sont perceptibles au niveau de la production de blé. En effet, la croissance a été visiblement très influencée par la contribution des cendres (production de biomasse aérienne, nombre d'épis).

## Conclusions

Face à l'épuisement des ressources pour la production de nutriments et au développement des activités anthropiques dans le monde, il est d'intérêt global de rechercher des sources renouvelables d'éléments chimiques pour la production de fertilisants agricoles. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que le retour au sol des cendres de mix bois/boue récupérées sous-foyer est une source prometteuse de nutriments mais des études complémentaires doivent être menées afin de classer ces matrices sans véritable risque environnemental.

# Conservation des sols organiques cultivés : Évolution des paramètres chimiques à la suite d'amendements en biomasses végétales broyées et en cuivre

KAROLANE BOURDON<sup>1</sup>, JOSÉE FORTIN<sup>1</sup>, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC.

Courriel : [karolane.bourdon.1@ulaval.ca](mailto:karolane.bourdon.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** graminée, bois, biomasse aérienne, sulfate de cuivre, horticulture.

La fertilité des sols organiques est reconnue à travers le monde, le jargon floridien les dénomme même « *Black gold* ». En comparaison avec les milieux humides qui rendent des services écologiques essentiels, les sols organiques cultivés rendent un service sociétal d'approvisionnement en légumes frais. Toutefois, ces sols n'échappent pas à la dégradation constatée à l'échelle mondiale. En effet, on observe une diminution du potentiel agricole des terres noires québécoises et un affaissement d'environ 2 cm/an causé principalement par l'oxydation de la matière organique, le drainage et l'érosion éolienne. Le présent groupe de recherche propose de développer des stratégies de conservation et de reconstruction des sols organiques cultivés dans une perspective de maintien des activités horticoles. Il est proposé de compenser les pertes de matière organique par des apports de biomasses végétales broyées et de tester la pertinence d'apporter du cuivre pour ralentir l'activité microbienne. Cependant, il est essentiel de connaître précisément les répercussions de tels apports sur les propriétés chimiques, physiques et microbiologiques des sols amendés. L'étude présentée porte donc sur l'évolution temporelle de paramètres chimiques d'un sol organique cultivé amendé avec différentes biomasses en combinaison ou non avec du cuivre.

Le sol organique (série Sainte-Dominique) échantillonné en surface a d'abord été séché et tamisé à 2 mm, puis amendé avec une dose unique (20 t/ha) de 5 biomasses différentes (miscanthus, sorgho, panic, saule et bouleau) en combinaison ou non avec du sulfate de cuivre (200 mg Cu/kg). Le dispositif a été complété par un témoin sans amendements et un témoin avec cuivre uniquement. Une fois humectés, les sols des différents traitements ont été incubés à la noirceur en conditions contrôlées (température, aération et humidités constantes) dans un dispositif complètement aléatoire avec 3 répétitions pendant deux mois avec des échantillonnages après 24 hrs, 1, 2, 3, 4 et 8 semaines.

Un affaissement immédiat qui s'est estompé après quelques jours a été constaté pour les sols amendés en sorgho (figure 1). Cet effet est attribué au contenu élevé de cette biomasse en sels solubles et, plus spécifiquement, en cations dispersants (K, Na) comparativement aux cations floculants (Ca, Mg). Toutes les biomasses confondues ont eu un effet chaulant alors que l'ajout de cuivre a eu un effet acidifiant. En effet, le cuivre a la capacité d'hydrolyser les molécules d'eau et de relâcher des ions H<sup>+</sup>. Les biomasses ont aussi causé une diminution de la quantité d'azote minéral, mais, à l'inverse de nos attentes, ce sont celles de panic et de sorgho qui ont eu l'effet le plus marqué. La conductivité électrique plus élevée de la fraction soluble de ces deux biomasses peut avoir eu un effet négatif sur la population microbienne et réduit le potentiel de minéralisation (Rietz et Haynes 2003). Compte tenu du fort potentiel de minéralisation de ces sols, une certaine diminution de la disponibilité en azote pourrait être bénéfique pour leur conservation et pour l'environnement sans toutefois représenter un obstacle majeur à la production horticole.



Figure 1. Affaissement du sol amendé en sorgho (gauche) par rapport au témoin (droite).

Rietz, D. N. and Haynes, R. J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* **35**, 845-854.

## Conservation et restauration de sols organiques en Montérégie : stratégie de recherche pour une action rapide

JEAN CARON<sup>1</sup>, JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ<sup>1</sup>, JOSÉE FORTIN<sup>1</sup>, GENEVIÈVE MONTMINY<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>, ALAIN N. ROUSSEAU<sup>2</sup>, RICHARD HOGUE<sup>3</sup>, CAROLE BOILY<sup>1</sup>, MICHAEL LEBLANC<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Envirotron, Université Laval, Québec.

<sup>2</sup>INRS, Centre Eau Terre Environnement, Québec,

<sup>3</sup>IRDA, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec.

Courriel : [jean.caron@fsaa.ulaval.ca](mailto:jean.caron@fsaa.ulaval.ca)

**Mots clés :** sols organiques, gestion, conservation, restauration, drainage

Les sols organiques couvrent des milliers d'hectares au Canada et sont utilisés pour la production horticole et la récolte de tourbe. Ils se dégradent par oxydation, tassement et érosion éolienne et hydrique. Au sud-ouest du Québec, ce taux atteint 2 cm par an et la plupart de ces sols très productifs pourraient disparaître d'ici 50 ans si rien n'était fait pour contrer cette dégradation. De plus, leur oxydation accélérée entraîne une perte importante de carbone dans l'atmosphère, contribuant ainsi au réchauffement climatique. Il est donc essentiel de mettre en place un programme de recherche de conservation propre à ces sols. Un programme de recherche est en voie de structuration et vise la conception et le développement d'un plan dynamique de conservation des sols organiques pour déterminer les interventions nécessaires au maintien et à l'amélioration de leurs propriétés physico-chimiques et biologiques. Ce programme comportera quatre volets: (i) une étude approfondie de la production et de l'application de biomasses pour combler les pertes par décomposition, (ii) une étude de l'impact de ces amendements sur les propriétés du sol et les mécanismes biologiques liés aux processus de décomposition, (iii) un examen de l'évolution du drainage des sols organiques amendés et, finalement, (iii) une intégration de l'évolution des caractéristiques des sols organiques et des méthodes de lutte contre l'érosion éolienne. Ces volets seront les piliers du plan dynamique de gestion d'interventions localisées de conservation. Cette communication présentera les résultats préliminaires derrière cette stratégie ainsi que les détails scientifiques qui appuient ces choix. Les solutions envisagées seront également introduites.



# Effet de la fertilisation azotée sur les pertes post-récolte de nitrates dans la production de pomme de terre irriguée

CHEDZER-CLARC CLÉMENT<sup>1,3</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, BERNIE J. ZEBARTH<sup>2</sup>, ANTOINE KARAM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Centre de Recherche et de Développement de Québec, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, QC.

<sup>2</sup>Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Centre de Recherche et de Développement de Fredericton, P.O. Box 20280, Fredericton, Nouveau-Brunswick.

<sup>3</sup>Département des Sols et de Génie Agro-alimentaire, Pavillon Paul Comtois, Université Laval, Québec, QC  
Courriel : [chedzer-clarc.clement.1@ulaval.ca](mailto:chedzer-clarc.clement.1@ulaval.ca)

**Mots clés** : Nitrates résiduels, engrais à libération lente, ammonium sulfate, ammonium nitrate, doses de N

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), troisième production horticole au Québec, requiert annuellement de 125 à 175 kg N ha<sup>-1</sup> (CRAAQ 2010). Toutefois, seulement une faible proportion (55 % en moyenne) du N ajouté est prélevé par la plante (Cambouris et al. 2016). Dans les régions humides, les pertes de nitrate (N-NO<sub>3</sub>), qui est un anion mobile dans le sol, par lixiviation ont lieu principalement après la saison de croissance de la pomme de terre cultivée sur sols sableux (De Neve et al. 2003). Il est admis que les N-NO<sub>3</sub> en excès entraînés au-delà de la profondeur maximale des racines de la plante constituent une source de N, susceptible d'être perdu par lixiviation vers les eaux souterraines. Ces pertes sont d'autant plus importantes lorsque la quantité de nitrates résiduels (NRS) présents dans la couche arable est élevée à la fin de la saison de croissance (Roth et Fox 1990). L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la fertilisation azotée (doses et sources) de la pomme de terre irriguée sur les quantités de NRS de même que sur les pertes post-récolte de N-NO<sub>3</sub> (PPRN).

Des essais culturaux ont été conduits durant cinq saisons de croissance (2008 à 2012) sur des loam sableux des séries Morin (2008, 2010 et 2012) et Pont-Rouge (2009 et 2011) à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (Québec, Canada). La mise en place des essais comprenait treize traitements de N (doses × sources) incluant le témoin, répétés quatre fois (blocs), soit au total 52 parcelles expérimentales disposées dans un plan en blocs complets aléatoires. Les doses de N étaient 60, 120, 200 et 280 kg N ha<sup>-1</sup>. Les sources de N étaient le nitrate d'ammonium (AN ; 34-0-0), le sulfate d'ammonium (AS ; 22-0-0) et l'urée enrobée de polymères (PCU ; 44-0-0), qui est considéré comme un engrais à libération lente. Après la récolte des tubercules, les quantités de NRS ont été mesurées sur une profondeur de 90 cm dans le profil de sol durant les cinq saisons de croissance. Toutes les unités expérimentales ont été également échantillonnées le printemps suivant pour mesurer la teneur en N-NO<sub>3</sub> et estimer les PPRN. Le cultivar Russet Burbank a été utilisé durant les cinq années de l'étude.

