



Association québécoise  
de spécialistes  
en sciences du sol

De Québec à l'Escale de Val-d'Or  
À La Bannik de Duhamel-Ouest  
11 au 14 juin 2019

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

« À LA DÉCOUVERTE DES SOLS DE  
L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE »

Programme scientifique



## **CONSEIL D'ADMINISTRATION 2018-2019**

---

- 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@canada.ca](mailto:isabelle.royer@canada.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 2019**

---

Le conseil d'administration de l'AQSSS et Vincent Poirier, professeur-chercheur, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) ainsi que Normand Olivier, agronome au Groupe conseil agricole de l'Abitibi-Témiscamingue.

## 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 et à la santé des sols ainsi qu'à l'éducation sur les sols. Elle a pour objectifs de diffuser l'information scientifique, technique et générale relative aux sols et d'éclairer sur tout sujet d'intérêt concernant les sols, une ressource non renouvelable essentielle à la vie.

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 web de l'AQSSS, d'être admis par le comité d'admission et de payer la cotisation annuelle fixée par l'assemblée générale.

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

## 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 meilleures communications orales réalisées par les étudiants membres de l'AQSSS lors du congrès annuel. Exceptionnellement cette année, ce prix sera constitué de deux bourses et de certificats d'attestation de l'AQSSS.

### PRIX RÉGIS-SIMARD - AFFICHE SCIENTIFIQUE

Le prix Régis-Simard est décerné aux meilleures affiches scientifiques réalisées par les étudiants membres de l'AQSSS lors du congrès annuel. Exceptionnellement cette année, ce prix est constitué de deux bourses et de certificats 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 13 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 1985, Chicoutimi <b>Rétrospective de la recherche sur les sols au Québec</b>	Prémices
			Montréal	ACFAS mai 1986, 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 RÉCIPENDAIRES 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	Marton 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 ltée	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 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 (suite)

An	Année	Prix Auguste-Scott <i>Membre honoraire</i>	Prix Roger-Baril 1991-	Prix AQSS 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> <i>IRDA</i>	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> <i>MAPAQ</i>	1. Marie Bipfubusa 2. Benoît Lapointe 3. Rosalbina Gomez 3. Karine Prévost	Gilles Joanisse	
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	Congrès avec NAFSC-ISFS <b>Écologie des sols et agroforesterie</b>	Une première dans le Vieux-Québec en compagnie des forestiers
33	12 juin 2019	Isabelle Royer	Abitibi-Témiscamingue	<b>À la découverte des sols de l'Abitibi-Témiscamingue</b>	Première fois dans cette belle lointaine région et compensations des émissions de GES de l'autocar

## 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 UdeM 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 Mélissa 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		1. Jean-Baptiste Floc'h UdeM 2. Karolane Bourdon, UL 3. Stéphanie Houde UL et Clément Chedzer- Clarc UL	Samuel Gagné UL	Stéphanie Houde UL Intl. Catherine Tremblay UQAC AFES	Cindy Denoncourt UL Stéphanie Houde UL Claude-Alla Joseph UL Cedrick Victoir Guedessou UL
33	2019					

## 33<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS du 11 au 14 juin 2019

### « À LA DÉCOUVERTE DES SOLS DE L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE »

De l'Escale de Val-d'Or à La Bannik de Duhamel-Ouest

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

#### SOMMAIRE DU PROGRAMME

	Mardi 11 juin	Mercredi 12 juin	Jeudi 13 juin	Vendredi 14 juin
Matinée	<p>Transport en autocar de luxe vers Val-d'Or</p> <p><b>Départ de Québec en autobus à 7h00 devant le pavillon Comtois de l'U. Laval</b></p> <p>Point d'embarquement à Laval <b>vers 10h-10h30</b> <b>Stationnement Métro Montmorency</b> 545 rue Lucien-Paiement, Laval</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Tournée</u></b></p> <p style="text-align: center;">7h30</p> <p><b>Départ de l'Escale de Val-d'Or</b></p> <p>Mine Lapa, Rivière-Héva <b>Réhabilitation d'un site minier</b> MARIE GUITTONNY</p> <p style="text-align: center;">9h45</p> <p><b>Point d'embarquement au campus de l'UQAT à Rouyn</b></p> <p>Forêts et sols, Rémigny <b>Extension nordique du domaine de l'érablière</b> ROCK OUMET</p> <p><b>Station de recherche de Notre-Dame-du-Nord</b> VINCENT POIRIER</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>La Bannik</u></b></p> <p style="text-align: center;">7h30 – 8h00</p> <p style="text-align: center;"><b>Accueil &amp;</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Installation des affiches</b></p> <p style="text-align: center;">8h00 – 10h00</p> <p style="text-align: center;"><u>Ouverture</u></p> <p>Isabelle Royer, prés. de l'AQSSS Claire Bolduc, préfète MRC de Témiscamingue</p> <p style="text-align: center;"><u>Conférenciers invités :</u> Normand Olivier, GCA de l'A.-T. Vincent Poirier, UQAT</p> <p style="text-align: center;"><u>Pause</u></p> <p style="text-align: center;">10h30 – 12h00</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Salle</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>Présentations orales</b></p>	<p style="text-align: center;"><b><u>La Bannik</u></b></p> <p style="text-align: center;">6h30 – 7h30 Petit déjeuner</p> <p><b>Départ de La Bannik en autobus à 7h30 vers Laval et Québec</b></p>
Midi	<p>Collations incluses mais dîner libre (à vos frais)</p>	<p><b>L'Éden Rouge</b> St-Bruno-de-Guigues <b>Dîner table champêtre et visite</b> ANGÈLE-ANN GUIMOND Vers 12h45</p>	<p style="text-align: center;">12h00 – 13h15</p> <p style="text-align: center;"><b>Dîner</b></p>	<p>Collations incluses mais dîner libre (à vos frais) à préciser</p>
Après-midi	<p>Vers 13h- Dîner Mont-Laurier</p>	<p style="text-align: center;">14h15</p> <p><b>Agriculture et profils de sols au Témiscamingue</b></p> <p>Argiles et limons des séries Paquin, Guérin, Duhamel et plus NORMAND OLIVIER et LUCIE GRENON</p> <p style="text-align: center;">17h30</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Arrivée à La Bannik Duhamel-Ouest</u></b></p> <p>Installation dans les chalets</p>	<p style="text-align: center;">13h15 – 15h15</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Salle</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>Session d'affiches</b></p> <p style="text-align: center;">15h15 – 18h00</p> <p style="text-align: center;"><b>Présentations orales</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Stationnement Métro Montmorency</b> 545 rue Lucien-Paiement, Laval</p>
Soirée	<p>Arrivée vers 18h00 <b>Hôtel l'Escale Val-d'Or</b> Souper libre Réservation à la Microbrasserie Le prospecteur</p>	<p style="text-align: center;">18h30</p> <p style="text-align: center;"><b><u>La Bannik</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>Apéro &amp;</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Assemblée générale annuelle</b> 20h00</p> <p style="text-align: center;"><b>Souper buffet</b></p>	<p style="text-align: center;">18h30 – 19h30</p> <p style="text-align: center;"><b><u>La Bannik</u></b></p> <p style="text-align: center;"><b>Apéro</b></p> <p style="text-align: center;">19h30</p> <p style="text-align: center;"><b>Banquet</b> <b>Remise des prix</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Québec Pavillon Comtois de l'U. Laval</b></p> <p>Selon l'heure d'arrivée, souper libre</p>

Le comité organisateur se réserve le droit de changer l'horaire et les activités. Si des changements ont lieu, nous vous en ferons part par courriel et sur notre site Web. Pour de plus amples détails, visitez [www.aqsss.com](http://www.aqsss.com)

---

**Mardi 11 juin 2019 AM – PM**

---

**7h00 - 18h00**

**7h00 - Départ de Québec en autocar de luxe vers Val-d'Or**  
**Point de rencontre devant le pavillon Comtois de la**  
**Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation de**  
**l'Université Laval**

**&**

**10h00-10h30 - Point d'embarquement à Laval**  
**Stationnement - métro Montmorency**

**Vers 13h - Dîner à Mont-Laurier**

**Vers 18h00 - Arrivée à l'Hôtel l'Escale de Val-d'Or**

**Vers 19h00 - Souper libre** (réservations à la Microbrasserie Le Prospecteur)

---

**Mercredi 12 juin 2019 AM – PM**

---

**7h30 – 17h30**

**TOURNÉE EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE**

**7h30 A RASSEMBLEMENT à l'Hôtel L'Escale de Val-d'Or**

7h35-8h15 *Déplacement en autobus - 40 min. La région – Les Mines*

**8h15 B Mine Lapa - Agnico-Eagle, 299 Route Saint Paul N, Rivière-Héva**  
Réhabilitation d'un site minier **MARIE GUITTONNY et SIMON TAURINES**

9h00-9h40 *Déplacement en autobus - 40 min. La région – L'UQAT*

**9h40 C UQAT, 445 Boulevard de l'Université, Rouyn-Noranda**  
Point d'embarquement pour quelques personnes **VINCENT POIRIER**

9h55-10h55 *Déplacement en autobus - 55 min. La région – Les Forêts et les Sols*

- 10h55 D Chemin forestier, Rémigny**  
Extension nordique du domaine de l'érablière      ROCK OUMET
- 11h40-12h00      *Déplacement en autobus - 20 min. La région – Recherche en sols*
- 12h00 E Station de recherche Notre-Dame-du-Nord, 79 Rue Côté VINCENT POIRIER**
- 12h30-12h45      *Déplacement en autobus - 15 min. La région – Agrotourisme*
- 12h45 F L'Éden Rouge, 51 Rue Principale N, Saint-Bruno-de-Guigues.**  
**Dîner table champêtre et visite**      ANGÈLE-ANN GUIMOND
- 14h15-14h20      *Déplacement en autobus - 5 min. La région – Agriculture et sols*
- Agriculture et profils de sols : NORMAND OLIVIER, LUCIE GRENON et AL.**
- 14h20 G Site 1 : ferme Plante Marquis, route du 5e-Rang, Saint-Eugène-de-Guigues**  
**GEOFFROY : argiles lourdes brunes à brunes grises, calcaires**
- 15h05-15h10      *Déplacement en autobus - 5 min. La région – Agriculture et sols*
- 15h10 H Site 2 : ferme Laits'go, montée Gauthier, Saint-Bruno-de-Guigues**  
**GUÉRIN : argiles lourdes grises à brunes grises varvées, calcaires**
- 16h00-16h20      *Déplacement en autobus - 20 min. La région – Agriculture et sols*
- 16h20 I Site 3 : ferme Boulay Shôneau, chemin de la Petite Rivière, Duhamel-Ouest**  
**DUHAMEL : loams limoneux profonds plaqués sur argiles**
- 17h05-17h15      *Déplacement en autobus - 10 min.*
- 17h15 J La Bannik, fin de la tournée**
- 17h30-18h30 Arrivée à La Bannik, Duhamel-Ouest**  
**Installation dans les chalets**
- 18h30-20h00 La Bannik**  
**Apéro & Assemblée générale annuelle**
- 20h00 Souper buffet**

## Jeudi 13 juin 2019 – AM

---

**7h30 – 8h00**

Accueil et installation des affiches  
La Bannik

---

**8h00 – 8h10**

OUVERTURE  
Isabelle Royer, présidente de l'AQSSS  
Claire Bolduc, préfète de la MRC de Témiscamingue

---

**8h10 – 12h00**

Conférenciers invités  
À la découverte des sols de l'Abitibi-Témiscamingue

8h10 **Connaître et comprendre les sols de l'Abitibi-Témiscamingue**  
NORMAND OLIVIER

8h30 **Vision de la recherche en agriculture et agroalimentaire à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**  
VINCENT POIRIER

### SESSION I – *Fertilité et biologie des sols* *Modératrice : Isabelle Royer*

8h45 **Fertilisation azotée du bleuet sauvage : impact des conditions édaphiques**  
JEAN LAFOND, ATHYNA CAMBOURIS, ISABELLE PERRON, NOURA ZIADI

9h00 **Modèle de fertilisation NPK localisé pour la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) au Québec**  
ZONLEHOUA COULIBALI, SERGE-ÉTIENNE PARENT, ATHYNA N. CAMBOURIS

9h15 **Impact du travail de sol sur l'arrière-effet azoté associé aux apports répétés d'effluents d'élevage en fonction du type de sol**  
CINDY DENONCOURT, MARTIN CHANTIGNY, DENIS ANGERS, MARIE-NOËLLE THIVIERGE, ANNE VANASSE

9h30 **Functional redundancy and phylogenetic niche conservatism of soil bacteria**  
YU JIA, JOANN K. WHALEN

9h45 **Quelles incidences peuvent avoir les mélanges fourragers et la gestion de la paissance sur le stockage du carbone et la biomasse racinaire ?**  
HIBA BENMOHAMED, VINCENT POIRIER, CAROLE LAFRENIÈRE, JEAN LAFOND, JULIE LAJEUNESSE

10h00 **PAUSE**

**SESSION II – Gestion et chimie des sols**

*Modérateur : Jean Lafond*

- 10h30 **Étude sur l'état de santé des sols agricoles : du Bas Saint-Laurent à l'Abitibi-Témiscamingue**  
MARC-OLIVIER GASSER, CATHERINE BOSSÉ, MARIE-ÈVE TREMBLAY, CLAUDE BERNARD, FRANCIS ALLARD, LUCIE GRENON, MICHAËL LEBLANC
- 10h45 **Validation des outils préconisés pour réduire la saturation des sols en phosphore par une analyse de l'état des sols et du bilan de phosphore dans une région à forte densité animale**  
MARIE-ÈVE TREMBLAY, MARC-OLIVIER GASSER, FRANCIS ALLARD
- 11h00 **Conservation des sols organiques cultivés : Évolution de la minéralisation en C N P suite à l'apport de biomasses végétales, de cuivre et de lignosulfonate.**  
KAROLANE BOURDON, JOSÉE FORTIN, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ, JEAN CARON
- 11h15 **Transformations of decabrominated diphenyl ethers in plant-soil system during sequential anoxic-oxic incubation**  
PENGFEI ZHAO, JOANN K. WHALEN, KAIXIANG YU, LAURA DELGADO-MORENO, QINGFU YE, WEI WANG
- 11h30 **Pour ou contre le concept classique d'humification ? – vers un nouveau modèle conceptuel de stabilisation de la matière organique**  
MARTIN CHANTIGNY
- 11h45 **Effet long terme de différents itinéraires agronomiques sur la distribution de l'azote dans les fractions de la matière organique du sol**  
JULIE FOREST-DROLET, MARTIN CHANTIGNY, DENIS ANGERS, CAROLINE HALDE

---

**12h00 – 13h15**

**DÎNER**

---

13h15 – 15h15

SESSION D’AFFICHES

1. **Fabrication d’un technosol à partir de résidus miniers en milieu boréal**  
LUCIEN BORDELEAU, CHRISTINE LETHIELLEUX-JUGE, ROCK OUIMET
2. **Formes de phosphore inorganique dans un rejet minier acide**  
AHMED AAJJANE, ANTOINE KARAM
3. **Prélèvement du plomb par le saule cultivé sur un sol calcaire riche en éléments traces métalliques traité avec des amendements acides**  
BOCAR A. DIALLO, ANTOINE KARAM
4. **Sorption du cadmium par un sol acide amendé avec des pelures de mangue et du carbonate de calcium**  
KOROTOUMOU SEYDOU DISSA, ANTOINE KARAM
5. **Sorption du zinc dans un sol acide amendé avec des pelures de mandarine calcinées et de la bentonite calcique**  
FATOU YOUSOUF KONE, ANTOINE KARAM
6. **Sorption du nickel dans un sol sableux amendé avec des coquilles d’œufs de poules et de la bentonite calcique**  
NICOLAS MARTIN, ANTOINE KARAM
7. **Synergie des spores sur la production d’hyphes chez *Rhizophagus irregularis***  
CHANTAL HAMEL, RÉGINALD DOMINGO-BAH, LOBNA ABDELLATIF
8. **Implantation de légumineuses intercalaires en cultures annuelles biologiques et impacts sur la lutte aux adventices et les propriétés physiques et biologiques du sol**  
INSAF CHIDA, VINCENT POIRIER, DAPHNÉ TOUZIN
9. **Analyse de la structure relationnelle entre la conductivité hydraulique saturée, la masse volumique apparente et la résistance à l’enfoncement en sol organique cultivé avec présence de couche compacte**  
CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU, JEAN CARON, JACQUES GALLICHAND, CHRISTOPHE LIBBRECHT, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ
10. **Modélisation du drainage d’un sol organique peu profond**  
MORANNE BÉLIVEAU, JEAN CARON, CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU
11. **Cartographie des profils de vents dans les terres organiques cultivées en Montérégie**  
CHARLES FRENETTE-VALLIÈRES, JEAN CARON, MICHAËL LEBLANC, DANIEL CAMPBELL

12. **Effet des tailles et des doses d'amendement en biomasse sur la culture de l'épinard et l'aération d'un sol organique affaissé**  
MATHIEU RÉMY, JEAN CARON, JOSÉE FORTIN
13. **Effets de la préparation mécanique du sol sur la disponibilité du microsite et sur la croissance d'épinette noire plantée dans les forêts paludifiées du Canada**  
MOHAMMED HENNEB, OSVALDO VALERIA, NELSON THIFFAULT, NICOLE J. FENTON, YVES BERGERON
14. **Carbon footprint of alternative crop rotation systems for the North China Plain**  
YINGXING ZHAO, JOANN K. WHALEN, YUANQUAN CHEN, PENG SUI
15. **Nitrogen 4-R management for grain corn production in Québec**  
JOANN K. WHALEN, YU JIA, HICHAM BENSLIM
16. **Nitrogen use efficiency and yield of silage corn as influenced by municipal biosolids in a temperate agricultural soil**  
NASEER HUSSAIN, JOANN K. WHALEN, MICHAEL Y. BOH, OSBORNE G. CLARK, PIERRE DUTILLEUL
17. **Effects of different tillage systems, nitrogen and irrigation on growth indicators and water productivity of wheat**  
ZIAEIAN ABDOLHOSSEIN, ABOLFATEH MORADI, ARASH TAFTEH
18. **The influence of long-term phosphorus fertilization on soil phosphorus forms as determined by <sup>31</sup>P-NMR under continuous corn production**  
DALEL ABDI, BARBARA CADE-MENUN, NOURA ZIADI, CHRISTIAN MOREL
19. **Effet du traitement des lisiers de porc sur la valeur fertilisante chez le blé**  
ISABELLE ROYER, MARTIN CHANTIGNY, GUYLAINE TALBOT, MIREILLE THÉRIAULT
20. **Classement des cultivars de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) par autoapprentissage**  
ZONLEHOVA COULIBALI, SERGE-ÉTIENNE PARENT, ATHYNA N. CAMBOURIS

---

**Jeudi 13 juin 2019 – PM**

---

**15h15 – 18h00**

SESSION III – *Valorisation de résidus et GES*

*Modérateur : Vincent Poirier*

- 15h15    **Effets à long terme de la récolte de biomasse forestière vs bois en longueur sur la fertilité des sols dans la forêt boréale**  
ROCK OUMET

15h30 **Évolution des propriétés de stabilité de trois types de résidus de biomasses végétales enfouis en sol organique**  
 JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ, JEAN CARON

15h45 **Evaluation of sugar processing residuals as an iron source for grain crops grown in calcareous soil**  
 SHAHRZAD KARAMI, JOANN K. WHALEN, JAFAR YASREBI, SEDIGHEH SAFARZADEH SHIRAZI, ABDOLMAJID RONAGHI, REZA GHASEMI-FASAEI

16h00 **PAUSE** : Vidéo d'une chorégraphie sous le titre : *"Le pivot de la fertilisation"*. Initiative de Mme Cindy Denoncourt, étudiante au doctorat. Chorégraphie inspirée du cycle de l'azote

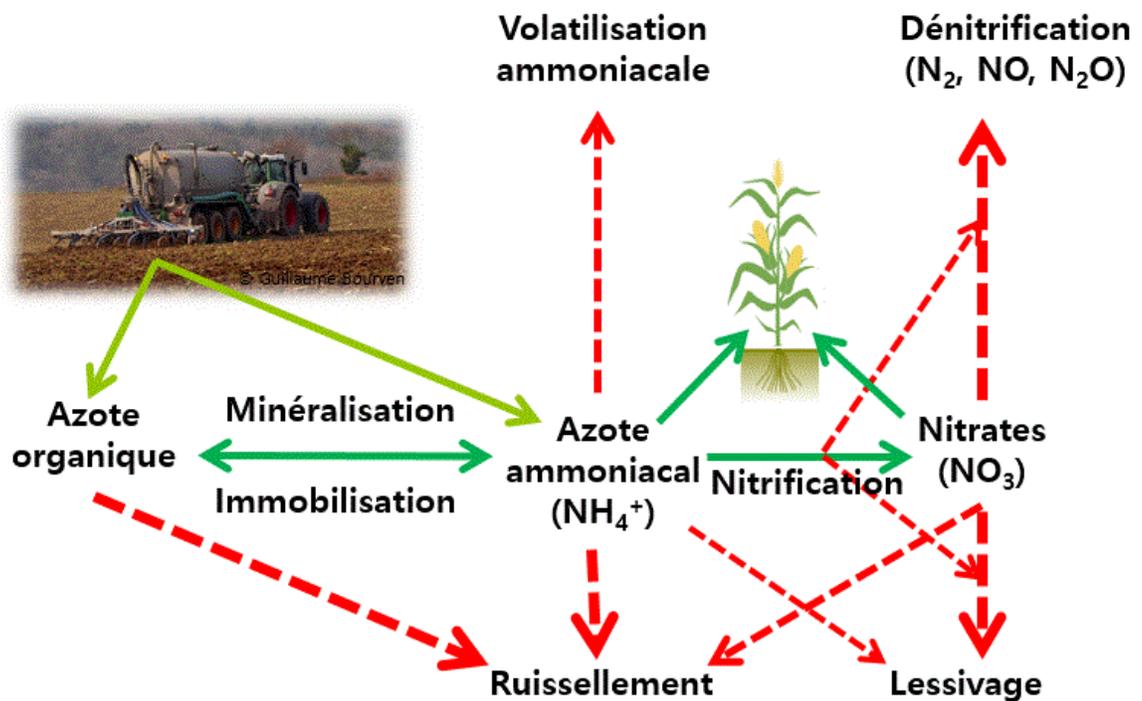


Figure adaptée de Webb, J. et al. 2013. Chapter 7, An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Advances in agronomy* (Vol. 119, pp. 371-442). États-Unis: Elsevier Academic Press.

Musique : La dualité du temps, par Millimetrik

Chorégraphe et interprètes de la troupe de danse Gestuel : Cindy Denoncourt, Julie Forest, Benoît Bérubé, Sabrina Cloutier, Annick Mottard, Sophie St-Gelais et Valérie St-Gelais

Caméra et montage : Nicolas Padovani

Remerciements à l'Association des graduées et gradués en agriculture et alimentation de l'Université Laval (AGAA) et au Studio Rebel

- 16h30 **Greenhouse gas emission, grain nitrogen content and yield of corn agroecosystems receiving organic amendments**  
CHUN C. YEUNG, JOANN K. WHALEN, MAREN OELBERMANN
- 16h45 **Faster rates and greater amplitude of freeze-thaw cycles increase nitrous oxide emissions in agricultural soils**  
DAVID E. PELSTER, MARTIN H. CHANTIGNY, PHILIPPE ROCHETTE, DENIS A. ANGERS, BERNIE J. ZEBARTH, CLAUDIA GOYER

SESSION IV – *Modélisation et variabilité spatiale des sols*  
*Modérateur : Rock Ouimet*

- 17h00 **Modélisation de systèmes de drainage en sols organiques cultivés avec présence de couche compacte | Étude en Montérégie**  
CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU, JEAN CARON, JACQUES GALLICHAND  
SILVIO JOSE GUMIERE, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ
- 17h15 **Modélisation de l'évolution de la teneur en eau volumique d'un technosol dans une mine abandonnée en Abitibi-Témiscamingue**  
YVES-DADY BOTULA, BRUNO BUSSIÈRE, MARIE GUITTONNY, ABDELKABIR MAQSOU
- 17h30 **Cartographie prédictive régionale de la paludification dans les forêts d'épinettes noires de l'est du Canada à l'aide de la télédétection et d'une approche d'apprentissage automatique**  
OSVALDO VALERIA, NICOLAS MANSUY, AHMED LAAMRANI, LISE JATON, NICOLE FENTON, LUC GUINDON, YVES BERGERON, ANDRÉ BEAUDOIN, SONIA LÉGARÉ
- 17h45 **Hétérogénéité spatio-temporelle des niveaux de nappe en production de canneberges**  
JONATHAN A. LAFOND, SILVIO J. GUMIERE, GUILLAUME LÉTOURNEAU, JACQUES GALLICHAND, PIERRE DUTILLEUL

---

**18h30 – 19h30**

***Apéro***

**19h30**

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

---

**Vendredi 14 juin 2019 AM – PM**

---

**6h30 – 7h30**

**Déjeuner à La Bannik**

**7h30      Départ de La Bannik en autobus vers Laval et Québec**

Dîner à vos frais  
Les détails sont indiqués dans le sommaire

**En après-midi      Stationnement - Métro Montmorency**

545 rue Lucien-Paiement, Laval

**En soirée      Québec - Pavillon Comtois de l'Université Laval**

Selon l'heure d'arrivée, souper libre



## **RÉSUMÉS DES CONFÉRENCIERS INVITÉS**

---

***« À LA DÉCOUVERTE DES SOLS DE  
L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE »***

---



# **Connaître et comprendre les sols de l'Abitibi-Témiscamingue**

NORMAND OLIVIER

Groupe conseil agricole de l'Abitibi-Témiscamingue.  
norm.olivier@gmail.com

# Vision de la recherche en agriculture et agroalimentaire à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

VINCENT POIRIER

Unité de recherche et développement en agriculture et agroalimentaire (URDAAT), Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), 79 rue Côté, Notre-Dame-du-Nord, Québec, J0Z 3B0  
vincent.poirier@uqat.ca

**Mots clés :** sols argileux, changements climatiques, stockage du C, caractéristiques des racines, productions végétales.

L'Abitibi-Témiscamingue possède une des plus grandes réserves de terres arables au pays. Les sols argileux de la région sont intrinsèquement fertiles et présentent un bon potentiel de productivité. Toutefois, ces sols sont fragiles; ils peuvent facilement rencontrer des problèmes tels que la compaction, la détérioration de leur structure, l'acidification et la diminution de leur teneur en matière organique. Ces problèmes peuvent même être exacerbés lorsque le sol est inadéquatement drainé ou encore lorsqu'il est cultivé de manière trop intensive.

Avec l'évolution du climat futur et le potentiel des sols de la région, nous pourrions possiblement produire davantage de denrées, faire l'essai de nouvelles espèces ou de nouveaux cultivars, accroître les rendements des productions courantes et développer de nouveaux marchés. Par contre, il faut s'attendre à davantage d'événements extrêmes tels que des épisodes de sécheresse et de pluies abondantes. Comment tirer avantage des conditions climatiques pour exploiter le plein potentiel des sols et accroître la production agricole, tout en se protégeant contre les risques de dégradation et les dommages associés aux événements extrêmes? Afin de relever ce grand défi, davantage de travaux de recherche sont nécessaires pour mieux comprendre le fonctionnement des sols de la région.

La recherche dans le domaine de l'agriculture à l'UQAT est en plein développement et s'effectue au sein de l'Unité de recherche et de développement en agriculture et agroalimentaire de l'Abitibi-Témiscamingue (URDAAT). Les professeurs-chercheurs de l'URDAAT sont rattachés à l'Institut de recherche en mines et en environnement (IRME). Ils sont situés à la Station de recherche du Témiscamingue. Celle-ci est localisée au bord du grand lac Témiscamingue et offre un environnement de travail unique. Les laboratoires de chimie analytique, de chromatographie et de microbiologie peuvent soutenir le déploiement de projets de recherche multidisciplinaires en agriculture.

La vision de la recherche en agriculture à l'URDAAT est d'acquérir des connaissances scientifiques et techniques nécessaires au développement durable et à la mise en valeur de la ceinture d'argile Barlow-Ojibway. Les principales productions agricoles sur le territoire sont l'élevage des ruminants (bovins, laitiers), les grandes cultures et les plantes fourragères. Dans les années à venir, la recherche se développera principalement autour de trois axes: 1) stockage du carbone dans les agroécosystèmes et rôles des racines dans le fonctionnement des sols; 2) production, exploitation et conservation des plantes fourragères pour soutenir l'élevage; 3) régie et production des grandes cultures conventionnelles et biologiques. À l'heure actuelle, les membres de l'équipe sont impliqués dans une douzaine de projets de recherche et œuvrent aux niveaux régional, national et international. La majorité de ces projets sont en lien avec les sols agricoles en milieu tempéré, mais certains concernent les sols urbains et forestiers de même que les sols en milieu tropical.

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

---



# Formes de phosphore inorganique dans un rejet minier acide

AHMED AAJJANE<sup>1</sup>, ANTOINE KARAM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Chouaib Doukkali, Faculté des sciences, B.P. 20 El Jadida 24000, Maroc

<sup>2</sup> ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada G1V 0A6  
aajjane.a@ucd.ac.ma

**Mots clés :** chaulage, engrais, fractionnement, mise en végétation, résidus miniers

Le phosphore (P) est un élément important pour la croissance et le développement des plantes cultivées sur des résidus miniers acides contenant de la pyrite oxydée. Toutefois, les phosphates peuvent être fortement retenus par les oxydes hydratés de fer (Fe) et d'aluminium (Al) et devenir peu disponibles pour la plante.

Une expérience a été menée pour déterminer les effets de trois sources de P en combinaison avec du carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) sur la répartition du P dans quatre fractions d'un rejet minier acide contenant de la pyrite oxydée (RM) cultivé avec du maïs (*Zea mays* L.) comme plante témoin. Les traitements consistaient en trois doses de CaCO<sub>3</sub> pour atteindre des valeurs théoriques de pH de 5,0 (11 g kg<sup>-1</sup>), 6,0 (17 g kg<sup>-1</sup>) et 7,0 (30 g kg<sup>-1</sup>) et quatre doses de P (0; 22,4; 44,8; 89,6 mg P kg<sup>-1</sup>). Un compost commercial de tourbe et de résidus de crevettes (CTC), une farine d'os commerciale (FO) et du phosphore minéral soluble sous forme de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (PK) ont été utilisés comme sources de P. Les quantités de P associées aux composés inorganiques des éléments Al (P-Al), Fe (P-Fe) et Ca (P-Ca) ainsi que la forme de P dite ocluse (P-red) ont été extraites selon la méthode de Petersen et Corey (1966).

En considérant l'ensemble des données, les quantités moyennes de P (mg kg<sup>-1</sup>) ont augmenté dans l'ordre suivant : P-red (8,6±1,45) < P-Ca (11,9±1,60) < P-Al (24,7±4,97) < P-Fe (46,8±3,63). L'analyse statistique ANOVA a révélé un effet significatif de la source de P sur les quantités de P-Al et P-Fe. Dans tous les traitements de CaCO<sub>3</sub>, les quantités de P-Fe et de P-Al les plus élevées étaient obtenues avec le CTC et le PK, respectivement. Les quantités moyennes de P-Al (mg kg<sup>-1</sup>) ont augmenté dans l'ordre suivant : PK (30,1±3,65) < TC (24,3±2,16) < FO (19,8±1,67). Les quantités moyennes de P-Fe (mg kg<sup>-1</sup>) ont augmenté dans l'ordre suivant : TC (50,5±2,09) < PK (46,0±1,61) < FO (40,0±3,24). La somme des quatre formes de P extraites était positivement corrélée avec la teneur en P total ( $P < 0,001$ ) et les valeurs de pH<sub>eau</sub> et pH<sub>CaCl2</sub> des substrats ( $P < 0,01$ ). Ces résultats indiquent que les oxydes et hydroxydes de Fe et d'Al présents dans les échantillons de RM retiennent une proportion importante du P total. La disponibilité de l'ensemble des formes de P inorganique dépend principalement de la teneur en P total et du pH du milieu de croissance.

## Référence

Petersen G.W., Corey R.B. 1966. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Science Society of America Proceedings*, **30**: 563-565.