Les quantités de NRS ont augmenté avec les doses croissantes de N variant de 94 à 144 kg N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> avec l'AN, de 109 à 159 kg N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> avec l'AS, et de 106 à 340 kg N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> avec le PCU. En moyenne, les quantités de NRS étaient 50 % supérieures avec le PCU par rapport aux deux engrais facilement solubles (AN et AS). Les sols ayant une teneur élevée en N-NO<sub>3</sub> avant la plantation présentaient généralement des quantités de NRS plus élevées. La quantité et la fréquence des précipitations survenant de la plantation à environ 40 jours après celle-ci, étaient également un facteur déterminant de la teneur de NRS. Les PPRN ont varié de 54 à 84 % de 2010 à 2012, alors que des gains en N-NO<sub>3</sub>, de 7 à 85 %, ont été enregistrés en 2008 et 2009. Les quantités de NRS et les précipitations durant la période post-récolte constituaient les principaux facteurs contrôlant les PPRN. Celles-ci étaient plus élevées dans les parcelles ayant une plus forte teneur en NRS. Ces résultats confirment que la forte concentration des NRS présents dans le sol après la récolte de la plante constitue un facteur déterminant de pertes de nitrates par lixiviation après la saison de croissance.

## Références

- Cambouris, A.N., St. Luce, M., Zebarth, B.J., Ziadi, N., Grant, C.A., et Perron, I. (2016). Potato Response to Nitrogen Sources and Rates in an Irrigated Sandy Soil. *Agronomy Journal* 108, 391-401.
- CRAAQ (2010). *Guide de référence en fertilisation*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).
- De Neve, S., Dieltjens, I., Moreels, E., et Hofman, G. (2003). Measured and Simulated Nitrate Leaching on an Organic and a Conventional Mixed Farm. *Biological Agriculture & Horticulture* 21, 217-229.
- Roth, G.W., et Fox, R.H. (1990). Soil Nitrate Accumulations following Nitrogen-Fertilized Corn in Pennsylvania. *Journal of Environmental Quality* 19, 243-248.

# Quantification de l'arrière-effet azoté associé aux apports répétés d'effluents d'élevage dans une rotation blé-maïs-soya

CINDY DENONCOURT<sup>1,2</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>1</sup>, MARIE-NOËLLE THIVIERGE<sup>1</sup>, DENIS ANGERS<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures, 2560 boulevard Hochelaga, Québec, QC.

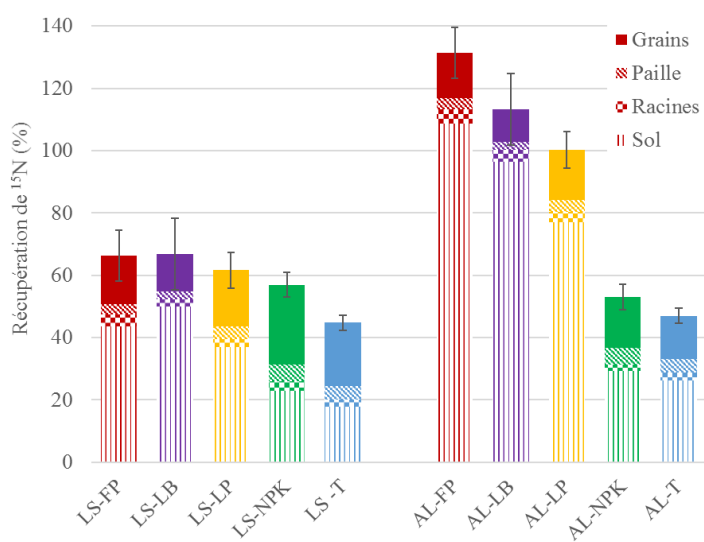
<sup>2</sup>Université Laval, Département de phytologie, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, QC.

Courriel : [cindy.denoncourt.1@ulaval.ca](mailto:cindy.denoncourt.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** fumier de poulet, lisier de bovin laitier, lisier de porc, sols contrastés

Les effluents d'élevage sont utilisés de manière répétée sur les fermes mixtes pour fertiliser les cultures. Alors qu'une partie de l'azote (N) provenant des effluents d'élevage est directement utilisée par la culture l'année de l'application, une autre partie demeure dans la réserve du sol et sera minéralisée ultérieurement. Cependant, prédire la quantité de N qui sera minéralisée est difficile puisque les effluents d'élevage ont des compositions variables et que les interactions avec les pratiques culturales sont peu documentées. L'objectif de cette étude était de quantifier l'arrière-effet azoté après huit années d'apports répétés d'effluents d'élevage et d'engrais minéral en fonction de diverses pratiques culturales. Une expérience factorielle en tiroirs établie sur deux types de sol [loam sableux (LS) et argile limoneuse (AL)] sous une rotation blé-maïs-soya a été utilisée pour ce projet. Le travail de sol [labour (L), travail réduit (TR)] était le facteur principal, alors que la source de fertilisant [témoin (PK), engrais minéral (NPK), fumier de poulet (FP), lisier de bovin laitier (LB), lisier de porc (LP)] était le sous-facteur. Des techniques d'enrichissement et de traçage isotopique à l'azote-15 (<sup>15</sup>N) ont permis d'établir au champ le devenir du N des effluents d'élevage dans le système sol-plante et de distinguer la contribution respective de l'apport de l'année de celle des apports passés (arrière-effet) pour la nutrition du blé.

Les résultats ont montré que 10 % (LB) à 25 % (NPK) du <sup>15</sup>N appliqué au printemps s'est retrouvé dans les grains à la récolte (Fig. 1). L'azote minéral est davantage récupéré par le blé dans le LS (jusqu'à 25 %) par rapport à l'AL (jusqu'à 16 %). Les proportions de <sup>15</sup>N retrouvées dans les pailles et les racines étaient faibles et variaient entre 2 et 6 %. Bien que les rendements en matière sèche et la récupération de <sup>15</sup>N par les grains étaient plus élevés en travail réduit qu'avec le labour pour certaines sources de N, le travail du sol n'a pas eu d'effet sur la récupération de <sup>15</sup>N par la paille ou dans le sol (<sup>15</sup>N résiduel). La récupération du <sup>15</sup>N résiduel des effluents d'élevage dans le sol à la récolte du blé a été très élevée dans l'AL (> 80 %) alors qu'elle avoisinait 50 % dans le LS, laissant croire que le développement de l'arrière-effet pourrait être plus marqué dans les sols lourds. L'utilisation des engrais minéraux par le blé était généralement meilleure ou comparable aux effluents alors que la rétention dans le sol était meilleure avec les effluents. Un arrière-effet plus faible serait donc associé aux engrais minéraux. La proportion de N dérivée du sol dans la plante montre que la réserve de sol était la principale source de N (> 80 % du prélèvement total). Cependant, il n'y a pas eu de différence dans la contribution du sol entre les sources de N pour cette année de mesure, indiquant une absence d'arrière-effet malgré les indices indirects du <sup>15</sup>N résiduel dans le sol. L'arrière-effet pourrait avoir été masqué par des conditions exceptionnelles de minéralisation de la matière organique du sol.



**Figure 1. Bilan de récupération d'azote-15 (<sup>15</sup>N) dans le système sol-plante selon la source d'azote et le type de sol**

# Importance de l'azote organique soluble dans les sols : état des connaissances et perspectives de recherches

JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ<sup>1</sup>, DAVID L. BURTON<sup>2</sup>, BERNIE J. ZEBARTH<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Environtron, Université Laval, Québec, QC.

<sup>2</sup>Department of Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Dalhousie University, Truro, NS.

<sup>3</sup>Potato Research Centre, Agriculture Agri-Food Canada, Fredericton, NB.

Courriel : [jacynthe.dessureault-rompre.1@ulaval.ca](mailto:jacynthe.dessureault-rompre.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** Extraits de sols, formes d'azote, solution du sol, sols minéraux, sol organique.

## Introduction

L'importance des nitrates et de l'ammonium dans la nutrition des cultures, de même que les impacts environnementaux des nitrates dans les eaux souterraines ont principalement attiré l'attention des scientifiques sur l'étude des formes minérales de l'azote. Cependant, un réservoir d'azote organique soluble (AOS) de taille non négligeable existe dans les sols. Ce n'est que récemment, avec la prise de conscience des possibles impacts environnementaux de l'AOS (Ghani et al., 2013), avec la reconnaissance de la capacité des plantes à assimiler directement les composés d'azote organiques (Näsholm et al., 2009) et avec la plus grande disponibilité des méthodes d'analyse pour l'AOS dans les extraits de sol, que s'est accru l'intérêt pour ce réservoir d'azote présent dans l'environnement. La mesure de l'azote total soluble (minéral + organique) pourrait améliorer les recommandations de fertilisation, toutefois, peu de tentatives ont été faites pour incorporer ces mesures dans les systèmes d'aide à la décision. Cela peut être dû au fait que les processus et les conditions qui contrôlent le renouvellement de l'AOS dans la solution du sol sont encore mal compris.

## Méthodologie

La présente étude visait d'abord à faire un survol de la littérature concernant spécifiquement l'AOS dans les sols afin de mieux connaître l'état des connaissances sur son importance et sur les facteurs qui contrôlent sa production. De plus, des résultats récents en sols minéraux et organiques sont exposés. En sols minéraux, l'importance de la production de l'AOS en condition d'incubation de longue durée (22 semaines) sera présentée. L'incubation de sol a été réalisée sur des sols provenant de 4 sites de la zone des Chernozem des prairies canadiennes qui ont été échantillonnés sur 3 profondeurs (0-60 cm). Les sols ont été extraits au CaCl<sub>2</sub> de façon périodique au cours de l'incubation. Un bref regard sur les sols organique sera dévoilé, concernant des extraits de sol au KCl provenant d'un site de la zone des sols organiques de Montérégie.

## Résultats

En sol minéral, la proportion de l'AOS présent dans les extraits au CaCl<sub>2</sub> se situait entre 35% et 56% de l'azote total soluble, dépendamment du type de sol et de la profondeur étudiée. La cinétique de production de l'AOS est similaire à celle de l'azote minéral. En sol organique, des extraits au KCl montrent que 40 à 78% de l'azote soluble total présent dans l'extrait est sous forme organique.

## Conclusions

Une meilleure compréhension de la nature de l'AOS est nécessaire, que l'on étudie les sols minéraux ou organiques. Il n'est pas clair si ces composés azotés organiques sont récalcitrants, s'adsorberont au cours de leur migration en profondeur dans le profil ou seront finalement minéralisés. L'étude de la cinétique de la solubilisation de l'AOS et de la minéralisation subséquente contribuerait à clarifier les facteurs contrôlant la disponibilité de l'azote pour les plantes et son devenir dans l'environnement.

## Références

- Ghani, A., Sarathchandra, U., Ledgard, S., Dexter, M., and Lindsey, S. 2013. Microbial decomposition of leached or extracted dissolved organic carbon and nitrogen from pasture soils. *Biol. Fertil. Soils* 49: 747-755.
- Näsholm, T., Kielland, K., and Ganeteg, U. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytol.* 182: 31-48.

## Devenir des sols après 84 ans d'ennoiement sous un réservoir de barrage

JIM FELIX-FAURE<sup>1</sup>, CHRISTIAN WALTER<sup>2</sup>, ALEXANDRE GAUVAIN<sup>2</sup>, JEAN-NOEL AVRILLER<sup>1</sup>, STEPHANE DESCLOUX<sup>3</sup>, VINCENT CHANUDET<sup>3</sup>, JEROME BALESIDENT<sup>4</sup>, ETIENNE DAMBRINE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR CARTELE, INRA-Université de Savoie Mont-Blanc, Le Bourget-du-Lac.

<sup>2</sup>UMR SAS, INRA-Agrocampus ouest, Rennes.

<sup>3</sup>EDF-CIH, Le Bourget-du-Lac.

<sup>4</sup>CEREGE, Aix-en-Provence.

Courriel : [jim.felix-faure@univ-smb.fr](mailto:jim.felix-faure@univ-smb.fr)

**Mots clés :** Réservoir, stock de carbone, sol ennoyé.

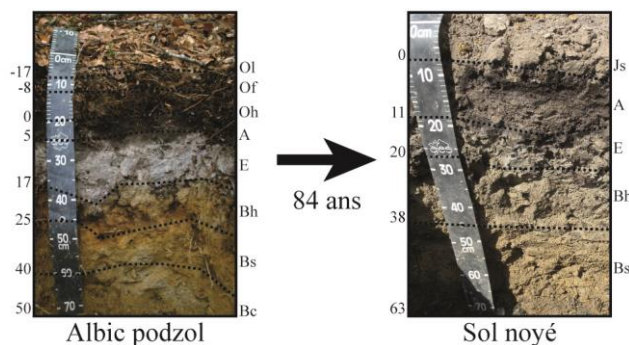
Les barrages ennoient de manière permanente ou temporaire d'importantes surfaces de sol, qu'ils recouvrent de sédiments. L'évolution géochimique des sols ennoyés est très mal connue (Félix-Faure et al. 2017). Nous avons profité de la vidange complète du réservoir de Guerlédan (Bretagne, France) pour comparer la composition de sols ennoyés depuis 84 ans avec celle de témoins actuels, dans 3 situations contrastées sur le plan des sols et de leur usage : sous forêt, un Albic podzol sur grès et un Entic podzol sur schiste, et sous prairie, un Cambisol sur schiste.

Par rapport à des sols forestiers podzolisés actuels, les sols ennoyés en permanence depuis 84 ans conservent une différenciation morphologique de type podzolique, mais les couleurs sont ternes et les horizons holorganiques ont pratiquement disparu. La redistribution verticale d'aluminium amorphe est conservée. Par contre, ils sont appauvris en fer amorphe, particulièrement leurs horizons spodiques. Leur pH, plus élevé, se rapproche de celui de la masse d'eau. Leur densité a peu évolué. Les teneurs en phosphore total sont plus faibles ou inchangées. La comparaison des stocks de carbone, calculés sur 45 cm d'épaisseur montre qu'ils ont décré de 20 à 40%.

Par rapport à des Cambisol témoins sous prairie actuelle, les sols équivalents noyés depuis 84 ans sont appauvris en fer amorphe et ils ont perdu près de 40% de leur stock de carbone organique. Par contre, leur pH est plus faible de près d'une unité et leurs teneurs en phosphore total ont baissé de moitié. Dans ce contexte, la part des changements observés prise par l'évolution en place et l'évolution historique des usages des sols est discutable. La faiblesse relative du pH et du taux de phosphore du sol noyé pourrait être attribuée à l'enrichissement des prairies « témoins » par chaulage et fertilisation depuis 84 ans.

### Conclusion

Dans tous ces contextes, les sols ennoyés préservent leurs différenciations pédologiques originales. Cependant, selon le contexte, les propriétés des sols peuvent renseigner des évolutions in situ et/ou des évolutions d'usage. Les sols noyés fournissent donc à la fois des dispositifs expérimentaux originaux et des archives des sols du passé.



### Références

Félix-Faure J., et al. 2017. Evolution des sols ennoyés sous les retenues de barrage : Influence sur l'écologie des plans d'eau et la dynamique des gaz à effet de serre - Etude et Gestion des Sols, 24, 45-58.

## Microbiome of Canola Root: Structure and Variations

JEAN-BAPTISTE FLOCH<sup>1,3,4</sup>, CHANTAL HAMEL<sup>1,3</sup>, NEIL HARKER<sup>2</sup>, MARC ST-ARNAUD<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Québec Research and Development Centre of Quebec.

<sup>2</sup>Lacombe Research and Development Centre of Agriculture and Agri-Food Canada.

<sup>3</sup>Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal and Jardin botanique de Montréal.

<sup>4</sup>Quebec Centre for Biodiversity Science.

Courriel : [jb.floch.bvt@gmail.com](mailto:jb.floch.bvt@gmail.com)

Les champignons de la rhizosphère ont une grande influence sur le développement et la croissance des plantes. Certains de ces microorganismes protègent les plantes contre les pathogènes, atténuent l'impact des stress abiotiques ou facilitent la nutrition des plantes. Ces organismes s'influencent mutuellement et forment des réseaux complexes d'interactions. Déterminer le fonctionnement du microbiome fongique de la rhizosphère des plantes cultivées est une étape nécessaire pour optimiser l'efficacité de la production végétale. Nous avons testé les hypothèses suivantes : (1) la diversification des systèmes de culture influe sur le microbiome fongique de la rhizosphère du canola ; (2) le canola a un core microbiome, soit un ensemble de champignons toujours associés au canola quelles que soient les conditions du milieu ; et (3) que certains de ces taxons ont une influence déterminante sur la structure des communautés (taxons nodaux) dans le core microbiome. Pour ce faire, en 2013 et 2016, nous avons échantillonné la phase de canola (*Brassica napus*) du système de culture, qui est l'un des deux types de canola (Roundup Ready® et Liberty Link®), utilisés dans le cadre d'une expérience de terrain à long terme (6 ans). Lacombe (Alberta), Lethbridge (Alberta) et Scott (Saskatchewan). Nos résultats montrent que la diversification des cultures a un impact significatif sur la structure des communautés fongiques de la rhizosphère ( $p = 0,0337$ ) pour tous les sites. Nous avons également découvert et décrit un core microbiome constitué de 47 OTU (Unité Taxonomique Opérationnelle) en 2013 et identifié *Exophiala sp.*, *Mortierella sp.*, *Fusarium solani*, *Ulocladium daucii* et *Hemicolium grisea* comme taxons nodaux parmi ce core microbiome. Cependant ce core microbiome s'est montré variable, et nous n'avons pu identifier qu'un OTU y appartenant en 2016 : *Olpidium Brassicae*. Nos résultats sont présentés comme une base pour le développement de stratégies d'ingénierie écologique pour l'amélioration de la production de canola.

# Localisation et cartographie de zones compactes en sol organique à partir de données de résistance à l'enfoncement filtrées

CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, SILVIO JOSE GUMIERE<sup>1</sup>, CHRISTOPHE LIBBRECHT<sup>1</sup>, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ<sup>1</sup>, SERGE-ETIENNE PARENT<sup>1</sup>, STEEVE PEPIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [cedrick-victoir.guedessou.1@ulaval.ca](mailto:cedrick-victoir.guedessou.1@ulaval.ca)

**Mots clés :** Compaction, Cartographie, Pénétrromètre à cône, Résistance à l'enfoncement (RE), Force de frottement

Les sols organiques cultivés de la Montérégie sont sujets à la présence d'une couche compacte située généralement entre 29 et 37cm de profondeur. Cette couche favorise l'apparition d'une nappe perchée que les réseaux de drainage existant sont inefficaces à drainer. Les pertes de rendement et le faible taux de profitabilité des sols en sont des conséquences dommageables à l'économie nationale. Une localisation et une cartographie précises des zones compactes sont requises pour des interventions correctives ciblées. Elles peuvent être obtenues à partir de la résistance à l'enfoncement (RE) du sol mesurée avec un pénétromètre à cône (Kotrocz et al., 2016). Il s'agit d'une propriété physique dont les variations dans le profil de sol permettent de détecter la présence d'une couche compacte. La RE peut cependant être affectée par un effet variable de force de frottement le long de la sonde du pénétromètre lors de la mesure (Billot, 1982) qui en biaise l'interprétation. L'hypothèse de cette recherche est qu'une carte de compaction réelle par couche du profil de sol peut être réalisée à partir de données de RE filtrées. L'objectif de l'étude est donc de concevoir un filtre qui permettrait d'extraire les valeurs de RE réelles en éliminant l'effet de la force de frottement observé sur les valeurs de RE brutes.

Une investigation a été faite sur les quatre tourbières du site d'étude. Elle a consisté en une collecte de données «avec effet» (relevé direct sur 80cm) et «sans effet» (relevé par couche de 10cm) de la force de frottement par tourbière (5 répétitions). Une phase exploratoire sur 100% des données a confirmé l'existence de la force de frottement ( $p$ -value<0.0001). Le filtre a été conçu à partir de l'application ① des ondelettes de Daubechies (lissage de niveau 2), ② du modèle polynomial (degrés 1 à 12 analysés) et ③ de la quantification de l'effet de la force de frottement extrait. La conception a été faite avec 80% des données et le filtre a ensuite subi un processus de validation croisée avec les 20% de données restantes.