# Effects of different tillage systems, nitrogen and irrigation on growth indicators and water productivity of wheat

ZIAEIAN ABDOLHOSSEIN<sup>1</sup>, ABOLFATEH MORADI<sup>1</sup>, ARASH TAFTEH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

<sup>2</sup> Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.  
Ziaeian@yahoo.com

**Keywords:** Water productivity, tillage systems, line-source sprinkler irrigation system, wheat, nitrogen.

The impacts of various tillage systems, nitrogen application rates, and irrigation levels on wheat production and productivity were studied using the strip-split plot design and three line-source sprinkler irrigation systems in 2014-2015. For this purpose, effects of four nitrogen levels (0, 90, 135, and 180 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen) and four irrigation levels (3395, 3850, 4240, and 4610 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) in three tillage systems (conventional tillage, minimum tillage, and no-tillage) were investigated. Results indicated that the following recommendations could be made to achieve the highest grain yields when water is not a limiting factor: 4610 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water and 90 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the conventional tillage system, 4240 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water and 90 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the minimum tillage system, and 4610 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water together with 90 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the no-tillage system. However, these recommendations are changed as follows when water is a limiting factor: 4240 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water and 180 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the conventional tillage system, 3850 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water and 135 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the conservation tillage system, and 4240 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water together with 90 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen for the no-tillage system. In addition, the highest water productivity obtained from the conventional system followed by the minimum and no-tillage systems. All three tillage systems exhibited the highest water productivity when 3850 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> of irrigation water was applied together with 135 kg.ha<sup>-1</sup> of pure nitrogen.

# The influence of long-term phosphorus fertilization on soil phosphorus forms as determined by $^{31}\text{P}$ -NMR under continuous corn production

DALEL ABDI<sup>1</sup>, BARBARA CADE-MENUN<sup>2</sup>, NOURA ZIADI<sup>3</sup>, CHRISTIAN MOREL<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, QC, Canada

<sup>2</sup> Agriculture and Agri-Food Canada, Québec, QC, Canada

<sup>3</sup> Agriculture and Agri-Food Canada, Swift Current, SK, Canada

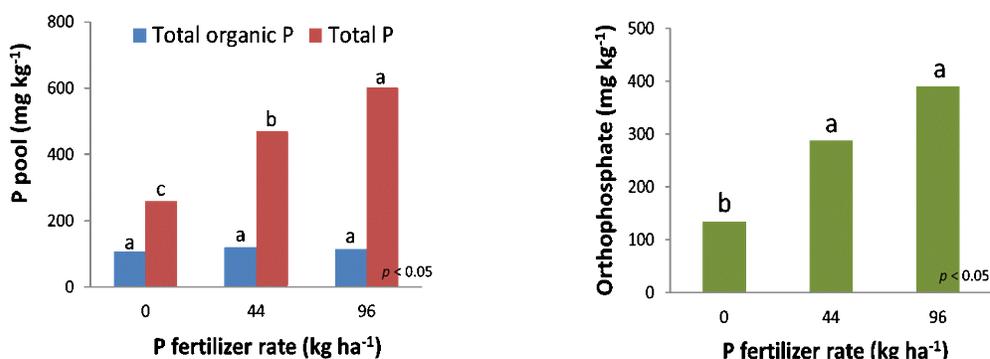
<sup>4</sup> INRA, Villenave d'Ornon, Bordeaux, France

dalel.abdi@uqat.ca

**Keywords:** Total P, Organic P,  $^{31}\text{P}$ -NMR

Phosphorus (P) fertilization is required to sustain P availability to plants and productivity. The quantitative roles of soil inorganic and organic P forms are still unclear. The reference technique to characterize soil P forms is  $^{31}\text{P}$  nuclear magnetic resonance (P-NMR) spectroscopy (Cade-Menun and Preston 1996; Cade-Menun and Liu 2014). Our objective was to assess the effects of long-term (28-yr) mineral P fertilization on soil P forms as determined by  $^{31}\text{P}$ -NMR. The study was carried out on a long-term experimental site (1972-2000) located on an acidic, sandy soil in south-west France. Three P rates of triple superphosphate (averaging 0, 44, and 96 kg P ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) were applied to continuous cultivated corn (*Zea mays* L.) since 1972, with four replicate plots. Soil samples were collected in spring 2000 at the 0-25 cm profile, analyzed for phosphate ions concentration in soil solution (Cp), available P (Olsen-P), total P (TP) and total organic P (TOP) contents, and extracted in NaOH-EDTA solution before  $^{31}\text{P}$ -NMR spectroscopy. Results indicate that Cp, Olsen-P and TP and orthophosphate significantly increased with P fertilizer addition, indicating a possible increase in P availability but also an increased risk for P loss in runoff at this site (Fig. 1). In contrast, TOP did not vary significantly among P treatments (Fig. 1). Indeed, the mean of soil TOP content was 112 ( $\pm 18$ ) mg P kg<sup>-1</sup>, which represented 39% of TP in the 0 kg P ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> treatment, and only 19% of TP with the addition of 96 kg P ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. The most abundant P forms were orthophosphate, myo-IHP and scyllo-IHP. We conclude that the long-term P fertilization increased total P and inorganic soluble P (orthophosphate, Cp and Olsen-P) at the soil surface (0-25 cm), potentially increasing P loss.

Fig.1: Changes in the concentrations of P pools (left) and orthophosphate, determined by  $^{31}\text{P}$ -NMR (right) for the different P fertilization rates



## References

Cade-Menun B.J., and Preston CM. 1996. A comparison of soil extraction procedures for  $^{31}\text{P}$ -NMR spectroscopy. *Soil Science* **161**: 770-785.

Cade-Menun B.J., and Liu CW. 2014. Solution  $^{31}\text{P}$ -NMR spectroscopy of soils from 2005-2013: A review of sample preparation and experimental parameters. *Soil Soc. Am. J.* **78**:19-37.

# Modélisation du drainage d'un sol organique peu profond

MORANNE BÉLIVEAU, JEAN CARON, CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.  
moranne.beliveau.1@ulaval.ca

**Mots clés :** perméabilité, porosité équivalente, tranchée drainante, modèle d'écoulement de l'eau

Les sols organiques sont très productifs. Cependant, ils se dégradent sans se régénérer et perdent de la hauteur. Un sol organique rendu en fin de vie productive a une faible profondeur et les particules de sols sont fines et plus tassées. Le problème est que quand le sol organique est à une faible épaisseur, l'installation des drains se fait dans la couche sous le sol organique. Cette couche est parfois du coprogène ou un sol argileux qui ont tous les deux comme caractéristique d'être peu perméable. L'étude vise à trouver pour ce profil, l'écartement minimal pour atteindre les normes québécoises de rabattement de la nappe soit  $40 \text{ cm j}^{-1}$  pour une culture maraîchère et la conductivité hydraulique à saturation ( $K_{\text{sat}}$ ) limite pour un écartement donné. L'étude cherche également à comparer différents modèles de drainage.

Deux types de modèles sont utilisés, un modèle numérique, Hydrus-2D (Šimůnek et al., 1999) et trois équations analytiques de drainage. Hydrus permet d'avoir directement le rabattement de la nappe et le débit de drainage pour un profil donné. Les équations analytiques se divisent en deux catégories d'écoulement. Il y a une équation en régime variable, Guyon (1966) et deux équations en régime permanent, Hooghoudt (1940) et Ernst (1956). La différence entre les régimes est que pour trouver l'écartement, il faut connaître le débit de drainage avec le régime permanent et le rabattement de la nappe d'eau pour le régime variable. La porosité équivalente permet de comparer les deux régimes en estimant la quantité d'eau à drainer pour atteindre un certain rabattement de nappe.

Il y a trois caractéristiques variables d'un profil de sol organique peu profond qui sont utilisés dans les modèles de drainage soient la profondeur de sol organique, le  $K_{\text{sat}}$  du sol organique et la porosité équivalente. Les paramètres suivants viennent principalement de la caractérisation d'un champ fait à l'automne 2018. Le  $K_{\text{sat}}$  varie de  $5\text{E-}02$  et  $1\text{E-}04 \text{ cm s}^{-1}$  et il est en moyenne de  $1\text{E-}02 \text{ cm s}^{-1}$ . La porosité équivalente varie de  $0,05$  à  $0,20 \text{ cm}^3 \text{ d'air cm}^{-3}$  de sol et elle est en moyenne de  $0,1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . La profondeur de sol organique varie de  $20 \text{ cm}$  à  $1 \text{ m}$ , elle est en moyenne de  $46 \text{ cm}$ . La couche dessous le sol organique a soit du coprogène ou contient de l'argile. Le  $K_{\text{sat}}$  minimum de cette couche est de  $0,2 \text{ cm j}^{-1}$ .

Les résultats des modèles montrent qu'avec une couche peu perméable en profondeur, le rabattement de  $40 \text{ cm j}^{-1}$  est plus facilement atteint en installant des drains au-dessus de cette couche quand diminuant l'écartement. Si la couche peu perméable est près de la surface, il faut envisager l'installation de drains en tranchée drainante. Cependant, les producteurs ont remarqué une perte d'efficacité rapide des tranchées drainantes lorsque le sol organique est utilisé pour les faire. Une série de mesure est prévue à l'automne pour vérifier dans le champ caractérisé lequel des modèles se rapproche le plus de la réalité.

## Références

- Ernst, L.F. 1956. Calculation of the steady flow of ground water in vertical cross-sections. *Neth. J. Agr. Sci.* **4**, 126-131
- Guyon, G. 1966. Considérations sur l'hydraulique du drainage des nappes. *Bulletin Technique de Génie Rural* No **79**. C.T.G.R.E.F., Antony, France
- Hooghoudt, S.B. 1940. General consideration of the problem of field drainage by parallel drains, ditches, watercourses, and channels. Publ. No. 7 in the series Contribution to the knowledge of some physical parameters of the soil (titles translated from Dutch). Bodemkundig Instituut, Groningen, Neth.
- Šimůnek, J., M. Šejna, and M.Th. van Genuchten. 1999. The Hydrus-2D software package for simulating two-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0. US Salinity Lab., Riverside, CA

# Fabrication d'un technosol à partir de résidus miniers en milieu boréal

LUCIEN BORDELEAU<sup>1</sup>, CHRISTINE LETHIELLEUX-JUGE<sup>2</sup>, ROCK OUIMET<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Biolistik Ltée, 1491 Jean-Charles-Cantin, Québec (Cap-Rouge), QC G1Y 2X7

<sup>2</sup> Consultante symbioses racinaires, mycorhizes et sols, 1430 Av. Charles-Huot, Québec QC G1T 2M3

<sup>3</sup> Direction de la recherche forestière, MFFP, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Québec, QC G1P 3W8  
lucien.bordeleau@biolistik.com

**Mots clés :** milieu boréal, résidus miniers, technosol, végétalisation

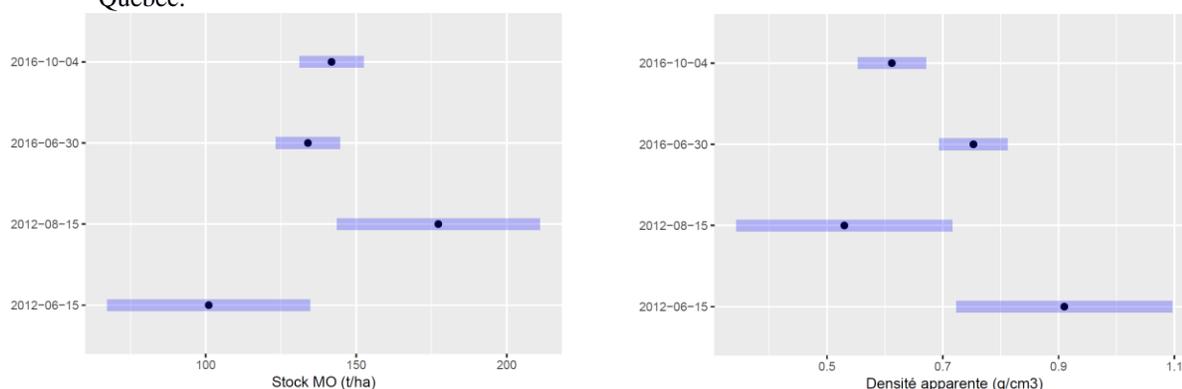
Le parc minier d'Opémiska dans la région de Chapais est constitué d'un résidu contenant une forte proportion de particules fines dispersées, qui se liquéfie lorsqu'il est imbibé d'eau et qui est très susceptible à l'érosion éolienne et hydrique. Ce substrat instable nuit à l'établissement et à la pérennité de la végétation.

Pour résoudre ce problème, nous avons modifié les propriétés physico-chimiques de ce résidu par l'apport d'importantes quantités de matières résiduelles fertilisantes (cendre et de sciure de bois et boues de papetières, le 15-06-2012, Bordeleau et Juge 2014). L'implantation d'une culture d'avoine la première année, suivie par la culture d'un mélange de plante-abri annuelle et de graminées/légumineuses vivaces la seconde année a permis à ce technosol de se structurer rapidement, ce qui a facilité l'écoulement de l'eau. L'établissement de la végétation et le cycle biogéochimique des éléments ont permis au sol d'accumuler un stock important de carbone organique, d'azote et de minéraux sur 4 ans d'observations. La pédogenèse de ce sol est même observable après ce court laps de temps par la lixiviation de matière organique, de particules fines et d'oxydes de fer et d'aluminium sous la couche arable.

Le stock de matière organique entreposé depuis 4 ans dans les 15 premiers centimètres de ce technosol est du même ordre de grandeur que celui que l'on retrouve dans les pessières à mousses dans la région sur till glaciaire de bien à modérément bien drainé (100 à 120 t/ha). Nous avons observé que le stock de matière organique de l'horizon de surface est passé d'environ 100 t/ha en 2012 à  $138 \pm 4$  t/ha en 2016, soit une accumulation nette de 9,5 t/ha-an. Cette accumulation est attribuable à la grande productivité des plantes vivaces installées sur le technosol. Les teneurs en éléments nutritifs et en métaux respectent les normes de fertilité des sols employées en agriculture.

La densité apparente dans l'horizon de surface demeure sous la valeur de  $1 \text{ g/cm}^3$  au cours des années alors que celle dans l'horizon C demeure à  $1,55 \text{ g/cm}^3$ , une valeur qui inhibe l'enracinement. L'analyse granulométrique de l'horizon de surface après 4 ans indique que les particules fines de sol se sont agglomérées ou lessivées, et que la structure et la porosité se sont améliorées. Ce nouveau système sol-plante sur ces résidus miniers représente une véritable membrane biologique permanente qui stabilise le sol et favorise sa diversité biologique ainsi que celle du site.

Figure : Stock de matière organique (MO) et densité apparente (moyennes  $\pm$  IC95) des 15 premiers centimètres de sol à l'implantation de la culture (2012-06-15) et après sur le site de résidus miniers d'Opémiska à Chapais, Québec.



## Référence

Bordeleau, L.M. et C. Juge. 2014. Establishing permanent vegetation on the Opemiska tailing site in mid-north Québec: the successful soil-plant-microbes combination. *Canadian Reclamation*, **14(1)**: 28-35.

# Implantation de légumineuses intercalaires en cultures annuelles biologiques et impacts sur la lutte aux adventices et les propriétés physiques et biologiques du sol

INSAF CHIDA<sup>1</sup>, VINCENT POIRIER<sup>1</sup>, DAPHNÉ TOUZIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unité de recherche et développement en agriculture et agroalimentaire (URDAAT), Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), 79 rue Côté, Notre-Dame-du-Nord (Québec) J0Z 3B0

<sup>2</sup> Direction régionale Abitibi-Témiscamingue - Nord-du-Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 180 boulevard Rideau, local 2.01, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 1N9  
insaf.chida.tn@gmail.com

**Mots clés :** sols argileux, matière organique, lutte aux adventices, macroagrégation, traits aériens et racinaires.

Les sols argileux de l'Abitibi-Témiscamingue offrent un grand potentiel de productivité, mais ils sont sensibles à des problèmes environnementaux tels que la compaction, l'acidification, la dégradation de la structure et les pertes de matière organique. Ces problèmes environnementaux peuvent être exacerbés lorsque le sol est mal drainé ou encore lorsqu'il est annuellement cultivé en monoculture. Or, l'utilisation de cultures intercalaires est reconnue pour contrer les problèmes environnementaux, favoriser le développement de la structure du sol, accroître la formation de macroagrégats stables, et améliorer la porosité du sol, en plus d'enrichir le sol en matière organique et apporter du carbone et de l'azote par les parties aériennes et racinaires des plantes. Cette pratique peut également contribuer à éliminer les adventices, puisque l'enherbement s'avère capable de réduire et d'étouffer les apparitions herbacées du fait de la compétition qu'occasionne son couvert et multiplie les chances de limiter l'application des produits phytosanitaires dans le système cultural. Dans les systèmes biologiques ou autres sans herbicides, la culture intercalaire et les cultures couvre-sol peuvent atténuer les risques de pertes de rendement et assurer la stabilité du système. Par contre, les conditions pédologiques et climatiques en Abitibi et au Témiscamingue peuvent rendre difficiles l'implantation et la réussite de cette pratique. Le manque d'information quant aux techniques d'implantation et aux types de légumineuses à planter limite l'adoption de cette pratique par les entreprises agricoles. Ce projet vise à y remédier en implantant deux essais en plein champ chez deux producteurs de céréales biologiques, l'un situé à Laverlochère au Témiscamingue et l'autre à Poularies en Abitibi. Ces essais permettront d'évaluer quatre types de légumineuses, soit le trèfle blanc, le trèfle rouge, le trèfle incarnat et le mélilot jaune ainsi que deux types de techniques d'implantation, soit lors du semis de la céréale et à la volée avant le tallage.