L'analyse des données montre que le filtre fonctionne, quel que soit le jeu de données utilisé pour le générer. Des résultats sont obtenus pour chacun des 12 degrés analysés en référence à l'application du modèle polynomial. Par exemple pour le degré 3 nous avons un  $R^2$  compris entre 0.61 et 0.75 avec un RMSE compris entre 0.12 et 0.19 à la validation croisée en fonction de la profondeur. Selon le degré du polynôme utilisé dans le filtre, des biais se présentent pour certaines profondeurs. Cependant, ils ne sont observés dans la profondeur d'intérêt (20-40) qu'à partir du degré 9. Un filtre moyen est retenu par degré et appliqué aux données brutes de RE. Des cartes de compactations réelles sont produites à partir des valeurs de RE filtrées.

Des différences notables existent entre une carte de compaction produite à partir des valeurs de RE brutes et celle produite à partir des valeurs de RE réelles. Le degré 3 de l'application du modèle polynomial est celui que nous recommandons pour des travaux dans un contexte similaire. Il correspond au cas d'existence d'une seule couche compacte dans le profil du sol (20-40). Globalement, les résultats obtenus supportent l'hypothèse de recherche. Dans la suite des travaux, des données de RE libres de l'effet de la force de frottement pourront être utilisées. En outre, un seuil de RE limite permettant la discrimination entre les zones compactes et celles non compactes sera déterminé.

## Références

- Billot, J, F. 1982. *Les applications agronomiques de la pénétrométrie à l'étude de la structure des sols travaillés*. Sci.Sol 3.
- Kotrocz et al. 2016. « Numerical simulation of soil–cone penetrometer interaction using discrete element method ». *Computers and Electronics in Agriculture* 125 (juillet): 63- 73.

## **Modélisation de l'érosion diffuse : Méthode des éléments discrets (DEM)**

SILVIO JOSÉ GUMIERE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [silvio-jose.gumiere@fsaa.ulaval.ca](mailto:silvio-jose.gumiere@fsaa.ulaval.ca)

Le détachement du sol par l'impact des gouttes de pluie est un important mécanisme de transport dans le processus d'érosion des sols. Non seulement l'énergie disponible pour le détachement des gouttes de pluie est supérieure de plusieurs ordres de grandeur à celle disponible pour l'érosion diffuse et de rigoles, mais une grande partie des sédiments transportés par les processus de ruissellement est initialement détachée par l'impact des gouttes de pluie. Ce travail vise à introduire l'utilisation des éléments discrets (DEM) pour le processus d'érosion diffuse. La méthode DEM est basée sur une formulation Lagrangienne, le mouvement des particules individuelles est suivi et, par conséquent, les nœuds dans un maillage d'éléments finis peuvent être considérés comme des points matériels mobiles (particules). Par conséquent, le mouvement du maillage discrétisant le domaine total (y compris les parties fluides et solides) est suivi pendant la solution transitoire. Cette première approche numérique permettra, une meilleure compréhension du processus de détachement des gouttes de pluie est fondamentale pour le développement de modèles d'érosion des sols plus performants et de capacités prédictives supérieures.

# Évolution saisonnière des traits racinaires d'un mélange de graminées fourragères en fonction de la source d'azote et des coupes de foin

STÉPHANIE HOUDE<sup>1</sup>, MARIE-NOËLLE THIVIERGE<sup>2</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>2</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>2</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>2</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, QC.

<sup>2</sup>Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2560 boulevard Hochelaga, Québec, QC.

Courriel : [Stephanie.Houde.6@ulaval.ca](mailto:Stephanie.Houde.6@ulaval.ca)

**Mots clés** : plantes fourragères pérennes, traits racinaires, minirhizotron

On sait que l'efficacité des plantes à utiliser les éléments nutritifs et à séquestrer du carbone dans les sols est particulièrement liée aux traits racinaires (Eissenstat 1992, Lynch 2007) et que ceux-ci varient tout au long de la saison de croissance (Chen et al. 2016). Ce projet vise à mesurer, durant deux années, l'effet de la source d'azote (lisier de bovin ou nitrate d'ammonium) et des coupes de foin sur les traits racinaires d'un mélange de fléole des prés (*Phleum pratense* L.) et de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.), implanté en 2016 à Saint-Augustin-de-Desmaures. En 2016 et 2017, 100 et 150 kg ha<sup>-1</sup> d'azote disponible ont été respectivement apportés. Les racines ont été photographiées en octobre 2016 et chaque semaine en 2017 (mai à novembre), à l'aide d'une caméra-minirhizotron insérée dans des tubes transparents préalablement introduits dans le sol. Les traits racinaires, tels que la longueur, la surface et le diamètre, ont été mesurés sur chaque photo. La biomasse racinaire a été mesurée en prélevant des carottes de sol sur une profondeur de 45 cm, en octobre 2016 et 2017.

Entre les automnes 2016 et 2017, la longueur racinaire du mélange fourrager a augmenté de 451 %. À l'automne 2016, celle-ci était plus concentrée en surface (0-30 cm), alors qu'en 2017, elle était répartie uniformément sur 60 cm. La biomasse racinaire mesurée sur 45 cm de profondeur a aussi augmenté de façon significative entre les automnes 2016 et 2017 (+40%) et était concentrée (74 %) les deux années dans les premiers 15 cm de sol. En 2017, la longueur racinaire totale (0-60 cm) a augmenté chaque semaine jusqu'à la troisième coupe, pour diminuer progressivement par après, selon un effet quadratique. Suite à la première coupe, la vitesse journalière d'accroissement de la surface racinaire a diminué de 68 %, passant de 10 à 3,2 mm<sup>2</sup>/jour/tube, probablement en raison de l'utilisation du carbone racinaire pour la repousse végétative. Le diamètre racinaire moyen a diminué tout au long de la saison, indiquant une proportion grandissante de racines fines. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux sources d'azote.

Une connaissance plus précise de la croissance et de la sénescence racinaire permettra d'établir le taux de renouvellement racinaire (*root turnover*) et ultimement d'affiner le bilan carbone des prairies québécoises (Fan et al 2016, Aerts et al. 1992). De plus, une meilleure connaissance du système racinaire des plantes fourragères pérennes favorisera une utilisation optimale des fertilisants, puisque l'on pourra mieux synchroniser les applications de ceux-ci avec le déploiement maximal des traits racinaires, limitant ainsi les pertes vers l'environnement.

## Références

- Aerts, R., Bakker, C. and De Caluwe, H. 1992. Root turnover as determinant of the cycling of C, N and P in a dry heatland ecosystem. *Biogeochemistry*. **15**, 175-1992
- Chen, S.M., Lin, S., Loges, R., Reinsch, T., Hasler, M. and Taube, F. 2016. Independence of seasonal patterns of root functional traits and rooting strategy of a grass-clover sward from sward age and slurry application. *Grass Forage Sci.* **71**(4), 607-621.
- Eissenstat, D.M., 1992. Costs and benefits of constructing roots of small diameter. *J. Plant Nutr.* **15**(6-7), 763-782.
- Fan, J., McConkey, B., Wang, H. and Janzen, H. 2016. Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Res.* **189**, 68-74.
- Lynch, J.P., 2007. Roots of the second green revolution. *Aust. J. Bot.* **55**(5), 493-512.



# Recyclage au sol des matières résiduelles organiques : Situation actuelle et perspectives

MARC HÉBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marc Hébert, Expert-conseil et formateur, Québec  
Courriel : [MHexpert@videotron.ca](mailto:MHexpert@videotron.ca)

**Mots clés :** biosolides, boues, cendres, phosphore, recyclage.

Le Gouvernement du Québec a adopté une politique de gestion des matières résiduelles visant entre autres à bannir l'élimination des matières organiques. Un ensemble d'incitatifs et d'obligations réglementaires et financières ont été mis en place, afin de dissuader l'élimination et favoriser le recyclage par retour au sol. Les objectifs environnementaux sont de réduire les émissions de GES, de réduire le recours aux engrais importés de sources non renouvelables et d'améliorer/maintenir la qualité des sols par l'apport de matières organiques.

Les statistiques les plus récentes indiquent que le recyclage des matières organiques urbaines a effectivement augmenté (Hébert, 2016). Cela a été particulièrement le cas avec les biosolides municipaux (boues d'épuration), pour les raisons suivantes :

- Les infrastructures de traitement (stations d'épuration) étaient déjà en place;
- La qualité des biosolides permet généralement un épandage sans traitement supplémentaire, par compostage ou autre;
- Les règles administratives ont été récemment assouplies (approche par avis de projet);
- Le cadre normatif est sécuritaire, selon l'Institut National de Santé publique du Québec (Samuel *et al.*, 2016).

Actuellement, plus de 40 % des biosolides municipaux seraient recyclés par épandage sur des sols agricoles, forestier, miniers et urbains. Moins de 10 % seraient enfouis. On se rapproche donc d'un zéro-enfouissement pour ce gisement.

Toutefois, la moitié des boues municipales est encore éliminée par incinération dans trois grandes agglomérations urbaines (Longueuil, Montréal et Québec). Cependant, la Ville de Québec construira sous peu une usine de biométhanisation des boues et des résidus de table, en vue du recyclage. Quant à Montréal, les cendres d'incinération riches en phosphore (Hébert et Khiari, 2015) ont commencé à être recyclées comme engrais, ce qui contribue à l'économie circulaire du phosphore. Les cendres de boues de Longueuil sont pour leur part valorisées dans la fabrication de béton.

Des menaces pèsent toutefois sur le développement du recyclage des matières résiduelles fertilisantes en général, avec la modification annoncée du cadre réglementaire. Selon diverses organisations, dont Réseau-Environnement, cela pourrait avoir un impact majeur dans le futur sur les taux de récupération et sur la faisabilité technique et économique du recyclage. L'impact serait particulièrement important pour le recyclage sylvicole.

## Références

Hébert, M., 2016. Bilan 2015 du recyclage des matières résiduelles fertilisantes. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-76831-31 p.