Grâce à ce projet, nous récolterons des informations sur l'influence des types de légumineuses et des techniques d'implantation sur des propriétés physiques du sol indicatrices de l'état de la structure et de la compaction du sol, des propriétés biologiques du sol indicatrices du développement racinaire et de l'activité biologique, la qualité de la levée, la biomasse aérienne et racinaire des légumineuses et les rendements des cultures de céréales. Ces données permettront d'identifier des combinaisons gagnantes de techniques d'implantation et de types de légumineuses qui vont permettre d'améliorer les propriétés du sol et de lutter efficacement contre les adventices tout en maintenant voire en augmentant les rendements de la culture annuelle.

Nos résultats préliminaires mesurés sur le site de Poularies à l'automne 2018 ont montré que différentes espèces de légumineuses se sont démarquées par la fréquence de leur présence et l'importance de leur taux de couverture des parcelles. Pour le traitement d'implantation du trèfle incarnat à la volée, nous avons trouvé une réduction de la richesse spécifique de la flore spontanée par rapport aux autres traitements, ce qui s'explique par la dominance de cette espèce par rapport aux adventices. Plus le couvert semé est dense, moins la couverture des adventices est importante; avec un seuil de couverture de la légumineuse implantée au-delà de 50%, la couverture en adventices est toujours inférieure à 25%. L'effet de la hauteur du trèfle incarnat est mis de l'avant, ce qui confirme son pouvoir concurrentiel sur les adventices par rapport aux autres légumineuses. Les analyses à venir en 2019 et 2020 nous renseigneront davantage sur l'impact des légumineuses et des méthodes d'implantation sur les sols témiscabitiens.

# Classement des cultivars de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) par autoapprentissage

ZONLEHOA COULIBALI<sup>1</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>AAC, CRDQ, Québec, QC

zonlehoua.coulibali.1@ulaval.ca

**Mots clés** : ionome, groupe ionomique, classe de maturité, machine learning.

Les cultivars de pomme de terre sont classés selon la durée qui sépare la plantation de la maturité (CFIA, 2015) dépendamment du génotype et de l'environnement. Les caractéristiques spécifiques d'absorption et d'assimilation des nutriments étant héritées des parents (Saric, 1983), les profils nutritionnels foliaires peuvent varier considérablement entre les cultivars des mêmes groupes de maturité (Hernandes et al., 2011). L'objectif était de catégoriser les cultivars de pomme de terre sur la base de la composition foliaire pour comparer la précision de la prédiction du rendement utilisant (1) l'ionome et le groupe ionomique établi ou (2) l'ionome et la classe de maturité comme variables prédictives. L'étude a rassemblé les données de 199 essais de fertilisation au cours desquels les premières feuilles matures à partir du haut ont été échantillonnées au début de la floraison et analysées pour N, P, K, Mg et Ca. Ces concentrations ont été transformées en variables logarithmiques centrées (clr) à partir desquelles les cultivars ont été regroupés par la méthode de classification k-moyennes utilisant les centroïdes des cultivars. Les techniques des *k* plus proches voisins (KNN), des forêts aléatoires (RF) et des machines à vecteurs de support (SVM) ont été comparées. Les données ont été aléatoirement séparées en données d'entraînement et de test et la performance des modèles a été évaluée sur les données test. La classification non supervisée a distingué quatre groupes d'ionome avec K, Mg et N définissant les principaux axes discriminants. Plusieurs ou toutes les classes de maturité se retrouvaient dans chaque groupe ionomique montrant que l'ionome varie au sein et entre les cultivars de la même classe de maturité. Les modèles et groupes de variables testés ont présenté des précisions similaires (68 - 72 %). La précision était plus élevée (75 - 100 %) pour certains cultivars (Goldrush, Snowden, Chieftain, AC Chaleur, Vivaldi, W1386). La nutrition différentielle des cultivars de pomme de terre pourrait être traitée objectivement en utilisant la variable fondée sur la composition foliaire plutôt que la classe de maturité.

## Références

- CFIA. 2015. Potato Plants Characteristics, Maturity. [Online] Retrieved from <http://www.inspection.gc.ca/plants/potatoes/characteristics/eng/1326490397702/1326490477981#mature>.
- Hernandes, A., Parent, S.-É., Veillette, J.-P., Parent, P., Leblanc, M., Roy, G., Sylvestre, P., Samson, N., Natale, W., and Parent, L.-É. 2011. Compositional meta-analysis of the nutrient profile of potato cultivars. Proceedings of the 4th International Workshop on Compositional Data Analysis CODAWORK'11, Girona, Spain.
- Saric, M. R. 1983. Theoretical and practical approaches to the genetic specificity of mineral nutrition of plants. *Plant and Soil*, **72(2-3)**, 137-150. doi:10.1007/bf02181954.

# Prélèvement du plomb par le saule cultivé sur un sol calcaire riche en éléments traces métalliques traité avec des amendements acides

BOCAR A. DIALLO, ANTOINE KARAM

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada G1V 0A6  
bocar-allaye.diallo.1@ulaval.ca

**Mots clés :** phytoextraction, contamination, soufre, pollution, acidification

La présence de plomb (Pb) en excès dans les sols est indésirable. La réduction de la quantité de Pb total dans les sols calcaires pollués par des éléments traces métalliques (ÉTM) peut être réalisée par la technique de phytoextraction induite. Un essai cultural a été mené en serre pour examiner l'effet de l'apport de soufre élémentaire ( $S^0$ ) et d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) sur l'accumulation de Pb dans les parties aériennes (feuilles + branches) du saule (*Salix miyabeana*) cultivé sur un sol (pH légèrement alcalin) pollué par des ÉTM, développé sur roche-mère calcaire. À cet effet, plusieurs portions (1 kg) d'échantillons de sol préalablement fertilisés (N-P-K) ont été mélangées avec cinq doses (0; 6,25 g; 12,5 g; 25 g; 50 g) de  $S^0$  puis ont été laissées incubées pendant deux mois à l'air libre. Chaque traitement a été répété trois fois. Une bouture de saule a été implantée dans chaque pot. Au total, sept récoltes des parties aériennes (feuilles + branches) ont été réalisées sur une période de 14 mois et 2 semaines. Après la 5<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> récolte des parties aériennes, les sols amendés avec le  $S^0$  ont reçu plusieurs doses d'une solution  $H_2SO_4$ . Les traitements sont définis comme suit : i) sol sans amendements (T0); ii) sols avec  $S^0$  seul avant les 5 premières récoltes : 6,25 g (S1); 12,5 g (S2); 25 g (S3) et 50 g (S4), et iii) sols après les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> récoltes : S1+ 5 mM  $H_2SO_4$  (S1H1); S2 + 10 mM  $H_2SO_4$  (S2H2); S3 + 20 mM  $H_2SO_4$  (S3H3) et S4 + 40 mM  $H_2SO_4$  (S4H4).

L'apport de  $S^0$  seul (traitements S1 à S4) n'a pas eu un effet marqué ou significatif sur l'accumulation du Pb dans les parties aériennes (feuilles + branches) des 5 premières récoltes de la plante. En effet, les concentrations de Pb dans les parties aériennes issues des traitements S1 à S4 sont demeurées stables, à <1 mg/kg (en deçà de la limite de détection du Pb par fluorescence-X). D'une manière générale, les valeurs des rendements en matière sèche (RMS) des parties aériennes récoltables (feuilles + branches) ont augmenté graduellement avec l'apport de  $S^0$  jusqu'à la 3<sup>e</sup> récolte. Les quantités de RMS de la 3<sup>e</sup> récolte suivaient l'ordre suivant (g de matière sèche/pot): 16,2 (S0) < 31,8 (S1) < 34,2 (S2) < 38,1 (S3), 38,7 (S4). Il existe une très bonne relation linéaire ( $P < 0,001$ ) entre les RMS et les teneurs en S total des parties aériennes de la 2<sup>e</sup> ( $r = 0,803$ ) et la 3<sup>e</sup> récolte ( $r = 0,874$ ). Les RMS des parties aériennes (feuilles + branches) de la 7<sup>e</sup> récolte (g de matière sèche/pot) ont varié de 16,1-16,4 pour S0, S1H1 et S2H2 à 12,1 pour S3H3 et à 3,7 pour S4H4. Les résultats de l'analyse de la variance (à une seule variable) laissent indiquer un effet adverse de l'ajout de fortes quantités de  $H_2SO_4$  sur le développement des parties aériennes de la plante. Le traitement S4H4 a causé un effet toxique chez la plante. Par ailleurs, l'apport de fortes doses de  $H_2SO_4$  aux sols préalablement amendés avec du  $S^0$  a significativement acidifié les sols ( $P < 0,001$ ) et a augmenté considérablement la concentration du Pb dans les parties de la plante. À la 7<sup>e</sup> récolte (fin de l'essai), les valeurs de pH des sols ont suivi l'ordre suivant : 6,99 (S0) > 6,56 (S1H1) > 6,45 (S2H2); > 5,70 (S2H2); > 4,1 (S4H4). Les concentrations moyennes de Pb (7<sup>e</sup> récolte) ont varié de < 1 mg/kg (S0) à 34,3 mg/kg (S4H4) dans les parties aériennes récoltables (feuilles + branches), de 7,0 mg/kg (S0) à 22,4 mg/kg (S4H4) dans les tiges (écorces), et de 64,5 mg/kg (S0) à 383,6 mg/kg (S4H4) dans les racines. En outre, les valeurs de pH des sols étaient négativement corrélées ( $P < 0,001$ ) avec les concentrations de Pb dans les parties aériennes (feuilles + branches) ( $r = -0,945$ ), les tiges ( $r = -0,793$ ) et les racines ( $r = -0,985$ ) du saule.

Ces résultats indiquent qu'une partie du Pb présent dans le sol calcaire peut être mobilisé sous des conditions acides. Le pH du sol joue un rôle important dans le prélèvement et l'accumulation du Pb dans les parties du saule. Toutefois, un pH inférieur à 5,5 a tendance à produire un excès de prélèvement de Pb et d'autres métaux lourds provoquant un effet toxique chez la plante et une baisse considérable des rendements des parties aériennes récoltables. Ceci est à prendre en considération lorsque l'on tente de diminuer la valeur du pH du sol calcaire riche en ÉTM en vue de favoriser le transfert sol-plante du Pb.

# Sorption du cadmium par un sol acide amendé avec de pelures de mangue et de carbonate de calcium

KOROTOUMOU SEYDOU DISSA, ANTOINE KARAM

ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada  
korotoumou-seydou.dissa.1@ulaval.ca

**Mots clés** : chaux, amendement biologique, métal lourd, chimiostabilisation

L'accumulation excessive de cadmium (Cd) dans la solution du sol est indésirable. Le Cd fait partie des métaux lourds ou éléments traces métalliques les plus toxiques pour l'activité biologique du sol et le développement des plantes. Toutefois, l'application d'amendements biologiques et calcaires au sol contaminé peut diminuer la concentration du Cd anthropique présent dans la phase liquide du sol (Karam et Jaouich, 2009; Pion et Karam, 2008; Karam et de Coninck, 2007).

Une expérience a été menée pour examiner l'effet de l'addition de pelures de mangue séchées et broyées (PM) et de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) sur la sorption du Cd par un sol sableux acide. Les traitements consistaient en trois doses de  $\text{CaCO}_3$  (0, 4 et 8 %) et quatre doses de pelures de mangue de couleur rouge (0, 20, 40 et 80 %). La sorption du Cd a été entreprise en équilibrant un gramme de sol séché à l'air avec 20 mL d'une solution 0,01 M  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  contenant 100 mg  $\text{L}^{-1}$  de Cd ( $\text{CdCl}_2$ ) pendant 72 heures à la température de la pièce (22 °C). La concentration du Cd dans les solutions à l'équilibre a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les valeurs de pH des solutions surnageantes ( $\text{pH}_{\text{suspension}}$ ) furent également mesurées. Chaque traitement a été répété 3 fois.

En considérant l'ensemble des données, les quantités moyennes de Cd sorbées ( $\text{Cd}_{\text{sorbé}}$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ont augmenté dans l'ordre suivant : sol non amendé ( $276 \pm 81$ ) < sols amendés avec PM ( $444 \pm 61$ ) < sol amendé avec  $\text{CaCO}_3$  ( $570 \pm 82$ ) < sols amendés avec PM +  $\text{CaCO}_3$  ( $688 \pm 112$ ). L'analyse de variance (ANOVA) a révélé un effet hautement significatif des doses de  $\text{CaCO}_3$  et de PM sur les quantités de  $\text{Cd}_{\text{sorbé}}$ . Toutefois, les doses de  $\text{CaCO}_3$  ont eu un effet prépondérant (valeur de F plus élevée) sur les valeurs de  $\text{Cd}_{\text{sorbé}}$ . D'une manière générale, en l'absence de  $\text{CaCO}_3$ , les doses croissantes de PM ont légèrement diminué les valeurs de  $\text{pH}_{\text{suspension}}$ , de 4,76 (sol sans amendements) à 3,65 (sols traités avec PM). En revanche, en l'absence de PM, les doses croissantes de  $\text{CaCO}_3$  ont légèrement augmenté les valeurs de  $\text{pH}_{\text{suspension}}$ , de 4,76 à 5,80 (sols traités avec  $\text{CaCO}_3$ ). L'interaction  $\text{CaCO}_3 \times \text{PM}$  était significative ( $P < 0,05$ ). Les valeurs de  $\text{pH}_{\text{suspension}}$  étaient positivement corrélées avec les valeurs de  $\text{Cd}_{\text{sorbé}}$  ( $r = 0,497$ ,  $P < 0,01$ ), confirmant ainsi le fait que les amendements calcaires réduisent la concentration des ions  $\text{Cd}^{2+}$  dans la solution du sol. Ces résultats indiquent que l'apport de  $\text{CaCO}_3$  aux pelures de mangue constitue un bon moyen pour rehausser la capacité de sorption du sol acide à l'égard du Cd.

## Références

- Karam A., de Coninck A.S. 2007. Effect of turbot residue amendment on the sorption and desorption of cadmium in an acid loamy sand soil. Proceedings. International symposium on organic matter dynamics in agro-ecosystems. July 16-19, 2007. Poitiers, France. pp. 384-385.
- Karam A., Jaouich A. 2009. Sorption of cadmium by an acid soil amended with compost and copper-mine tailing. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-6380. European Geosciences Union. April 19-24, 2009.
- Pion A.-P., Karam A. 2008. Effet de deux matériaux calcaires résiduels sur la sorption du cadmium par un sol marginal. 22<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS. 3 - 5 juin 2008. Saint-Georges-de-Beauce, Québec, Canada. p. 68.

# Cartographie des profils de vents dans les terres organiques cultivées en Montérégie

CHARLES FRENETTE-VALLIÈRES<sup>1</sup>, JEAN CARON<sup>1</sup>, MICHAËL LEBLANC<sup>1</sup>, DANIEL CAMPBELL<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Faculté des sciences, des génie et d'architecture, Université Laurentienne, Sudbury, ON.  
charles.frenette-vallieres.1@ulaval.ca

**Mots clés :** profils de vents, érosion éolienne, terres organiques, interpolation.

Les sols organiques cultivés sont le résultat d'anciennes tourbières qui ont été drainées pour être cultivées. Ces terres sont très riches en matière organique et offrent une excellente fertilité pour les plantes, permettant une production horticole maraîchère et fruitière. Toutefois, en Montérégie, on constate des pertes annuelles de 2 cm de ces sols, dont la moitié proviendrait de l'érosion éolienne. À ce rythme, les sols organiques cultivés sont voués à s'épuiser en quelques dizaines d'années seulement. La Chaire de recherche industrielle du CRSNG en conservation et en restauration des sols organiques cultivés a été mise sur pied dans le but de lutter contre les processus de dégradation et ainsi assurer la pérennité à long terme des sols organiques cultivés.

Dans le but de bien comprendre l'érosion éolienne, ce projet de maîtrise vise à déterminer le potentiel érosif du vent, soit l'énergie transférée par le vent à la surface du sol. Cette énergie est directionnelle et elle est calculée à partir de mesures de la vitesse et de la direction du vent à différentes hauteurs. Le projet cherchera à répondre aux objectifs suivants : (1) Modéliser les profils de vents pour chacune des stations de mesure; (2) Produire une cartographie des vents à 2 m d'altitude et à 10 m d'altitude; (3) Effectuer une désagrégation cartographique pour relier les données à 2 m d'altitude aux stations publiques à 10 m d'altitude; (4) Cibler les emplacements où le potentiel d'érosivité du vent est le plus élevé.

Afin de répondre aux objectifs, un réseau de stations météo sera installé. Deux stations complètes sur des tours à 10 m d'altitude compléteront les données publiques et disposeront de collecteurs de sédiments permettant de déterminer les seuils critiques pour l'érosion. De plus, 28 stations fixes à 2 m d'altitude seront disposées sur le site d'étude afin de mesurer le vent à une meilleure résolution spatiale. Enfin, 20 stations mobiles seront utilisées afin de vérifier la présence de corridors de vents à plus fine échelle pour certaines parcelles. La cartographie des vents se fera ensuite à l'aide de méthodes géostatistiques d'interpolation spatiale.

Ce projet permettra d'identifier les emplacements où le potentiel érosif du vent représente un risque d'érosion éolienne. La direction des vents les plus problématiques sera aussi identifiée, permettant ainsi aux producteurs d'effectuer des interventions ciblées, telles que l'implantation de haies brise-vent ou l'établissement de cultures de couverture.

# Analyse de la structure relationnelle entre la conductivité hydraulique saturée, la masse volumique apparente et la résistance à l'enfoncement en sol organique cultivé avec présence de couche compacte

CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU, JEAN CARON, JACQUES GALLICHAND  
CHRISTOPHE LIBBRECHT, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada  
cedrick-victoir.guedessou.1@ulaval.ca

**Mots clés :** Sols organiques, Compaction, Conductivité hydraulique saturée (Ksat), Résistance à l'enfoncement (RE), Masse volumique apparente (MVA)

La conductivité hydraulique saturée (Ksat) est l'un des paramètres les plus importants dans un modèle de drainage des sols. C'est la propriété du sol qui reflète le mieux le rythme de l'écoulement de l'eau vers les drains. Cependant, c'est une variable dont la collecte peut être complexe à effectuer (Patil et Singh 2016). Plusieurs études en sol minéral ont montré qu'elle peut être prédite à partir des propriétés physiques du sol telles que la masse volumique apparente (MVA) et la résistance à l'enfoncement (RE) qui sont des variables plus aisées à mesurer (Schaap et al. 1998). En sols organiques, cette relation n'a pas encore été établie et constitue l'objectif de la présente étude.

Ces investigations sont pertinentes en raison de la vaste portée de l'étude. Au niveau scientifique, la contribution principale est la relation Ksat-RE-MVA pour les sols organiques cultivés sujets à la compaction. Pour les fermes partenaires cela se traduit en une grande autonomie dans l'évaluation de l'état du drainage des terres à partir d'une simple mesure de la RE. Le potentiel en surface de terre agricole est de 350 millions d'hectares dans le monde et de 12000 hectares au Québec (Dessureault-Rompré et al., 2018).

Le site du projet se situe en Montérégie au sud-ouest du Québec et est constitué de sols organiques à forte capacité productive. Les données utilisées ont été collectées sur un transect de 883 m distribué en 100 points, correspondant à des pas de 8,9 m. Les variables mesurées sont la conductivité hydraulique saturée (Ksat), la résistance à l'enfoncement (RE) et la masse volumique apparente (MVA). La RE a été mesurée avec un pénétromètre à cône de Eijkelkamp. La méthode de mesure de la Ksat et de la MVA est indiquée dans Reynolds (2008). Plusieurs approches statistiques et géostatistiques, dont les régressions simple et multiple, le random forest, le variogramme croisé, l'analyse spectrale et l'analyse en ondelettes, ont été explorées pour investiguer la relation entre les trois variables. La communication actuelle concerne les résultats issus des analyses spectrale et en ondelettes.

Au niveau actuel des travaux, aucune relation exploitable n'est trouvée. Concernant l'analyse spectrale, les spectres croisés entre la Ksat et la RE montrent l'existence de poches de relation entre les deux variables notamment pour des décalages du spectre croisé de 3, 4, -4 et -6. Il en est de même pour l'analyse en ondelettes. On note des poches de relations Ksat-RE pour des échelles d'observation entre 8 et 32 et une distance entre 0 et 20 pas. Les relations observées n'étant pas uniformes à l'ensemble du jeu de données, elles ne peuvent pas être exploitées pour la prédiction de Ksat pour toute l'étendue des valeurs de RE. En outre elles peuvent être dues à des artefacts. On peut conclure, pour l'instant, que Ksat doit être mesurée sur le terrain pour les besoins de modélisation du drainage.

## Références

- Dessureault-Rompré, Jacynthe, Laura Thériault, Cédric-Victor Guedessou, et Jean Caron. 2018. « Strength and Permeability of Cultivated Histosols Characterized by Differing Degrees of Decomposition ». *Vadose Zone Journal* 17 (1). <https://doi.org/10.2136/vzj2017.08.0156>.
- Patil, Nitin Gorakh, et Surendra Kumar Singh. 2016. « Pedotransfer Functions for Estimating Soil Hydraulic Properties: A Review ». *Pedosphere* 26 (4): 417-30. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60054-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60054-6).
- Schaap, Marcel G., Feike J. Leij, Van Genuchten, et Martinus Th. 1998. « Neural Network Analysis for Hierarchical Prediction of Soil Hydraulic Properties ». *Soil Science Society of America Journal* 62 (4): 847-55. <https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200040001x>.

# Synergie des spores sur la production d'hyphes chez *Rhizophagus irregularis*

CHANTAL HAMEL<sup>1,2</sup>, RÉGINALD DOMINGO-BAH<sup>1</sup>, LOBNA ABDELLATIF<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AAC, CRDQ, Swift Current, SK;

<sup>2</sup> AAC, CRDSC, Québec, QC

[chantal.hamel@canada.ca](mailto:chantal.hamel@canada.ca)

**Introduction.** Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) améliorent la nutrition et la résilience de la plupart des plantes, mais leur culture difficile est un problème en recherche et le développement [1]. Ce travail rapporte l'observation fortuite d'une synergie des spores sur la croissance du CMA modèle *Rhizophagus irregularis* DAOM197198 au cours de recherches sur la culture axénique de ce CMA.

**Méthodologie.** Des spores de *R. irregularis* DAOM197198 ont été placées en nombres aléatoires sur des plaques de milieu M [2] contenant, à molarité égale, soit du glucose, du sucrose, un mélange sucrose-glucose, de sucrose-glucose-xylose, de sucrose-xylose, ou du xylose, ou aucun sucre. Les traitements furent répétés quatre fois. Les cultures axéniques furent incubées dans le noir à 24 °C pendant trois mois avant de noter sous la loupe à 40× binoculaire (Walter QZA, Windsor ON, Canada) la longueur des hyphes produites et la présence ou l'absence de connexions entre les spores. Dans un autre essai, 10 spores du même CMA ont été placées axéniquement dans 2 mL de milieu IH [3] liquide, en lames de culture Falcon™ (Corning, Tewksbury, MA, USA). Après huit semaines, d'incubation dans le noir à 24 °C, les spores maintenant interconnectées furent photographiées sous microscope inverse, à 40× (Carl Zeiss Axiovert 40 CFL, Oberkochen, Germany).

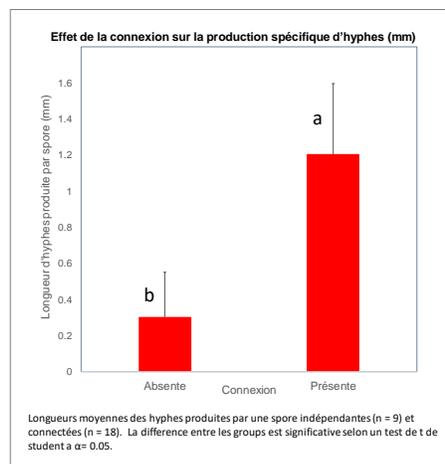
**Résultats.** La relation entre le nombre de spores et la longueur des hyphes produites n'était pas significative ( $P = 0,4733$ , analyse de régression), mais l'effet de connexion des spores était significatif ( $P = 0,0402$ , test de t de Student). La longueur des hyphes produites par spore interconnectée était quatre fois plus grande que celle produite par spore indépendante (Figure).

**Discussion.** L'union de différents ensembles de noyaux qui se produit lorsque des spores se connectent pourrait améliorer la génétique du thalle qui en résulte. Cette meilleure génétique expliquerait l'effet synergique de l'interconnexion des spores sur la production d'hyphes observée. En effet, le thalle de *R. irregularis* est coénocitaire et multi nucléé, et la reproduction de ce champignon est normalement clonale [4]. Certains isolats de *R. irregularis* sont dikaryotiques et possèdent deux types de noyaux qui peuvent être hérités en proportion inégale en cultures monosporales. Les différences de traits et de fonctions de lignées monosporales d'un isolat de *R. irregularis* ont été attribuées à la proportion différente des deux types de noyaux dans ces lignées [5].

**Conclusion.** La culture monosporale de *R. irregularis* DAOM197198 n'est pas recommandable.

## References

1. Koide, R.T. and B. Mosse. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*. **14**(3): 145-163.
2. Bécard, G. and J.A. Fortin. 1988. Early events of vesicular–arbuscular mycorrhiza formation on Ri T-DNA transformed roots. *New Phytologist*. **108**(2): 211-218.
3. Ishii, T. and S. Horii. 2014. The role and use of mycorrhizal fungi. Noyoama: Noyama Fishing Village Cultural Association. 107 p.
4. Savary, R., et al., 2017. A population genomics approach shows widespread geographical distribution of cryptic genomic forms of the symbiotic fungus *Rhizophagus irregularis*. *The ISME Journal* **1291**: 17-30.
5. Masclaux, F.G., et al., 2018. Variation in allele frequencies at the bg112 locus reveals unequal inheritance of nuclei in a dikaryotic isolate of the fungus *Rhizophagus irregularis*. *Mycorrhiza* **28**(4): 369-377.



# Effets de la préparation mécanique du sol sur la disponibilité du microsite et sur la croissance d'épinette noire plantée dans les forêts paludifiées du Canada

MOHAMMED HENNEB<sup>1</sup>, OSVALDO VALERIA<sup>1\*</sup>, NELSON THIFFAULT<sup>2</sup>, NICOLE J. FENTON<sup>1</sup>, YVES BERGERON<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Industrial chair in sustainable forest management-Institut de recherche sur les forêts 445 boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec), J9X 5E4, Canada.

<sup>2</sup> Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre canadien sur la fibre de bois, 1055 rue du PEPS, P.O. Box 10380, Sainte-Foy, QC G1V 4C7, Canada  
Osvaldo.valeria@uqat.ca

**Mots clés :** préparation mécanique du sol; microsite; reboisement; productivité; concurrence

La faible productivité causée par la paludification dans certaines parties de la forêt boréale dominée par l'épinette noire fermée (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P) menace le maintien de services écosystémiques, notamment la production de fibre de bois. L'accumulation, au fil du temps, de matière organique dans les sols paludifiés crée un environnement anaérobie qui réduit l'activité microbienne, ralentit la décomposition de la matière organique et génère des microsites pauvres en nutriments pour la régénération. Par conséquent, il en résulte des impacts importants sur la productivité du site. Considérant sa capacité à perturber le sol, la préparation mécanique du sol (PMS) est considérée comme un traitement potentiel pouvant aider à rétablir la productivité des sites paludifiés après la récolte. Nous avons mené une expérience sur le terrain pour vérifier si 1) la disponibilité de microsites propices au succès du reboisement variait en fonction du type de traitement PMS, de la microtopographie ou épaisseur initiale de la couche organique; 2) la croissance des plants plantés (3<sup>e</sup> saison de croissance) dépend de l'ampleur des perturbations mécaniques de la couche organique, du type de microsite, de la densité de plantation, de la présence d'éricacées ou de la position et de la profondeur de plantation; et 3) la PMS et le type de microsite exposé affectent la couverture des éricacées après la plantation. Nos résultats ont confirmé que la PMS est efficace pour établir une cohorte de régénération productive sur ces sites paludifiés. Pour que les plantations soient bien implantées sur ces sites, il est toutefois nécessaire de distinguer celles qui sont légèrement ou modérément paludifiées de celles qui sont très paludifiées, car l'efficacité du traitement de différents types de PMS dépend de l'épaisseur de la couche organique. Nos résultats montrent également que la préférence devrait être donnée à certains types de microsites tels que les microsites d'argile et de substrats mixtes pour la plantation, afin de garantir une disponibilité suffisante d'eau et de nutriments pour les semis.

# Nitrogen use efficiency and yield of silage corn as influenced by municipal biosolids in a temperate agricultural soil

NASEER HUSSAIN<sup>1</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>1</sup>, MICHAEL Y. BOH<sup>2</sup>, OSBORNE G. CLARK<sup>2</sup>,  
PIERRE DUTILLEUL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> McGill University, Department of Natural Resource Sciences,

<sup>2</sup> McGill University, Department of Bioresource Engineering,

<sup>3</sup> McGill University, Department of Plant Science,

Macdonald Campus, 21,111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada

naseer.hussain@mail.mcgill.ca

**Mots clés :** Nitrogen use efficiency, lime stabilization, composted biosolids, corn production.

## Introduction

Municipalities across North America generate millions of tonnes of biosolids from their wastewater treatment facilities each year. After sanitation and stabilization through anaerobic digestion, composting or lime treatment, biosolids can be applied to agricultural land. Biosolids are rich in nitrogen (N) and may increase soil fertility, however the N forms and availability to crops may vary among biosolid types, affecting the crop yield and nutrient use efficiency. The objective of this study was to determine the N fertilizer value of treated wastewater biosolids for silage corn, based on the silage yield and agronomic nitrogen use efficiency.

## Methodology

Biosolids were obtained after liquid mesophilic anaerobic digestion, composting and lime stabilization, and were applied alone or in 50:50 mixture with urea fertilizer to supply 120 kg N ha<sup>-1</sup> to silage corn. Biosolids and urea were applied to the soil surface prior to corn planting, and either left on the surface or incorporated with a cultivator. A fertilized control (urea alone) and an unfertilized control were included, for a total of 15 treatments all tried in each of 4 blocks. Silage corn yield and N content were assessed at physiological maturity.

## Results

The 100 % lime stabilized biosolid treatment produced the highest yield, which was 87 % greater than the silage yield in the unfertilized control. In terms of agronomic nitrogen use efficiency, lime stabilized treatments yielded 67 kg silage dry matter kg<sup>-1</sup> N followed by mesophilic anaerobic digested (38 kg silage dry matter kg<sup>-1</sup> N) and composted (30 kg silage dry matter kg<sup>-1</sup> N) biosolids. There was no difference in yield or nitrogen uptake between the surface-applied and incorporated biosolids.

## Conclusion

There is potential to use biosolids from wastewater treatment facilities as an N fertilizer source for silage corn production in Québec.