Hébert, M. et L.Khiari. Sludge Ash as Chemical Phosphorus Fertilizer North American Research Project. North-East Biosolids and Residuals Association Symposium. Boston. October 2015.

Samuel, O., Gagné M., Bourgault M.H., Chevalier P., St-Laurent L et M. Valcke (2016). Risques à la santé associés à l'épandage de biosolides municipaux sur des terres agricoles. Bulletin d'information en santé environnementale, Institut national de santé publique, juin 2016.

# Quand les sols contaminés prennent la clé des champs – État de situation et mesures préventives

MARC HÉBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marc Hébert, Expert-conseil et formateur, Québec  
Courriel : [MHexpert@videotron.ca](mailto:MHexpert@videotron.ca)

**Mots clés :** agriculture, contamination, illégalité, sols, traçabilité

Les sols de milliers de terrains du Québec ont été contaminés au fil du temps par des activités industrielles ou commerciales. Cette contamination est généralement de deux types au plan chimique : métaux lourds et autres contaminants inorganiques ou hydrocarbures pétroliers et autres contaminants organiques (à base de carbone).

Depuis de nombreuses années, la gestion de ces sols est sévèrement encadrée, particulièrement lorsqu'il est nécessaire de les excaver et de les transporter ailleurs. Bien que plusieurs entreprises aient mis en place au Québec des infrastructures et des procédés pour traiter ces sols, les réutiliser ou les éliminer de façon sécuritaire, certains intervenants choisissent plutôt « d'économiser » en les envoyant (ou en prétendant les envoyer) dans des provinces voisines, où la réglementation serait apparemment moins restrictive.

D'autres entreprises œuvrant en gestion et transport de sols excavés/contaminés opteraient carrément pour l'illégalité en disposant ici au Québec, à rabais, de sols de qualité douteuse un peu partout dans l'environnement. Des articles dans le journal La Presse ont récemment fait état d'un réseau organisé sous enquête par la Sûreté du Québec. L'enquête aurait débuté en 2015 (Larouche, 2018). Le réseau opère donc depuis plusieurs années. Bien que l'information soit limitée et difficile d'accès, en raison de l'enquête policière en cours et de la nature clandestine de l'activité, il semble que des sols excavés aient été offerts gratuitement à des entreprises agricoles, comme terre de remblai. Un nombre indéterminé d'entreprises agricoles auraient reçu des sols contaminés au cours des cinq dernières années, et peut-être même plus.

L'impact de ces activités sur l'environnement agricole est inconnu, faute d'information sur les fermes réceptrices et sur la qualité chimique des sols livrés. Mais dans au moins un cas, le déversement sur une terre agricole s'est fait près d'un cours d'eau, la rivière L'Achigan (Larouche, 2018). Par ailleurs, l'histoire récente en Ontario nous montre des situations analogues préoccupantes d'exploitations agricoles contaminées par des sols livrés gratuitement (Welch, 2014). Dans certains cas, les livraisons étaient même payées, un commerce particulièrement suspect.

En attendant le résultat des poursuites criminelles au Québec avec le « projet Naphtalène », Réseau Environnement a mis en place un système volontaire de traçabilité des sols excavés afin d'éviter que des sols contaminés provenant des chantiers de construction ne prennent la « clé des champs ». Il s'agit de Traces Québec. Toutefois, avant que ces mesures volontaires soient appliquées de façon généralisée, la prudence est de mise. Ces pourquoi, des entreprises spécialisées ont depuis plusieurs années mis en place leur propre système de suivi des sols.

Précisons que l'utilisation de sols pour fins de remblai en zone agricole n'est pas considérée comme une « activité agricole » au plan légal. Cette activité doit donc obligatoirement faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès de la CPTAQ, sauf exception. Dans tous les cas, la démarche doit obligatoirement être supervisée par un agronome. L'agronome devra notamment s'assurer de la qualité chimique des sols utilisés, ce qui permettra d'éviter de mauvaises surprises. Le recyclage des sols a sa place, mais il doit se faire de façon sécuritaire, légale et agronomique.

## Références

Larouche, V. 2018. Une organisation criminelle dans l'ombre de plusieurs grands chantiers. LaPresse.ca, 12 mars 2018. <http://www.lapresse.ca/actualites/justice-et-affaires-criminelles/affaires-criminelles/201803/11/01-5156904-une-organisation-criminelle-dans-lombre-de-plusieurs-grands-chantiers.php>  
Welch, Moira. 2014. Toxic dirt dumped in Ontario's prime farmland. The Star. Oct, 20. 2014. [https://www.thestar.com/news/gta/2014/10/20/toxic\\_dirt\\_dumped\\_in\\_ontarios\\_prime\\_farmland.html](https://www.thestar.com/news/gta/2014/10/20/toxic_dirt_dumped_in_ontarios_prime_farmland.html)

# Identification d'un indicateur bactérien de la productivité du sol des cultures de pommes de terre suite à l'analyse du microbiome

THOMAS JEANNE<sup>1</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>, RICHARD HOGUE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, QC

<sup>2</sup>Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [thomas.jeanne@irda.qc.ca](mailto:thomas.jeanne@irda.qc.ca)

**Mots clés :** Microbiome, indicateurs, rendement

Le développement d'outils moléculaires et des plateformes d'analyses bio-informatiques, a grandement contribué à documenter et évaluer l'impact de la gestion des cultures sur la diversité microbienne du sol. Les facteurs biotiques sont rarement utilisés dans les modèles de gestion agricole. Aujourd'hui, il importe de pouvoir identifier le microbiome spécifique qui définit la partie biotique de la qualité du sol. Pour ce faire, nous avons évalué la diversité bactérienne des sols à l'aide d'analyses du microbiome de 48 parcelles de pommes de terre sous régie de production de producteurs agricoles. Nous décrivons une stratégie permettant d'identifier un indicateur biologique qui peut être intégré à d'autres indicateurs abiotiques pour définir la productivité du sol. En plus de l'impact significatif de la texture du sol et des variables météorologiques, les indices de diversité de Shannon et Chao1 montrent une faible corrélation des indices de richesses avec le rendement en pomme de terre. En revanche, un indice bactérien basé sur la composition d'espèces bactériennes identifiant la partie du microbiome corrélée positivement et négativement au rendement résiduel permet d'expliquer la part du microbiome bactérien total liée au rendement de la pomme de terre. Cette stratégie novatrice jette les bases de la sélection du microbiome pour faciliter l'interprétation de la diversité microbienne afin de fournir un outil supplémentaire d'aide à la décision pour le secteur agricole.

# Effet du travail du sol et de la fertilisation sur la diversité microbienne des sols en culture de soya

THOMAS JEANNE<sup>1</sup>, RICHARD HOGUE<sup>1</sup>, JOSÉ RIBEIRO DA SILVA<sup>3</sup>, NOURA ZIADI<sup>2</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Centre de Recherche et de Développement de Québec, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, QC.

<sup>3</sup>Département des Sols et de Génie Agro-alimentaire, Pavillon Paul Comtois., Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [thomas.jeanne@irda.qc.ca](mailto:thomas.jeanne@irda.qc.ca)

Les bactéries, champignons, mycorhizes et microfaunes du sol sont particulièrement impliqués dans les fonctionnalités qui confèrent la santé d'un sol. Cette biodiversité partage un milieu de vie complexe qui est le sol, et les organismes vivants jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique du sol et les processus de mobilisation des nutriments et des minéraux par les plantes.

Nous avons déterminé l'effet combiné de la fertilisation azotée et du travail du sol sur la diversité microbienne d'un sol dans un essai de longue durée (+ 25 ans) au Québec. Le site expérimental a été établi en 1992 à la ferme expérimentale d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada situé à l'Acadie (Tremblay et al. 2003; Ziadi et al. 2014). Il s'agit d'une rotation biannuelle, maïs – soja, établie sur un loam argileux selon un dispositif expérimental en split-plot avec quatre répétitions. L'essai comprend deux traitements : le travail du sol (semis direct [SD] et un labour conventionnel [LC]) qui est appliqué aux parcelles principales, et neuf combinaisons de trois doses d'azote (0, 80 et 160 kg N ha<sup>-1</sup>) et trois doses de P (0 [0P], 17,5 [17.5P], et 35 [35P] kg P ha<sup>-1</sup>) apportées uniquement à la phase maïs de la rotation en parcelles secondaires. Des échantillons de sol (0-5 cm et 5-20 cm) ont été prélevés durant la saison de croissance 2017 dans la culture du soja, fin août 2017. Des analyses du microbiome ont été effectuées pour évaluer les impacts de la fertilisation azotée et le travail du sol sur la richesse et la composition bactérienne et eucaryotique des sols.

Les résultats obtenus démontrent que le travail du sol a eu un effet significatif (Permanova P<0.01) sur la composition bactérienne et eucaryotique dans les deux horizons évalués et non sur la richesse microbienne. Il n'y a par contre pas d'effet de la fertilisation sur la composition bactérienne et eucaryotique mais un effet significatif sur la richesse microbienne dans le cas des parcelles en travail réduit du sol pour lesquelles elle a un effet de réduction (Kruskal-Wallis P<0.05). L'intégration des variables physico-chimiques ainsi que l'évaluation pour l'année maïs en 2018, sont planifiées pour la suite du projet.

## Références

Tremblay, G., Robert, L., Filion, P., Govaerts, G., Mongeau, R., Filiatrault, J., Beausoleil, J.M., Moreau, G., Tran, T.S. 2003. Régies culturales et fertilisations azotée et phosphatée dans une rotation maïs-soya. Bulletin technique No. 3.05. CÉROM, Saint-Bruno-de-Montarville, Québec, QC. 8 p.

Ziadi, N., Angers, D. A., Gagnon, B., Lalande, R., Morel, C., Rochette, P. and Chantigny, M. H. 2014. Long-term tillage and synthetic fertilization affect soil functioning and crop yields in a corn–soybean rotation in eastern Canada. *Can. J. Soil Sci* 94 (3) : 365-376.