# Sorption du zinc dans un sol acide amendé avec des pelures de mandarine calcinées et de la bentonite calcique

FATOU YOUSOUF KONE, ANTOINE KARAM

ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, Canada  
fatou-youssouf.kone.1@ulaval.ca

**Mots clés** : argile, phyllosilicate, bioamendement, élément trace métallique, chimiostabilisation

À des concentrations excessives, le zinc (Zn), un oligo-élément bénéfique pour la croissance et le développement des plantes, peut se retrouver dans la chaîne alimentaire. L'application de biomatériaux (Ali et al., 2017; Annadural et al., 2003) ou de géomatériaux (Iskander et al., 2011; Karam et al., 2009) adsorbants peut s'avérer une façon rapide et efficace pour la réduction de la concentration du métal lourd sous forme soluble dans le sol (Karam et al., 1983).

Une expérience a été menée pour examiner l'effet de l'addition de pelures de mandarine calcinées séchées et broyées (MC) et de bentonite calcique (BC) sur la sorption du Zn par un sol sableux acide. Les traitements consistaient en quatre doses de BC (0, 5 %; 10 %; 20 %) et quatre doses de MC (0, 12,5 %; 25 %; 50 %). La sorption du Zn a été entreprise en équilibrant deux grammes de sol séché à l'air avec 25 mL d'une solution 0,01 M CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O contenant 100 mg L<sup>-1</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) pendant 96 heures à la température de la pièce (22 °C). La concentration du Zn dans les solutions à l'équilibre a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les valeurs de pH des solutions surnageantes (pH<sub>suspension</sub>) furent également mesurées. Chaque traitement a été répété 3 fois.

En considérant l'ensemble des données, les quantités moyennes de Zn sorbées (Zn<sub>sorbé</sub>) (mg kg<sup>-1</sup>) ont augmenté dans l'ordre suivant : sol non amendé (37±2) < sol amendé avec BC (378±169) < sols amendés avec MC (539±144) < sols amendés avec MC + BC (646±158). L'analyse de variance (ANOVA) a révélé un effet très hautement significatif ( $P < 0,001$ ) des doses de MC et de BC sur les quantités de Zn<sub>sorbé</sub>. Toutefois, les doses de MC ont eu un effet prépondérant (valeur de F plus élevée) sur les valeurs de Zn<sub>sorbé</sub>.

D'une manière générale, en l'absence de BC, les doses croissantes de MC ont considérablement augmenté les valeurs moyennes de pH<sub>suspension</sub>, de 5,03 (sol sans amendements) à 8,33 (sols traités avec MC). Par ailleurs, en l'absence de MC, les doses croissantes de BC ont augmenté les valeurs moyennes de pH<sub>suspension</sub>, de 5,03 à 6,91 (sols traités avec BC). L'interaction MC x BC était très hautement significative ( $P < 0,001$ ). Les valeurs de pH<sub>suspension</sub> étaient positivement corrélées avec les valeurs de Zn<sub>sorbé</sub> ( $r = 0,854$ ,  $P < 0,001$ ).

Les résultats montrent un grand potentiel pour l'utilisation d'un matériau composé de pelures de mandarine calcinées et de bentonite calcique en tant qu'adsorbant capable de neutraliser l'acidité du sol et de réduire significativement la concentration du métal lourd présent dans la solution du sol.

## Références

- Ali M.H.H., Abdel-Satar A.M. 2017. Removal of some heavy metals from aqueous solutions using natural wastes orange peel activated carbon. *IJRDO- Journal of Applied Science*, **3**, 13-30.
- Annadural G., Juang R.S., Lee D.J. 2003. Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. *Water Science and Technology*, **47**, 185-190.
- Iskander A.L., Khald E.M., Sheta A.S. 2011. Zinc and manganese sorption behavior by natural zeolite and bentonite. *Annals of Agricultural Sciences*, **56**, 43-48.
- Karam A., Cescas M.P., Ledoux R. 1983. Specific zinc sorption by some gleysolic C horizons in Quebec soils, Canada. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **14**, 785-801.
- Karam A., Jaouich A., De Coninck A.S., Kawa R. 2009. Effect of bentonite loading to limed sulfide mine tailing on copper sorption from aqueous solution. 14<sup>th</sup> International Clay Conference. June 14 - 20, 2009. Castellaneta Marina, Italy. *Micro et Nano: Scientae Mare Magnum*, vol. 2, p. 383.

# Sorption du nickel dans un sol sableux amendé avec des coquilles d'œufs de poules et de la bentonite calcique

NICOLAS MARTIN<sup>1,2</sup>, ANTOINE KARAM<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Observatoire des sciences et de l'univers, 38 Rue Frédéric Joliot Curie, 13013 Marseille, France

nicolasmartin468@gmail.com

**Mots clés** : argile, décontamination, amendement, métaux lourds, éléments traces métalliques

Grâce à leur teneur élevée en carbonate de calcium, les coquilles d'œufs de poule (COP) possèdent une capacité de neutralisation du pH de sols et de résidus miniers acides (Kastyuchik et al., 2017; Ergüler, 2015) ainsi qu'une capacité de sorption d'éléments traces métalliques (ÉTM) ayant un impact sur la qualité de l'environnement (Krsitianto et al., 2019 ; Nduwayezu et al., 2013). Ces deux aspects de ce sous-produit de l'industrie agroalimentaire sont intéressants dans la sorption du nickel (Ni) des solutions de sols contaminés. L'objectif de cette expérience est de déterminer l'effet de l'application de COP préalablement séchées et broyées (doses de COP : 10, 20 et 30 %) et de bentonite calcique commerciale (BC) (rapports COP:BC = 1:1, 1:2 et 2 :1) sur la sorption de Ni dans un sol sableux acide. La sorption du Ni a été entreprise en équilibrant un gramme de sol séché à l'air avec 30 mL d'une solution 0,01 M CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O contenant 100 mg L<sup>-1</sup> de Ni (NiCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) pendant 72 heures à la température de la pièce (22 °C). Après centrifugation et filtration, les solutions ont été décantées et le Ni déterminé par spectrophotométrie d'absorption atomique. Le pH des solutions surnageantes fut également mesuré. Chaque traitement a été répété 3 fois.

L'application de COP a augmenté la capacité du sol à sorber le Ni. Les quantités de Ni sorbées ont varié de 111,7 mg kg<sup>-1</sup> (sol sans traitement) à 242,4-519,9 mg kg<sup>-1</sup> (sols amendés). Les doses croissantes de COP ont également augmenté les valeurs de pH des suspensions des sols à l'équilibre de 5,29 (sol sans traitement) à 6,99-7,12 (sols amendés avec COP). L'ajout de BC aux COP a permis une sorption de Ni considérablement plus élevée, variant entre 696,6 et 1450,8 mg kg<sup>-1</sup>, soit 23 % et 36 % du Ni total, respectivement. Par ailleurs, l'ajout de l'argile au sol a augmenté le pH des suspensions de sols jusqu'à 6,97-7,22. Les résultats obtenus ont démontré une augmentation considérable de la sorption du Ni avec l'ajout d'une quantité suffisante de matière carbonatée (COP) en présence d'une argile ayant une grande surface spécifique et une capacité d'échange cationique très élevée. Dans le cas d'un traitement de stabilisation chimique *ex-situ*, l'augmentation du pH et du nombre de sites de sorption du sol acide contaminé par l'application d'un mélange de COP et de bentonite calcique accroîtrait considérablement la quantité de Ni éliminée de la solution du sol.

## Références

Ergüler G.K. 2015. Investigation the applicability of eggshell for the treatment of a contaminated mining site. *Minerals Engineering*, **76**, 10-19.

Kastyuchik A., Karam A., Aider M. 2017. The effect of electro-activation and eggshell powder on the neutralization of acid mine drainage. *Journal of Sustainable Mining*. Open access.

Kristianto H., Daulay N., Arie A.A. 2019. Adsorption of Ni(II) ion onto calcined eggshells: A study of equilibrium adsorption isotherm. *Indonesian Journal of Chemistry*, **19**, 143.

Nduwayezu I., Jaouich A., Karam A. 2013. Immobilisation du plomb contenu dans une solution aqueuse par un sol sablonneux enrichi par des amendements. *Vecteur Environnement*, **46**, 78-85.

# Effet des tailles et des doses d'amendement en biomasse sur la culture de l'épinard et l'aération d'un sol organique affaissé

MATHIEU RÉMY, JEAN CARON, JOSÉE FORTIN

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.  
mathieu.remy.1@ulaval.ca

**Mots clés :** sols organiques, biomasse, gaz

**Mise en contexte et problématique :** La région du sud-ouest de Montréal possède le plus grand bassin de terre noire de la province de Québec. Ces sols, composés à plus de 85 % de matière organique, sont essentiellement cultivés pour la production maraîchère. L'exploitation de ces sols entraîne l'affaissement de ceux-ci. Ce phénomène est causé par l'oxydation du matériel organique, la compaction due au travail de sol, l'abaissement du niveau des nappes phréatiques, etc. La densification de la matrice de sol entraîne une perte de la diffusivité des gaz contenus dans le sol ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , etc.) avec l'atmosphère. Ceci résulte en une diminution du taux d'oxygène contenu dans le sol et se traduit par des pertes de rendement (Mathur et al., 1980).

**Hypothèse :** L'apport de biomasse fragmentée pourrait contribuer à restructurer les sols organiques affaissés et ainsi augmenter la diffusion des gaz avec l'atmosphère.

**Méthodologie :** Des échantillons des sols affaissés sont amendés avec des biomasses de deux provenances différentes : saule (*Salix miyabeana*) et miscanthus (*Miscanthus giganteus*). Différentes doses d'utilisation (15 et 30 t/ha) et différentes tailles de fibre (4) ont été testées. Ces échantillons sont semés en légumes feuilles (épinard et roquette) et des prises de masse fraîche ont été faites sur chacun des traitements afin d'évaluer leur impact sur le rendement.

La capacité d'échange gazeux (sol-atmosphère) est intimement liée aux propriétés physiques du sol. Des TDR (3) et des tensiomètres (2) équipent chaque cylindre de sol. À partir des données provenant de ces équipements, le facteur de tortuosité du sol, la porosité d'air du sol et la diffusion des gaz ont été estimés (Nkongolo et al.1997) pour ainsi déterminer s'il y a une amélioration de la diffusion des gaz par rapport au témoin (sol affaissé non amendé) et si les différences sont associées à la performance de la culture.

**Résultats :** Les travaux ont permis d'observer une diminution des rendements pour la première culture de légumes feuilles (épinards) d'environ 20 % avec l'apport de fragments grossiers. L'expérience se poursuit pour mesurer les niveaux d'aération associés à l'apport de biomasse. Les relations entre l'aération et la croissance et d'autres paramètres du sol seront présentées.

# Effet du traitement des lisiers de porc sur la valeur fertilisante chez le blé

ISABELLE ROYER<sup>1</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>1</sup>, GUYLAINE TALBOT<sup>2</sup>, MIREILLE THÉRIAULT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement (CRD) de Québec, 2560 boulevard Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3

<sup>2</sup>Agriculture et agroalimentaire Canada, CRD de Sherbrooke, 2000 rue College, Sherbrooke, QC, J1M 0C8  
isabelle.royer@canada.ca

**Introduction.** Il est primordial de limiter les pertes d’N qui peuvent survenir lors de l’entreposage et de l’application des lisiers afin d’en préserver la valeur fertilisante, tout en minimisant les répercussions néfastes sur l’environnement. Par ailleurs, leur utilisation pour combler le besoin azoté peut entraîner une surcharge en d’autres éléments comme le P. Les doses de P permises étant maintenant réglementées, il est parfois nécessaire d’exporter d’importants volumes de lisiers en dehors des sites d’élevage. Pour pallier ces inconvénients, il est possible d’avoir recours à certains traitements du lisier tels que l’acidification (Kai et al. 2008), la séparation mécanique (Masse et al. 2007) et l’osmose inverse (Masse et al. 2014). L’objectif de cette étude était de déterminer les effets des traitements du lisier sur sa valeur fertilisante chez le blé.

**Méthodologie.** À l’hiver 2019, un essai de blé a été mené en environnement contrôlé au CRD de Québec. Au total, sept traitements ont été testés sur deux types de sols (sable et argile). Les six premiers traitements étaient constitués des fractions de lisier brut, solide et liquide, chacune étant non acidifiée ou acidifiée à pH 5,5. Le dernier traitement était composé de la fraction liquide acidifiée et concentrée grâce à un procédé d’osmose inverse. Les lisiers ont tous été appliqués sur une base d’N total équivalente à 120 kg N ha<sup>-1</sup> constituant ainsi le témoin.

**Résultats.** De manière générale, les traitements de lisier ont produit une biomasse plus faible que le témoin (Tableau 1), à l’exception des fractions liquides dans le sable. Sans surprise, la fraction solide a causé les plus faibles rendements dans les deux types de sols. Dans le sable, la biomasse a été plus importante pour la fraction liquide comparée au lisier brut, tandis que dans l’argile, ces deux fractions ont donné une quantité de biomasse équivalente. Enfin, la fraction liquide acidifiée et concentrée par osmose inverse a produit une biomasse végétale comparable à la fraction liquide non acidifiée, avec seulement la moitié du volume appliquée.

**Conclusion.** La séparation de la fraction liquide du lisier et/ou sa concentration par osmose inverse permettent d’augmenter sa valeur fertilisante comparativement au lisier brut dans un sol où le P n’est pas limitant. Les analyses subséquentes permettront de clarifier les effets de l’acidification sur le rendement.

## Références.

Kai, P., et al. 2008. A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy*, **28(2)**, 148-154.

Masse, L., et al. 2007. The use of membranes for the treatment of manure: a critical literature review. *Biosystems Engineering*, **98(4)**, 371-380.

Masse, L., et al. 2014. Fouling of reverse osmosis membranes processing swine wastewater pretreated by mechanical separation and aerobic biofiltration. *Separation Science and Technology*, **49(9)**, 1298-1308.

**Tableau 1. Biomasse sèche des plants de blé soumis à différents traitements de lisier en comparaison avec un témoin minéral**

Fraction	Traitements	Argile	Sable
Brute	Témoin minéral	12,4	11,8
	Non acidifiée (Na)	10,6	10,3
	Acidifiée (a)	10,4	10,6
Liquide	Non acidifiée	10,7	11,1
	Acidifiée	10,1	11,2
	Conc. acidifiée	10,7	11,1
Solide	Non acidifiée	9,7	9,3
	Acidifiée	9,2	9,1
Valeur de P	Erreur type	0,2	0,2
	Na vs a	0,0090	0,4401
	Brute vs Liquide	0,5892	0,0003
	Brute vs Solide	<0,0001	<0,0001
	Liquide vs Solide	0,0002	<0,0001
	Liq. Na vs Conc. a.	1,0000	0,9330
	Dunnett	***	<0,15

Dunnett : Valeur de P maximale du test de Dunnett pour la comparaison du témoin minéral vs chacun.

# Nitrogen 4-R management for grain corn production in Québec

JOANN K. WHALEN, YU JIA, HICHAM BENSLIM

Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus of McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, QC.  
joann.whalen@mcgill.ca

**Mots clés :** urea-based fertilizers; broadcast; side-dress application; injection; surface dribble.

## Introduction

Farmers must increase the use efficiency of nitrogen (N) fertilizers, which is a challenge in the humid temperate agroecosystems of Québec. Nitrogen 4R management practices of IPNI (2012) were developed to meet the challenge of meeting agro-economic goals and minimizing environmental impacts. Nitrogen 4R management practices are expected to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and N losses from agriculture, while enhancing knowledge transfer to farmers and industry. The objectives of this work are (1) to determine if corn yield is improved by 4R management, and (2) to determine if advanced 4R management reduces gaseous N losses to the environment.

## Méthodologie

This study is part of a multi-site comparison of 4R management for grain corn production in Quebec, Ontario and Manitoba. The experimental site is on a sandy-loam soil at the Lods Agronomic Research Center in Ste-Anne-de-Bellevue, QC. The N application rates for grain corn were 0 (unfertilized control), 85, 130, 170 and 255 kg N ha<sup>-1</sup>. These rates were applied in the form of urea, environmentally-smart N and super-U fertilizers, which were broadcast and incorporated prior to corn planting. These rates were also delivered in a split-application, which received 50 kg N ha<sup>-1</sup> of banded urea at planting and the remainder of the N fertilizer at the V6 growth stage in the form of urea-ammonium-nitrate (UAN) solution. The UAN was injected at a depth of 3 cm (shallow) or 7 cm (deep), or dribbled on the soil surface with a 360 Y-drop applicator. Surface dribbling delivered UAN alone or UAN mixed with inhibitors (Agrotain and AgrotainPlus). Gaseous ammonia (NH<sub>3</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions were monitored during the growing season, as well as corn growth parameters. Yield was assessed at physiological maturity and residual soil N were determined in the post-harvest period.