# Le potentiel phosphaté de la combustion des boues municipales en Amérique du Nord

CLAUDE-ALLA JOSEPH<sup>1</sup>, LOTFI KHIARI<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, NED BEECHER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, de l'université Laval, Québec, QC.

<sup>2</sup>North East Biosolids & Residuals Association (NEBRA).

Courriel: [Claude-AllaJoseph.1@ulaval.ca](mailto:Claude-AllaJoseph.1@ulaval.ca)

**Mots clés:** Recyclage du phosphore, engrais phosphaté, incinération, boues d'épuration, biosolides.

Le phosphore (P) est une ressource naturelle non renouvelable très consommée en agriculture. Par conséquent, le recyclage du P contenu dans les boues d'épuration, y compris leurs cendres de combustion (CCB) est une possibilité à explorer.

Le potentiel fertilisant de 12 cendres de combustion de boues (CCB) provenant de mono-incinérateurs situés au Canada (six villes) et aux États-Unis (cinq villes) a été testé dans une expérimentation réalisée en serre. Leur efficacité a été évaluée dans deux types de sols argileux et loam sableux en comparaison à un engrais de synthèse (Triple super phosphate: TSP), un engrais commercial naturel et une matière première (Phosphate naturel: PN) de fabrication des engrais de synthèse et un témoin n'ayant reçu aucune fertilisation phosphatée. Deux doses de P (20 et 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha) ont été appliquées pour chacune des sources de P utilisées.

L'augmentation de la biomasse par rapport au témoin suite à l'application des CCB varie de 4 % à 29 % dans le sol argileux et de 15 % à 59 % dans le sol loam sableux. Cette augmentation est en moyenne 40 % inférieure à celle du TSP pour les deux types de sols. Les plus grandes augmentations de biomasse ont été obtenues pour les CCB ayant un pourcentage de solubilité du P (PSP)  $\geq$  54 %. Un comportement similaire a été observé pour le prélèvement du P par la plante avec une augmentation maximale de 26 % pour le sol argileux et de 165 % pour le sol loam sableux. L'augmentation de la biomasse et du prélèvement en P dues à l'application des CCB est supérieure à celle du PN dans le sol argileux, mais similaire dans le sol loam sableux.

En somme, les CCB montrent un bon potentiel fertilisant. Cependant, des techniques visant l'amélioration de la solubilité du P devraient être utilisées pour permettre le recyclage agricole de celles ayant un faible PSP (particulièrement un PSP < 34%).

# Plantes réintroduites sur les sites de résidus miniers de la région de Fermont : 22 ans de végétalisation, 18 ans de données de sols et de biomasse, 4 ans de suivis de végétation et de mycorhization arbusculaire (MA), et identification des espèces de champignons MA

CHRISTINE JUGE<sup>1</sup>, NORMAND COSSETTE<sup>2</sup>, THOMAS JEANNE<sup>3</sup>, RICHARD HOGUE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Consultante Scientifique mycorhizes & sols; 1430 Avenue Charles-Huot, Québec, QC.

<sup>2</sup>Irrigation NORCO Inc., 211 rue Abraham-Richard, Varennes, QC.

<sup>3</sup>Laboratoire d'Écologie Microbienne, IRDA, 2700 rue Einstein, Québec, QC.

Courriel : [christinejd.juge@gmail.com](mailto:christinejd.juge@gmail.com)

**Mots clés :** végétalisation minière, mycorhization racinaire, espèces végétales réintroduites, taxonomie moléculaire, réhabilitation écologique, successions végétales.

Depuis 1996, l'entreprise Irrigation NORCO a réalisé la végétalisation de surfaces totalisant plus de 1600 ha sur le résidu minier des 4 mines de fer de la région de Fermont, situées de part et d'autre de la frontière du Québec et du Labrador. Dans ces régions arides et venteuses, grâce à une technologie efficace de remise en végétation du résidu stérile, de nouvelles espèces réapparaissent spontanément, quelques années seulement après la réimplantation d'une biodiversité initiale, laissant la place aux successions végétales et au processus de diversification naturelle des espèces.

Les analyses de sols, de foliaires, et de biomasses végétales, réalisées année après année depuis plus de 15 ans, ont permis de faire le suivi de la progression de la végétation, en fonction notamment des données météorologiques, et des paramètres physico-chimiques des plantes et du sol en formation. Depuis 2014, le relevé détaillé des densités de végétation des différentes espèces répertoriées sur les parcelles végétalisées, en fonction de leur âge, a permis de dresser le portrait de l'évolution des végétaux au fil des ans.

Depuis 2014 également, nous avons entrepris chaque année une “campagne d'étude de la mycorhization” à travers ces surfaces végétalisées, afin d'évaluer la progression de la symbiose mycorhizienne racinaire des plantes réintroduites. Suite à la campagne de 2017, la compilation des données accumulées depuis 2014 nous a permis de dresser le portrait de : **1°** l'évolution générale de la mycorhization racinaire au fil des années suite aux travaux de végétalisation; **2°** l'évolution des taux de mycorhization à partir de 4 années de données sur le tailing de la mine AMEM, végétalisé progressivement depuis 2010; **3°** le cycle de vie nordique des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) en fonction du nombre d'années de végétalisation et des espèces végétales présentes sur les parcelles, grâce à la répartition des structures d'hypthes, d'arbuscules et de vésicules observées; **4°** l'évolution de la mycorhization selon les espèces végétales principales.

Par ailleurs, des analyses de taxonomie moléculaire ont été réalisées en 2017-2018 sur des échantillons de sol et de racines provenant de parcelles végétalisées de la mine AMEM, de 2010 à 2016, en collaboration avec le laboratoire d'écologie microbienne de l'IRDA, afin d'évaluer la diversité des CMA présents sur le site minier. L'amplification par PCR au niveau du 18S rARN et la comparaison des séquences obtenues sur GenBank a révélé la présence de deux espèces principales de CMA : *Claroideoglomus claroideum* et *Rhizophagus intraradices*, probablement présentes simultanément, à partir de la 3<sup>ème</sup> année de végétalisation. L'analyse métagénomique réalisée sur plateforme Illumina MiSeq a confirmé que ces deux espèces sont présentes simultanément dans la plupart des parcelles analysées, en proportions variables, aussi bien au niveau des racines que dans les sols. Le % de *Glomeromycota* par rapport aux autres groupes microbiens identifiés varie de 1 à 61% selon les parcelles.

En conclusion, les données scientifiques accumulées entre 2013 et 2018 prouvent que le protocole de végétalisation des résidus miniers sablonneux par la méthode du semis direct, tel que mis au point depuis l'été 1997 en adoptant dès le début une approche résolument agronomique, fonctionne très bien et constitue un cas exemplaire de « réhabilitation écologique », une des variantes du concept plus général de « restauration écologique ». De plus, cette méthode respecte scrupuleusement le principe des *successions écologiques*, ce qui englobe autant l'évolution du couvert végétal que celle des sols, de la faune et de toute la biocénose des sites miniers reverdis.

## Mouvement de l'azote et du phosphore dans les sols de bleuetières

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

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherche de Normandin, Centre de recherche et de développement de Québec, QC.

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, QC.

Courriel : [Jean.Lafond@agr.gc.ca](mailto:Jean.Lafond@agr.gc.ca)

**Mots clés** : bleuët, azote, phosphore, lessivage

Dans la province de Québec, plus de 35 000 ha sont cultivés en bleuët sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait.). Les champs de bleuët sont aménagés sur des sols acides, bien drainés mais ayant une faible fertilité. Pour assurer et maintenir la productivité de cette culture, des engrais sont ainsi appliqués au printemps de l'année de végétation. L'objectif de ce projet a été de déterminer l'effet des applications d'azote (N) et de phosphore (P) sur le mouvement du N et du P dans les sols de bleuetières. Les essais ont été menés dans des bleuetières commerciales situées au Lac-Saint-Jean, QC, de 2004 à 2008. Quatre doses de N (0 à 90 kg N ha<sup>-1</sup>) et quatre doses de P (0 à 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) ont été appliquées en mai de l'année de végétation. Des échantillons de sol ont été prélevés au printemps de l'année de végétation, 1, 4, 13 et 16 mois après l'application des engrais. L'azote (N-NH<sub>4</sub>) a été déterminé à la suite d'une extraction au 2 M KCl et le P à la suite d'une extraction au Mehlich 3 (P<sub>M3</sub>) dans les couches de sol 0-5, 5-15 et 15-30 cm. Les quantités de N-NH<sub>4</sub> ont rapidement augmenté dans le profil du sol lors de l'année de végétation après l'application des engrais mais aucun effet résiduel n'a été mesuré à l'année de production. La quantité de P<sub>M3</sub> a également augmenté rapidement et significativement après l'application des engrais dans les couches de sol 0-5 et 5-15 cm lors de l'année de végétation et de production. Les engrais n'ont eu aucun effet sur le P<sub>M3</sub> dans la couche de sol 15-30 cm. Le rapport molaire P/(Fe+Al)<sub>M3</sub> a atteint 10,7% dans la couche de sol de surface avec la dose la plus élevée de P. Dans les deux autres couches de sol, le rapport a été inférieur à 3,10%. Sous les conditions de champs observées, le N-NH<sub>4</sub> a ainsi migré rapidement dans le profil du sol et pourrait présenter un risque de contamination des eaux souterraines lorsque de fortes doses sont appliquées. Le mouvement du P a été limité aux 15 premiers cm de sol. Une accumulation de P a été également mesurée en surface. De plus, le rapport P/(Fe+Al)<sub>M3</sub> mesuré en surface est très près de la valeur critique (11,3%), valeur au-delà de laquelle des risques de contamination de l'eau de surface peuvent survenir. Ainsi, les apports en P devraient faits uniquement si les besoins ont été identifiés par les analyses foliaires. Le lessivage du N peut être limité en fractionnant la dose si les besoins en N de la culture sont élevés.

# Comparaison des deux méthodes de délimitation des zones d'aménagement dans un champ de pommes de terre à l'Île-du-Prince-Édouard

ABDELKARIM LAJILI<sup>1,2</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>1</sup>, KAREM. CHOKMANI<sup>2</sup>, ISABELLE. PERRON<sup>1</sup>, B.J. ZEBARTH<sup>3</sup>, A. BISWAS<sup>4</sup>, V.I. ADAMCHUCK<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CRDQ, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, QC.

<sup>2</sup>Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-ETE), 490, rue de la Couronne Québec, QC.

<sup>3</sup>CRDF, AAC, 850, chemin Lincoln Case postale 20280 Fredericton, NB.

<sup>4</sup>Université de Guelph, 50 Stone Rte E, Guelph, ON.

<sup>5</sup>Université McGill, 2111 Lakeshore, Ste-Anne-de-Bellevue, QC.

Courriel : [abdelkarimlajili@gmail.com](mailto:abdelkarimlajili@gmail.com)

**Mots clés** : floue k-moyennes, orientée objet, conductivité apparente du sol,

La méthode de classification floue k-moyennes est la méthode la plus couramment utilisée pour la délimitation des zones d'aménagement (ZA) dans les champs agricoles. D'autres méthodes de délimitation semblent aussi prometteuses, notamment la méthode de segmentation orientée objet.

Cette étude visait à évaluer l'efficacité de deux méthodes statistiques *i.e.* la méthode floue k-moyennes (sans contrainte spatiale) et celle orientée objet (avec contrainte spatiale) pour délimiter des ZA en utilisant les mesures de la conductivité électrique apparente du sol (CEa) obtenue dans un champ commercial de pomme de terre de 8 ha. Plus de 100 points d'échantillonnage ont été prélevés pour mesurer les propriétés physico-chimiques de sol et la variabilité spatiale de celles-ci. Deux à cinq ZA ont été définis par les deux méthodes de délimitations. Une étude de décroissance de la variance intra-zone a été faite pour déterminer le nombre optimal de ZA dans le champ à l'étude. Une validation par ANOVA a été faite afin d'évaluer l'efficacité des deux méthodes de regroupement pour délimiter des ZA homogènes, c'est-à-dire présentant des propriétés de sol significativement différente.

Les deux méthodes de délimitation montraient une décroissance de la variance totale intra-zone de 60 % et 80 % en délimitant le champ en deux et trois ZA, respectivement. Les délimitations de 4 ou 5 ZA n'ont pas été prise en compte parce qu'elles donnaient des petites zones opérationnellement non gérable d'un point de vue agronomique. La texture du sol a un impact sur la distribution de l'eau dans le sol alors que le K présente un élément nutritif indispensable à la culture de la pomme de terre. L'argile, le sable et le K présentaient des différences significatives dans les deux ZA délimitées par les deux méthodes étudiées (Tableau 1). La méthode de segmentation orientée objet a permis d'obtenir de meilleurs résultats lorsque le champ était subdivisé en 3 ZA par rapport à la méthode de classification floue k-moyennes (Tableau 1).

Tableau 1 : Comparaison des différentes propriétés de sol dans deux ZA et trois ZA

ZA		argile (g kg <sup>-1</sup> )		sable (g kg <sup>-1</sup> )		potassium (mg kg <sup>-1</sup> )							
		Floue k-moyennes	Orientée objet	Floue k-moyennes	Orientée objet	Floue k-moyennes	Orientée objet						
2 ZA	1	76	b *	72	b	695	a	711	a	92	b	90	b
	2	97	a	92	a	622	b	637	b	128	a	121	a
3 ZA	1	76	b	72	a	690	a	712	a	90	a	90	a
	2	85	b	88	b	670	a	651	b	111	b	113	b
	3	101	a	111	c	606	b	591	c	146	c	149	c

\*Les propriétés présentant une lettre différente sont statistiquement significatives à  $p < 0.05$  selon le test de LSD.

La prise en compte de la contrainte spatiale dans la méthode de segmentation orientée objet a donné une délimitation plus efficace des ZA qui permettra une meilleure gestion spécifique des intrants dans le champ.



## Développement d'une approche intégrée d'irrigation en production de pommes de terre

JEAN-PASCAL MATTEAU<sup>1</sup>, GUILLAUME LÉTOURNEAU<sup>1</sup>, THIAGO GUMIERE<sup>2</sup>, SILVIO GUMIERE<sup>1</sup>, JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, LOFTI KHIARI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

<sup>2</sup>Institut national de la recherche scientifique (INRS), Centre—Eau Terre, Environnement, Québec, QC.

Courriel : [Jean-pascal.matteau.1@ulaval.ca](mailto:Jean-pascal.matteau.1@ulaval.ca)

**Mots Clés :** Irrigation de précision, Tensiomètre, Rendement, Potentiel matriciel du sol, Culture en serre.

L'utilisation de l'eau douce dans le monde a augmenté deux fois plus rapidement que la population mondiale. Aujourd'hui, 3 830 km<sup>3</sup> d'eau douce sont utilisés annuellement sur le globe. De cette utilisation, 70 % sont utilisés dans le secteur agricole. Parmi les cultures majeures, la pomme de terre est la plus efficace pour la production de calorie par litre d'eau. Ironiquement, les rendements de la pomme de terre sont particulièrement sensibles aux conditions de sécheresse. Donc, pour assurer une utilisation de l'eau efficace et des rendements de pomme de terre optimaux, le développement d'une méthode de gestion de l'eau optimisée est nécessaire. La gestion de l'eau basée sur le potentiel matriciel augmente l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Cependant, les seuils de potentiel matriciel du sol doivent être bien définis pour chaque culture. Dans cette étude, quatre seuils d'irrigation (humide, optimal, sec et très sec) ont été testés afin de déterminer la gamme de potentiel matriciel optimale permettant d'optimiser les rendements de pommes de terre et l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

Cette expérience a eu lieu dans les serres haute performance de l'université Laval avec un dispositif expérimental contenant deux tensiomètres chaque deux plants, huit sondes d'humidité du sol et une station météo pour contrôler le climat de la serre. Des mesures de fluorescence de la chlorophylle ont aussi été prises sur les différentes variétés de pommes de terre.

Les traitements humide et optimal ont montré des rendements totaux significativement supérieurs aux traitements sec et très sec. Par contre, le rendement commercial du traitement optimal était significativement supérieur au traitement humide, suite au déclassement des tubercules atteints par la rhizoctonie. Les seuils d'irrigation n'ont produit presque aucun lessivage pour chacun des stades végétatifs.

Les résultats suggèrent que le maintien du potentiel matriciel à l'intérieur de limites précises, pendant l'ensemble de la saison, a un impact significatif sur la croissance des pommes de terre et sur l'occurrence des maladies. Les résultats suggèrent aussi que la fluorescence de la chlorophylle est une mesure permettant d'estimer l'impact du stress hydrique sur la pomme de terre et la tension du sol. Finalement, la faible quantité d'eau de lessivage récolté suggère qu'une gestion de l'irrigation basée sur le potentiel matriciel permet de réduire le lessivage et donc de réduire la contamination de l'eau souterraine.

Les seuils d'irrigation identifiés lors de cette étude seront bénéfiques pour les producteurs de pommes de terre et pourront servir de ligne directrice pour une gestion de l'irrigation mieux adaptée aux besoins de la culture, limitant ainsi les pertes en eaux et en élément nutritifs

# La durée des feuilles dans l'horizon L mesurée par biomètre, un indicateur de l'activité biologique des sols forestiers et un outil pratique d'aménagement

FERNAND PAGÉ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Hippolyte, QC, IRDA (retraité)  
Courriel : [fernandpage@live.ca](mailto:fernandpage@live.ca)

**Mots clés :** activité biologique, litière, horizon L, sol forestier

La mesure de AB (activité biologique) des sols forestiers présente un intérêt pratique pour le sylviculteur (Duchaufour, 1950; Roy, G. et al. 2002) : à court terme, AB du sol conditionne la nutrition des arbres ce qui est intéressant pour la réussite des régénérations et des reboisements ; à long terme, AB influence le développement du sol. Par exemple, une augmentation de AB indique une amélioration du drainage ou du pH et une diminution de l'épaisseur de la litière. L'intensité de AB peut être évaluée par plusieurs méthodes : masse microbienne, activité enzymatique, C/N, abondance de la pédofaune, etc. Ces mesures doivent être toutefois réalisées au laboratoire par un personnel spécialisé. C'est pourquoi une nouvelle méthode d'évaluation de AB simple, pratique et peu coûteuse, se réalisant sur le terrain, est ici présentée.

Il s'agit de mesurer sur le terrain, grâce à un petit biomètre mécanique (figure 1), l'épaisseur de  $L_1$  et de  $L_t$ ,  $L_1$  étant l'épaisseur de la couche de feuilles fraîchement tombées et  $L_t$  l'épaisseur totale de l'horizon L.  $L_t$  est donc égal à la somme des termes «  $L_1 - L_1-r - L_1-2r \dots L_1-(n-1)r$  », où  $r$  est la perte annuelle moyenne en épaisseur de  $L_1$  et  $n$  le nombre de terme de la série. On obtient alors que  $L_t = (L_1 + (L_1 - (n-1)r))n/2$ .  $(L_1 - (n-1)r)$  étant le dernier terme de la série et égal à 0,  $L_t$  est donc égal à  $L_1n/2$ . Par ailleurs, on peut dire que la durée  $D$  ou nombre d'années de présence des feuilles dans l'horizon L correspond au nombre de couches annuelles de feuilles dans cet horizon, soit égal à  $n-1$  et donc à  $(2L_t/L_1)-1$ .  $D$  est donc un indicateur de la rapidité avec laquelle les feuilles se décomposent dans l'horizon L et, par le fait même, de l'intensité de AB. On a enfin vérifié si  $D$  correspond bien au nombre de couches L observées sous la loupe pour 20 profils de sol dans une érablière des Laurentides du Québec. Les résultats confirment que, pour un même profil de sol,  $D$  est relativement semblable au nombre d'horizons L observés.