## Résultats

Corn responded to N fertilization, increasing the yield to as much as 15.4 t ha<sup>-1</sup> on a 15.5% moisture basis compared to the unfertilized control (6.7 t ha<sup>-1</sup>). The yield response curve was best described by a linear-plateau model. The greatest yields were achieved with the in-season injection of UAN, compared to the early-season broadcasting and in-season surface dribble methods. There were negligible losses of NH<sub>3</sub> following fertilization, and most of the N<sub>2</sub>O losses occurred within three weeks of N fertilizer application. The UAN applied by surface dribbling was more susceptible to produce N<sub>2</sub>O than the injected UAN, even when UAN was mixed with inhibitors. By the end of the growing season, there was no difference in the residual soil N among fertilizer treatments.

## Conclusions

These results are from the first growing season at one site in Quebec. The study will continue during the 2019 and 2020 growing seasons. The findings will provide evidence for adjusting N rates for profitability and environmental stewardship depending on 4R management intensity. It will also contribute to the development of tools for growers to tune in-season N application rates.

## Références

International Plant Nutrition Institute. (IPNI). 2012. 4R plant nutrition: a manual for improving the management of plant nutrition. North American version. IPNI, Norcross, GA, USA.

# Carbon footprint of alternative crop rotation systems for the North China Plain

YINGXING ZHAO<sup>1,2</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>2</sup>, YUANQUAN CHEN<sup>1</sup>, PENG SU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, No.2 Yuanmingyuan West Road, Haidian District, Beijing, 100193, China

<sup>2</sup> Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9, Canada  
yingxing.zhao@mail.mcgill.ca

**Keyword:** Carbon footprint; Cropping system; Crop Rotation; Food security; North China Plain

## Introduction

Global climate change is affecting agricultural production and human welfare. The carbon footprint of agriculture in the North China Plain will be reduced by lowering greenhouse gas emissions from agricultural fields and indirect emissions, or by increasing net primary production. Crop rotations that can achieve these objectives simultaneously should have the lowest carbon footprint.

## Methodology

Carbon footprint metrics (per unit area, per kg yield and per unit economic output) were calculated for two-year crop rotations established at the Wu Qiao Experimental Station (37°41'N, 116°37'E) of China Agricultural University in Hebei Province, China from October 2016 to September 2018. The control was a traditional rotation that produced two crops per calendar year of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and summer maize (*Zea mays* L.). Treatments were seven alternative crop sequences growing in the first year, followed by winter wheat-summer maize in the second year. Alternative crop sequences were (1) fallow, (2) spring maize alone, (3) winter wheat alone, (4) spring sweet potato (*Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill), (5) spring peanut (*Arachis hypogaea* Linn.), (6) winter wheat-summer peanut, and (7) potato (*Solanum tuberosum* L.) -silage maize (*Zea mays* L.).

## Results

Due to the importance of the carbon removal in grain and soil greenhouse gas emissions, the alternative rotation with fallow had the lowest carbon footprint and all continuously cropped rotations were net sources of greenhouse gases. Winter wheat→ winter wheat-summer maize had 75% to 80% lower carbon footprint (per unit area, per kg yield and per unit economic output) than the traditional winter wheat-summer maize. Alternative rotations had 7% to 39% lower total biomass than the tradition. Fallow, spring maize alone, winter wheat alone growing in the first year had 50%, 26%, 25% lower economic outputs than the tradition, respectively. Other four rotation patterns had 4% to 31% higher economic outputs than the tradition. The best alternative rotation had winter wheat planted in the first year.

## Conclusions

Development of low carbon agriculture requires the conceptualization of alternative crop sequences that can reduce greenhouse gas emissions from the agroecosystem and indirect emissions without compromising food security.

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

---



# Quelles incidences peuvent avoir les mélanges fourragers et la gestion de la paissance sur le stockage du carbone et la biomasse racinaire ?

HIBA BENMOHAMED<sup>1</sup>, VINCENT POIRIER<sup>1</sup>, CAROLE LAFRENIÈRE<sup>1</sup>, JEAN LAFOND<sup>2</sup>, JULIE LAJEUNESSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unité de recherche et développement en agriculture et agroalimentaire, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), 79 rue Côté, Notre-Dame-du-Nord (Québec) J0Z3B0

<sup>2</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, Ferme expérimentale de Normandin, 1468 rue St-Cyrille, Normandin (Québec) G8M 4K3  
Be.hiba@hotmail.fr

**Mots clés :** Systèmes fourragers, traits chimiques des racines, stockage du carbone, stabilité du carbone.

L'Abitibi-Témiscamingue est une région où l'élevage des ruminants et les productions fourragères dominent le paysage agricole. Or, une meilleure gestion des systèmes fourragers pourrait contribuer à réduire les coûts d'alimentation des animaux et atténuer les émissions de GES issues des productions d'élevage. Ce projet a pour objectif d'évaluer dans quelles mesures deux régies de paissance et trois mélanges fourragers complexes influencent les stocks et la stabilité du carbone ainsi que la production de biomasse racinaire dans les horizons superficiels et profonds du sol. Les parcelles expérimentales ont été implantées en 2014 à la ferme d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) à Normandin au Québec sur un sol de type argile lourde (pH = 6,8) selon un plan factoriel complet en tiroir subdivisé une fois (split-plot). Cinq mélanges complexes ont été implantés, mais seulement trois ont été retenus dans le cadre de ce projet. La composition des mélanges retenus est la suivante : M1 = luzerne + brome des prés + fétuque élevée + dactyle + pâturin des prés; M3 = luzerne + fétuque des prés + fléole des prés + alpestris roseau + pâturin des prés; M4 = luzerne + brome des prés + fétuque élevée + alpestris roseau et pâturin des prés. La paissance a été simulée mécaniquement. Les parcelles ont été coupées à chaque fois que la hauteur des plantes atteignait 15 cm pour simuler la paissance en continu et 25 cm pour simuler la paissance en rotation. Deux séries d'échantillons de sols ont été prélevées à 0-20, 20-40 et 40-60 cm de profondeur dans chaque parcelle. La première série d'échantillons de sols a servi à récupérer les racines par flottaison et tamisage à 250 µm afin de déterminer la densité de masse des racines et leur composition chimique. La deuxième série d'échantillons de sol a servi à analyser les stocks et de la stabilité du C du sol grâce à une méthode de fractionnement permettant d'isoler la fraction dense du sol contenant le carbone stable associé aux phases minérales. À ce jour, les résultats montrent que la paissance en rotation contribue à augmenter la teneur en composés solubles contenus dans les racines des plantes retrouvées en surface (0-20 cm). Il en résulte que le carbone de la matière organique du sol est davantage transformé par les microorganismes et stabilisé par interaction avec les phases minérales, tel que révélé par l'analyse de la signature isotopique  $\delta^{13}\text{C}$ . L'utilisation du mélange permet d'accroître les stocks de carbone stable dans l'ensemble du profil de sol. Toutefois, les mélanges et les types de paissance interagissent pour influencer les quantités de C et d'N apportées par les racines des plantes; alors que le mélange M3 performe le mieux sous paissance en continu, c'est plutôt le mélange M4 qui donne les meilleurs résultats sous paissance en rotation. Nos résultats montrent aussi qu'un apport important de racines riches en azote entre 20 et 40 cm de profondeur conduit à une augmentation de la quantité de C stable stockée dans cet horizon du sol. En somme, nos résultats suggèrent que l'utilisation de la paissance en rotation et de certains mélanges fourragers complexes sont des stratégies de gestion des systèmes fourragers ayant le potentiel d'accroître les apports de C et d'N par les racines des plantes et les stocks de carbone stable dans l'ensemble du profil de sol.

# Modélisation de l'évolution de la teneur en eau volumique d'un Technosol dans une mine abandonnée en Abitibi-Témiscamingue

YVES-DADY BOTULA<sup>1</sup>, BRUNO BUSSIÈRE<sup>1,2</sup>, MARIE GUITTONNY<sup>1</sup>, ABDELKABIR MAQSOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Recherche en Mines et Environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Québec, QC

<sup>2</sup> Chaire industrielle CRSNG-UQAT sur la restauration des sites miniers, Québec, QC  
Yves-Dady.BotulaManyala@uqat.ca

**Mots clés :** Technosol, recouvrement monocouche, restauration minière, site minier abandonné.

Le drainage minier acide (DMA) est une des causes de la contamination des sols et des eaux souterraines en Abitibi-Témiscamingue (Québec, Canada). Il représente donc un problème environnemental majeur pour l'industrie minière. Le DMA provient de l'oxydation des minéraux sulfureux dans les résidus miniers accompagnée d'une diminution notable du pH et d'une augmentation de la concentration en métaux lourds dans les eaux de drainage. Le site Manitou à 15 km au Sud-Est de Val-d'Or, est considéré comme l'une des mines les plus polluées au nord du Québec avec des résidus miniers générateurs d'acide couvrant une superficie d'environ 190 ha (MERN, 2019). En 2009, une partie de ce site appelée Parc 2 a été restaurée avec un recouvrement monocouche de 1,2 à 1,8 m d'épaisseur constitué de résidus non générateurs de DMA provenant de la mine Goldex combiné à une nappe phréatique surélevée. Une partie du site a été revégétalisée avec des graminées et des légumineuses. Le but principal de l'approche de restauration choisie est de maintenir un niveau élevé de saturation des résidus Manitou réactifs. Cette saturation en eau permet de limiter l'oxydation des résidus Manitou et ainsi réduire sensiblement la production de DMA. Les matériaux de recouvrement non-générateurs Goldex placés au-dessus des résidus sulfureux Manitou peuvent être classifiés comme un Technosol Spolique étant donné que les propriétés et la pédogenèse de ce sol sont dominées par leur origine industrielle (IUSS Working Group WRB, 2014). La prise en compte des propriétés des matériaux, de la teneur en eau volumique (TEV) et de la colonisation par les plantes de ce Technosol minier est cruciale pour maintenir les résidus à un haut degré de saturation et contrôler la production de DMA sur le long terme. L'un des objectifs poursuivis dans cette recherche est de modéliser la dynamique de la TEV au niveau des parcelles expérimentales établies sur le Parc 2.

En 2016, des données de TEV, de succion, de température du sol et de niveau de la nappe ont été enregistrées sur des parcelles expérimentales instrumentées sur le Parc 2 du site Manitou. Des analyses complémentaires au laboratoire ont été effectuées pour déterminer certaines propriétés (p. ex. courbe de distribution granulométrique) des matériaux Goldex constituant le recouvrement monocouche. Ensuite, l'évolution de la TEV a été modélisée numériquement à l'aide du logiciel SEEP/W (GEO-SLOPE International Ltd., 2017).

En comparant les valeurs de TEV simulées à celles observées, le modèle numérique a démontré sa capacité à simuler de manière adéquate l'évolution de la TEV avec une erreur globale (RMSE) inférieure à la marge d'erreur des sondes de mesures de la TEV c.-à-d.  $RMSE < 0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

## Références

GEOSLOPE International Ltd., 2017. Heat and mass transfer modeling with GeoStudio 2018 (Second Edition). Calgary, Alberta, Canada. Updated January 2018; First Published August 2017.  
IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. Third edition. FAO, Rome. Italy.  
MERN, 2019. Restauration des sites miniers. Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec. En ligne <<http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-sites.jsp>>. Consulté le 26 avril 2019.

# Conservation des sols organiques cultivés : Évolution de la minéralisation en C N P suite à l'apport de biomasses végétales, de cuivre et de lignosulfonate

KAROLANE BOURDON, JOSÉE FORTIN, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ,  
JEAN CARON

Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec, QC  
karolane.bourdon.1@ulaval.ca

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

## Introduction

Les sols organiques cultivés sont reconnus pour leur grande fertilité. Toutefois, leur durée de vie est menacée par une perte de profondeur moyenne de 2 cm par année. Cet amincissement est principalement dû à la décomposition de la matière organique, à l'affaissement lié au drainage et à l'érosion éolienne (Mathur 1981 et Parent et al. 1982). En plus du contrôle de l'érosion éolienne et de la gestion de la nappe phréatique, deux stratégies sont étudiées pour conserver ces sols dans une perspective de maintien des activités horticoles : (1) ralentir la décomposition de la matière organique qui les constitue par l'apport de cuivre ou de lignosulfonate et (2) compenser les pertes de sol par l'apport de biomasses végétales broyées riches en carbone. Puisque ces traitements peuvent réduire la fourniture en azote et en phosphore, la viabilité agricole a d'abord été vérifiée par la quantification des effets sur l'azote minéral et le phosphore Mehlich-III. Ensuite, l'efficacité des traitements à ralentir la décomposition de la matière organique et à compenser les pertes a été étudiée par la mesure des émissions de CO<sub>2</sub>.

## Matériel et méthode

Dans les deux cas, les effets ont été suivis à l'aide d'une incubation en pots dans un dispositif complètement aléatoire sans culture à température, aération et teneur en eau constantes. Pour l'effet sur la disponibilité de l'azote et du phosphore, un sol organique de surface a d'abord été séché et tamisé à 2 mm, amendé de sulfate de cuivre (200 mg Cu/kg) en combinaison ou non avec une dose unique (15 t/ha) de biomasse (miscanthus, sorgho, panic, saule ou bouleau), puis humecté jusqu'à capacité au champ. Pour l'effet sur les émissions de CO<sub>2</sub>, un sol organique de surface a d'abord été séché et tamisé à 2 mm, puis humecté 1 semaine avant d'être amendé de sulfate de cuivre (250 mg Cu/kg), de lignosulfonate de calcium (10 t/ha) ou d'une dose unique (15 t/ha) de biomasse (miscanthus, sorgho, panic, saule, bouleau, biochar ou hortifibre). Dans les deux cas, le dispositif a été complété par des témoins sans amendements.

## Résultats

Le cuivre a eu très peu d'effet sur l'azote et le phosphore comparativement aux biomasses. Son efficacité à ralentir les émissions de CO<sub>2</sub> a aussi été faible comparativement à la réduction de 70 % observée par Mathur (1981).

L'apport de biomasses a causé une immobilisation de 6,5 à 9,5 kg d'azote par tonne de biomasse apportée, portant la teneur en azote à des concentrations de 80 à 40 kg/ha. Puisque la plupart des cultures horticoles sont exigeantes en azote, cette immobilisation peut être un facteur limitant le rendement et la dose de biomasse. L'immobilisation en phosphore causée par les biomasses est beaucoup plus légère, de 0,6 à 1,3 kg de phosphore immobilisé par tonne de biomasse. Puisque les pertes diffuses en phosphore des terres noires peuvent être très élevées, cette immobilisation pourrait être bénéfique pour conserver le phosphore dans la banque de sol sans altérer la fertilité. Les émissions de CO<sub>2</sub> et le bilan carbone ont permis d'anticiper une meilleure efficacité de certaines biomasses à compenser les pertes.

## Conclusion

L'apport de biomasse végétale broyée paraît plus prometteur que l'apport de cuivre et de lignosulfonate puisqu'il permet de compenser efficacement les pertes. Toutefois, la compensation de l'immobilisation en azote est nécessaire à la mise en application de cette technique dans le contexte horticole.

## Références

- Mathur, S. 1981. Proceedings of the organic soils mapping and interpretations workshop. Fredericton, New Brunswick: 139-156.  
Parent, L., and al. 1982. Subsidence and erosion of a Histosol. *S. Sci. Soc. of A. J.* **46(2)**: 404-408.