En conclusion, plus  $D$  se rapproche de 1, plus AB est intense. Ainsi, toute augmentation de  $D$  observée au cours du temps à la suite d'un aménagement (ex. coupe, reboisement), implique une diminution de l'activité biologique. Certains correctifs pourraient alors être apportés afin de : 1. Lutter contre l'acidification et le lessivage en sol acide, par exemple par introduction d'espèces améliorantes, par insolation progressive par coupes de la surface du sol, par chaulage ou par crochétages mettant à nu le sol minéral si la litière est trop épaisse. 2. Lutter contre l'asphyxie en sol mal drainé (apparition de gley) en abaissant le plan d'eau par assainissement, en améliorant la porosité en surface par l'introduction d'essences résistantes à l'asphyxie, ou en rétablissant la structure par le travail superficiel du sol.

Figure 1. Biomètre mécanique de mesure de l'épaisseur des couches de feuilles  $L_1$  et  $L_t$



## Références

Duchaufour, P. 1950. L'humus forestier et les facteurs de sa décomposition. Revue Forestière Française. 479-488  
Roy, G., Sauvesty, A., Pagé, F., van Hulst, R. and Anseau, C. 2002. A comparison of soil fertility and leaf nutrient status of sugar maples in relation to microrelief in two maple forests in Quebec. Can. J. Soil Sci. 82: 23-31

# Cadre agropédologique de la République d'Haïti

MATHIEU QUENUM<sup>1</sup>, JACKY PAUL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut des sciences, des technologies et des études avancées d'Haïti, 10, rue Mercier-Laham, Delmas 60, Musseau, Port-au-Prince, Haïti.

Courriel : [mathieu.quenum@istheah.ht](mailto:mathieu.quenum@istheah.ht)

**Mots clés** : randzines, mornes, données pédologiques; matériau parental, géologie

Le sol est fonction de la topographie, du climat, du matériel originel (dépôt, roche), de la végétation et d'autres facteurs biotiques ainsi que le temps (Jenny, 1941). En Haïti, les sols sont issus principalement de deux types de matériau : les roches volcaniques et les roches sédimentaires. Ils sont classés selon leur degré d'évolution, ce dernier étant fonction principalement de la pente, de la pluviométrie et de la nature de la roche-mère. D'une façon générale, l'évolution des sols en Haïti est plus avancée dans les zones humides et sur les pentes faibles tandis que les sols moins évolués se rencontrent sur des pentes fortes, où le ruissellement (avec ou sans couverture pérenne) entraîne en permanence les éléments fins du sol, ou encore en zone sèche car la faible pluviométrie ralentit la vitesse d'altération des sols. Sous un climat tropical comme celui de la République d'Haïti, parmi les phénomènes qui caractérisent cette évolution normale, il est aisé d'observer progressivement que la réserve en bases devient plus faible, que les phosphates deviennent plus insolubles, que la capacité d'échange cationique, qui conditionne les possibilités d'absorption des éléments minéraux par les plantes, est réduite, que la structure du sol devient plus fragile, et que la fertilité est liée de manière croissante à la matière organique (GRET/FAMV, 1990).

La répartition des sols en Haïti montre une grande variabilité, du fait de la géomorphologie et des écarts importants dans la pluviométrie : écarts de 1 à 9, avec des pluies annuelles variant entre 400 et 3500 mm selon les régions. Il en résulte une forte diversité et variabilité de sols sur de très courtes distances. Ainsi, les sols cultivés qui supportent également la grande diversité des produits agricoles haïtiens se répartissent en plusieurs grands ensembles tels que i) les sols calcaires qui couvrent plus de 80% du territoire (Woodring et al., 1924) et qui donnent naissance à des lithosols naturellement minces et des rendzines (tufs gris ou blancs); ii) des sols bruns sur calcaires et les sols calciques mélanisés sur basalte qui se développent sur des pentes moyennes ou faibles à un autre degré d'évolution; iii) des sols basaltiques plus profonds et potentiellement plus fertiles que les sols bruns sur calcaire qui se développent sur des pentes faibles et moyennes et qui donnent naissance à des sols bruns argileux plus fertiles que les sols bruns sur calcaire; iv) des sols rouges fersiallitiques provenant de l'oxydation du fer libéré et qui sont sensibles à l'érosion, particulièrement ceux qui ont évolué sur du basalte; v) les vertisols et les sols alluvionnaires qui sont tous les deux le résultat d'accumulation d'éléments fins apportés par les eaux de ruissellement en provenance des mornes environnants.

Une récente mise à jour de la pédologie en République d'Haïti (Gardi et al. 2015, Louissaint 2013, et USAID 2014) montre que les 2 types de matériau parental (les roches volcaniques et les roches sédimentaires) que l'on retrouve en Haïti (régosols, planosols, vertisols, acrisols, andosols, gleysols, vitisols, gleysols, vitisols, fluvisols, lixisols, leptosols, cambrisols etc.) sont à la base de la très grande diversité de la production agricole et de la biodiversité que l'on retrouve dans les agro-écosystèmes de ce pays des Caraïbes.

## Références

Gardi et al (eds). 2015. Soil Atlas of Latin America and the Caribbean. FAO-UNESCO 1975. Soil Map of the World. Vol 3.

GRET, FAMV. Manuel d'agronomie tropicale appliquée à l'agriculture haïtienne. Paris 1990. 490p.

Jenny, Hans. 1941. Factors of soil formation.

Louissaint, J. 2013. Soil Taxonomy in Haïti. NRCS Southern conference.

USAID 2014. Interim Soil Survey Report Cul-de-Sac, Haïti.

Woodring, W.P., Brown, J.S. and Burbank, W.S, 1924. Géologie de la République d'Haïti. Département des Travaux Publics, Port-au-Prince, 710 p.

# Fertilisation minérale azotée du maïs-grain : doses économiques optimales et pourcentages de recouvrement de l'azote par la plante

GILLES TREMBLAY<sup>1</sup>, LÉON-ÉTIENNE PARENT<sup>2</sup>, LOUIS ROBERT<sup>1</sup>, YVAN FAUCHER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MAPAQ, Saint-Hyacinthe, QC

<sup>2</sup>Université Laval, Québec, QC.

Courriel : [gilles.tremblay@mapaq.gouv.qc.ca](mailto:gilles.tremblay@mapaq.gouv.qc.ca)

**Mots clés** : fertilisation minérale azotée, dose économique, recouvrement, maïs

Pour le maïs-grain, le guide de fertilisation du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ 2010) recommande de façon générale un apport d'azote de 120 à 170 kg/ha selon la zone climatique et la texture du sol. Une étude publiée récemment (Kablan et al. 2017) et menée de 2002 à 2010 dans la région de Saint-Hyacinthe, a conclu qu'on pourrait revoir à la hausse cette recommandation. Un manque d'azote peut occasionner une baisse de rendement, alors qu'un excès représente un risque de contamination de l'air et de l'eau, en plus de représenter une dépense inutile. Ainsi, la surfertilisation et la sous-fertilisation peuvent occasionner toutes deux des pertes économiques non négligeables.

Afin de poursuivre la réflexion sur la fertilisation azotée du maïs-grain, les auteurs ont analysé les résultats d'une nouvelle série d'essais menés de 2011 à 2017. Ces essais ont été menés dans les régions de la Montérégie et de Lanaudière avec la collaboration de conseillers de clubs conseils en agroenvironnement (CCAÉ) et du MAPAQ. Ces essais comportaient généralement de quatre à six doses d'azote répétées de trois à quatre fois selon des dispositifs en blocs complets aléatoires. Les essais devaient avoir une dose d'azote ne dépassant pas 60 kg N/ha mise au semis dans le démarreur et aucun fumier ou lisier ne devait avoir été appliqué au cours des deux à trois années précédentes. Tous les semis devaient avoir été réalisés avant le 15 mai de chaque année et les coefficients de variation du rendement en grains devaient être inférieurs à 15%. Au final, le jeu de données ayant servi à notre analyse comportait les résultats de 107 essais. L'effet de l'azote, de même que les composantes linéaires et quadratiques de l'azote ont été évalués pour chaque essai à l'aide de SAS ( $P \leq 0,05$ ). Les doses économiques optimales (DEO) ont été déterminées selon l'approche proposée par Nyiraneza et al. (2010) en utilisant le modèle de réponse le plus approprié pour chaque essai soit le linéaire-plateau ou le quadratique-plateau. Les doses optimales d'azote ont aussi été évaluées selon le contexte de l'efficacité du système cultural de chaque essai tel que proposé par Bock (1984). Pour ce faire, on a utilisé le pourcentage de recouvrement de l'azote (RN) qui est le ratio entre une dose optimale et les exportations d'azote par la récolte à cette dose après correction pour le rendement témoin (dose zéro), calculé comme suit (Bock 1984) :

$$RN = \left( \frac{C_N \times (R_{opt} - R_0)}{N_{opt} - N_0} \right) \times 100$$

où  $C_N$  est le taux prélèvement d'azote (12,9 kg N/tonne selon Tremblay (2018; non publié)) en supposant qu'il est le même pour le témoin et à la dose optimale,  $R$  est le rendement, et  $N$  est la dose d'azote appliquée ( $opt$  = optimal;  $0$  = témoin sans ajout d'engrais). Le RN de ces essais a été comparé au RN moyen de 37% estimée pour le maïs-grain aux États-Unis (Cassman et al. 2002).

## Références

- Bock, B.R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping systems. Nitrogen in crop production, ed., R.D. Hauck, American Society of Agronomy, Madison, WI, 273-294.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., et Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen use efficiency and synthesis, and nitrogen management. *Ambio* 31, 1332-140. Doi 10.1579/0044-7447-31.2.132
- Kablan, L.A., Chabot, V., Mailloux, A., Bouchard, M.E., Fontaine, D. et Bruulsema, T. 2017. Variability in corn yield response to nitrogen fertilizer in Eastern Canada. *Agron. J.* 109:2231-2242.
- Nyiraneza, J., N'Dayegamiye, A., Gasser, M.O., Giroux, M., Grenier, M., Landry, C. et Guertin, S. 2010. Soil and crop parameters related to corn nitrogen response in Eastern Canada. *Agron. J.* 102:1478-1490.

# NOTES

---