# Pour ou contre le concept classique d'humification ? – vers un nouveau modèle conceptuel de stabilisation de la matière organique

MARTIN CHANTIGNY

Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, 2560 boulevard Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3  
martin.chantigny@canada.ca

**Mots clés :** acide humique, MEMS, matière organique stable, composés microbiens, complexes organo-minéraux

Il y a maintenant plus de 200 ans que la méthode d'extraction en milieu alcalin est utilisée pour étudier la nature de la matière organique du sol (Achard, 1786). Pourtant, les failles de cette approche ont été régulièrement relevées depuis près de 180 ans (Kleber et Lehmann, 2019). Depuis l'avènement de méthodes d'investigation non destructives, comme la résonance magnétique à l'état solide, ce débat qui semble insoluble atteint son paroxysme (Kleber et Lehmann, 2019; Olk et al., 2019). Le but de cette présentation est de survoler et d'expliquer les diverses évidences accumulées au cours du temps qui invalident (i) la méthode d'extraction alcaline comme moyen d'isoler les acides humiques et (ii) le concept d'humification classique basé sur la néoformation de macromolécules stables. En parallèle, un tour d'horizon des récentes découvertes qui sous-tendent l'émergence du nouveau modèle de stabilisation de la matière organique sera fait. Finalement, quelques exemples seront donnés où les résultats de recherche cadrent mieux dans le contexte de la nouvelle théorie.

La théorie classique de stabilisation de la matière organique se base sur le concept d'humification, qui prétend que les microorganismes sont des médiateurs de la phase initiale de décomposition des macromolécules d'origine végétale, animale et microbienne en sous-unités. Certaines sous-unités (surtout les résidus de lignine riches en carbone cyclique [ex. quinone]) se recombineront en macromolécules (les acides humiques), au hasard de réactions chimiques, menant à la néoformation de composés ayant une résistance intrinsèque à la dégradation, mais également une réactivité chimique propre, comme par exemple une capacité d'échange cationique. À ce jour, le processus de néoformation n'a jamais pu être démontré en conditions naturelles et se limite aux démonstrations *in vitro* sous des conditions extrêmes de température et d'alcalinité. Par opposition, la nouvelle théorie de stabilisation de la matière organique prétend que les macromolécules végétales et animales sont d'abord essentiellement converties en CO<sub>2</sub> et en composés microbiens. Une partie de ces composés microbiens réagissent avec les surfaces minérales pour former des complexes organo-minéraux qui évolueront vers des formes plus fines et plus stables au cours du processus de décomposition. Les composés organiques inclus dans ces complexes stables seraient de nature simple et donc potentiellement biodégradable. La nouvelle théorie attribue ainsi la stabilité de la matière organique à une protection physique conférée par les minéraux associés, plutôt qu'à une résistance (bio)chimique acquise par la néoformation. De plus, la nouvelle théorie confère aux microorganismes du sol un rôle prépondérant non seulement au cours de la phase de décomposition mais également tout au long des étapes de stabilisation.

Le processus de stabilisation de la matière organique dans le sol débiterait dès que des agrégats commencent à se former en réponse à un apport de matière organique fraîche et à la croissance microbienne qui s'ensuit. De plus, les composés labiles des matières organiques fraîches seraient plus à même de générer des complexes organo-minéraux stables que les composés récalcitrants, comme la lignine, qui seraient plutôt lentement minéralisés sans vraiment participer à la formation de complexes stables. Cette nouvelle théorie explique mieux que les sols organiques se dégradent lorsqu'on les draine et les met en culture. Elle colle mieux aussi avec le fait que le taux de matière organique augmente rapidement et significativement lorsque les cultures pérennes ou des engrais verts sont intégrés à la rotation, alors qu'elles apportent peu de matière organique lignifiée au sol.

## Références

- Achard, F.K. 1786. Chemische untersuchung des torfs. *Crell's Chemical Annals* **2**:391-403.
- Kleber, M., et J. Lehmann. 2019. Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic systems. *Journal of Environmental Quality* **48**:207-216.
- Olk, D.C., et al. 2019. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters. *Journal of Environmental Quality* **48**:217-232.

## **Modèle de fertilisation NPK localisé pour la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) au Québec**

ZONLEHOA COULIBALI<sup>1</sup>, SERGE-ÉTIENNE PARENT<sup>1</sup>, ATHYNA N. CAMBOURIS<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> AAC, CRDQ, Québec, QC

zonlehoua.coulibali.1@ulaval.ca

Mots clés : Fertilisation de précision, Machine learning, processus gaussien, dose économique optimale

Généralement, la dose économique optimale (DÉO) de fertilisant est déterminée pour un élément à la fois, en ajustant un modèle statistique liant un indicateur de performance (souvent le rendement) à une dose de fertilisant. Le choix du modèle, pourtant déterminant, ne relève cependant pas de critère établi. De même, il arrive que le modèle sélectionné ne corresponde pas aux données. L'objectif de ce projet est de proposer de nouveaux outils basés sur les techniques d'apprentissage dans la prédiction du rendement, du poids spécifique et des DÉO à la fois de l'azote, du phosphore et du potassium en culture de pomme de terre. Les prédictions sont obtenues à partir d'une base de données de 412 essais de fertilisations menés au Québec entre 1958 et 2017, comprenant des variables de propriétés pédologiques, de qualité des sols, de pratiques culturales, de conditions météorologiques locales et de cultivars de pomme de terre. En particulier, les cultivars ont été classés en groupe d'ionomes foliaires, une catégorisation qui a été comparée aux classes de maturité. Les techniques des  $k$  plus proches voisins (KNN), des forêts aléatoires (RF), des réseaux de neurones artificiels (RN) et des processus gaussiens (PG) ont été comparées. Les données ont été aléatoirement séparées en données d'entraînement et de test selon les blocs des dispositifs expérimentaux. La performance des modèles est évaluée sur les données test. Au stade actuel de l'analyse, les PG présentent le  $R^2$  le plus élevé (0,6) dans l'ajustement du rendement vendable total. Avec le rendement des tubercules de calibre moyen, le RF, les RN et les PG ont un  $R^2$  similaire (0,7). Les PG présentent le  $R^2$  le plus élevé (0,7) avec le poids spécifique des tubercules. Les PG qui permettent une prédiction lisse et probabiliste pourraient avantageusement être utilisés pour apprécier l'incertitude de la performance, et conséquemment l'incertitude de la DÉO afin de déterminer une fertilisation de précision.

# Impact du travail de sol sur l'arrière-effet azoté associé aux apports répétés d'effluents d'élevage en fonction du type de sol

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

<sup>1</sup> Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, 2560 boulevard Hochelaga, Québec, QC, G1V 0A6

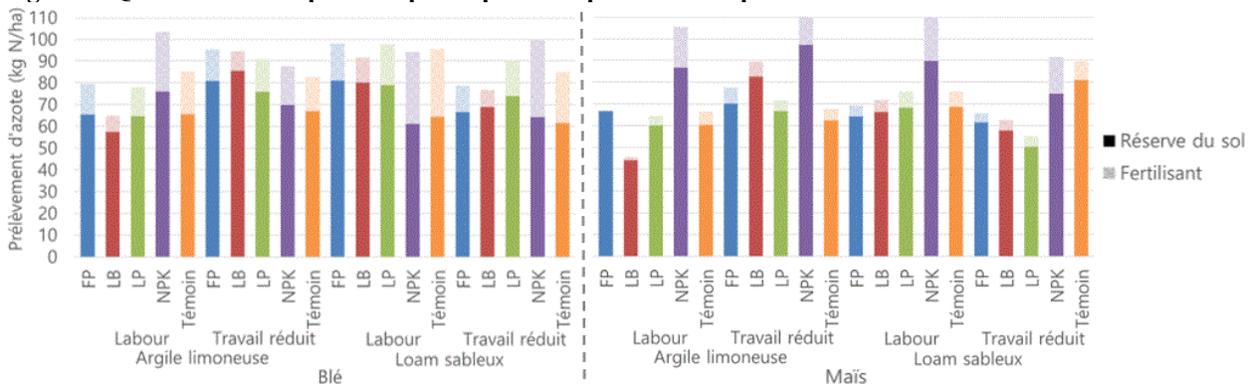
<sup>2</sup> Université Laval, Département de phytole, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 2J3  
cindy.denoncourt.1@ulaval.ca

**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 qui jumellent les productions animales et végétales pour fertiliser les cultures. Alors qu'une partie de l'azote 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. Lorsque les apports d'effluents d'élevage sont répétés sur plusieurs années, la capacité de la réserve du sol à fournir de l'azote augmente graduellement (arrière-effet). L'objectif du projet était de comparer le devenir de l'azote dans le système sol-plante et de quantifier l'arrière-effet azoté associé aux apports répétés de fumier solide de poulet (FP), de lisier de porc (LP), de lisier de bovin laitier (LB) et d'engrais minéral (NPK, PK) en interaction avec la texture et le travail du sol sous les conditions climatiques fraîches et humides de l'est du Canada. Une expérience factorielle en tiroirs établie en 2009 sur deux types de sols [loam sableux (LS) de la série Neuville et argile limoneuse (AL) de la série Tilly] sous une rotation blé-maïs-soya a été utilisée pour ce projet. Le travail de sol [labour, travail réduit] était le facteur principal, alors que la source de fertilisant (NPK, PK, FP, LB, LP) était le sous-facteur. Des techniques d'enrichissement et de traçage isotopique à l'azote-15 ont permis d'établir au champ le devenir de l'azote des effluents d'élevage dans le système sol-plante et de distinguer la contribution de l'apport de l'année de celle des apports passés pour la nutrition du blé (2016) et du maïs (2017).

L'utilisation de l'azote des engrais minéraux par le blé et le maïs a été généralement meilleure ou comparable aux effluents, alors que la rétention dans le sol était meilleure avec les effluents d'élevage pour les deux cultures. Cela suggère que les effluents d'élevage contribuent davantage au développement d'un arrière-effet par rapport aux engrais minéraux. Un arrière-effet des effluents d'élevage a été décelé dans le LS labouré (FP, LB et LP) et dans l'AL en travail réduit (LB) dans le blé alors que dans ces conditions, les sols ayant un historique de fertilisation avec les effluents ont fourni plus d'azote au blé que les mêmes sols sous fertilisation minérale. Au contraire, la contribution du sol a été supérieure avec la fertilisation minérale (NPK) avec le blé dans l'AL labourée, ainsi que dans tous les scénarios de fertilisation avec le maïs. L'utilisation d'engrais minéral, dont l'azote est très disponible dès l'application, pourrait avoir accéléré la minéralisation de la matière organique du sol et de son azote. Aucune différence n'a été détectée entre les sources d'azote pour le blé dans le LS en travail réduit. Le travail de sol a aussi modulé la proportion d'azote dérivée de la réserve du sol prélevée par le maïs : la contribution du sol a été supérieure dans le LS labouré et dans l'AL en travail réduit. Nos résultats indiquent qu'après 5 à 6 années de fertilisation, un arrière-effet se développe sous certaines conditions et qu'il est modulé selon l'intensité du travail de sol et de la texture du sol.

**Figure 1. Quantité d'azote prélevée par la plante et portion de ce prélèvement dérivée de la réserve du sol**



# Évolution des propriétés de stabilité de trois types de résidus de biomasses végétales enfouis en sol organique

JACYNTHÉ DESSUREAULT-ROMPRÉ, JEAN CARON

Département des sols et de génie agroalimentaire, Pavillon Envirotron, Université Laval, Québec.  
jacynthe.dessureault-rompre.1@ulaval.ca

**Mots clés : Sorgho, Miscanthus, Saule, lignine, rapport C/N**

## Introduction

Les sols organiques de la Montérégie Ouest comptent 5000 ha en production maraîchère de champs. Ces sols très productifs se dégradent toutefois rapidement par rapport aux sols minéraux. Les causes de la dégradation accélérée de ces sols sont l'érosion éolienne, l'oxydation de la matière organique et l'affaissement du sol. Le nouveau programme de Chaire de recherche industrielle en conservation et restauration des sols organiques cultivés s'attaquera à ces causes de perte de sol. L'une des solutions envisagées est d'amender les sols organiques avec des résidus végétaux produits sur la ferme. À l'opposé d'un engrais vert qui se décomposera facilement, l'idée est de produire et d'amender les sols organiques avec un amendement carboné possédant une stabilité à long terme. L'objectif de ce travail était donc d'évaluer la stabilité et les modifications dans la composition chimique de 3 types de résidus de paille de biomasses végétales au cours d'une incubation de 17 mois en condition *in situ* en sol organique.

## Méthodologie

Trois types de résidus de paille de biomasses végétales ont été utilisés pour les fins de cette étude. L'hybride sorgho-soudan (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), une graminée annuelle, le miscanthus (*Miscanthus X giganteus*), une graminée vivace et le saule (*Salix miyabeana*) comme type de plante ligneuse. Les résidus végétaux ont été séchés et broyés. Trente grammes de résidus ont été déposés dans des sacs microporeux (0,15 mm). Les sacs ont été enfouis à 20 et 40 cm dans un sol organique (humisol mésique terrique) selon un dispositif complètement aléatoire. L'incubation *in situ* s'est étalée sur 17 mois et les sacs ont été récupérés à 1, 5, 12, 15 et 17 mois après enfouissement. Le carbone et l'azote total ont été mesurés (CNS-2000, Leco Corp., St-Joseph, MI). Une estimation du contenu en cellulose, hémicellulose et lignine a été réalisée à l'aide d'un Ankom<sup>200/220</sup> fibre analyzer (Ankom Technology corp., Macedon, NY) en suivant la procédure de Robin (1997) et la méthode standard XP U44-162 (AFNOR, 2005). L'indice de stabilité biologique a été calculé selon Linières and Djakovitch (1993).

## Résultats

La comparaison entre les différents types de résidus a montré plusieurs choses intéressantes. Tout d'abord, la perte de masse dans le temps a montré que le sorgho-soudan possédait une stabilité beaucoup moindre que le miscanthus et le saule. En effet, la graminée annuelle a montré une chute importante de sa masse seulement 1 mois après l'enfouissement. À la fin de la période d'incubation, le sorgho avait perdu 75-80 % de sa masse initiale comparativement à 50 % pour le miscanthus et le saule. La profondeur d'enfouissement a permis de ralentir légèrement la perte de masse. L'hémicellulose pour sa part avait complètement disparu du résidu de sorgho et du saule après 12 mois d'incubation alors que le résidu de miscanthus en contenait en moyenne 10 % après la même période d'incubation. L'évolution de l'ensemble des propriétés de stabilité sera détaillée au cours de la présentation.

## Conclusions

Cette étude permet de mettre de l'avant que l'implantation d'une graminée de type vivace telle que le miscanthus ou d'une espèce ligneuse telle que le saule apparaît plus avantageuse comparativement à une culture annuelle telle que le sorgho. Bien que le coût d'implantation soit plus élevé cet investissement peut être amorti sur les 20-25 ans que durera l'exploitation de cette culture. Des résidus possédant une bonne stabilité à long terme tels que ceux fournis par les cultures de saule ou de miscanthus permettront un stockage plus efficace du carbone sur le long-terme dans ces sols. Finalement, la mise en place d'une culture pérenne sur 20 à 25 ans de production permettra d'améliorer les conditions de sols sous-jacentes et de stocker une quantité importante de carbone dans la biomasse racinaire.

## Références

AFNOR 2005. Fractionnement biochimique et estimation de la stabilité biologique - Méthode de caractérisation de la matière organique par solubilisations successives. Association Française de Normalisation, Norme XP U 44-162. Linères, M., and J.L. Djakovitch 1993. Caractérisation de la stabilité biologique des apports organiques par l'analyse biochimique, p. 159-168. In Decroux and Ignazi (eds.) Matières organiques et agriculture. Quatrième journée de l'analyse de terre (Gemmas). Cinquième forum de la fertilisation raisonnée (Comifer) 16-18 novembre 1993. Robin, D. 1997. Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et classification des produits organominéraux. Agronomie 17:157-171.

# Effet long terme de différents itinéraires agronomiques sur la distribution de l'azote dans les fractions de la matière organique du sol

JULIE FOREST-DROLET<sup>1-2</sup>, MARTIN CHANTIGNY<sup>2</sup>, DENIS ANGERS<sup>2</sup>, CAROLINE HALDE<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> AAC, Centre de recherche et de développement de Québec, Québec, QC.

julie.forest-drolet.1@ulaval.ca

**Mots clés :** azote du sol, fractionnement physique, arrière-effet

La teneur en azote dans les sols minéraux est estimée entre 2,500 et 13,200 kg N ha<sup>-1</sup> (0-50 cm) (Batjes, 2014). Cet azote est majoritairement sous forme organique de sorte qu'une très faible proportion est disponible aux cultures sous forme inorganique (Stevenson et Cole, 1999). De nombreux facteurs influençant la dynamique de l'azote du sol sont bien établis, des variables climatiques jusqu'aux propriétés physico-chimiques du sol. Cependant, la complexité des interactions rend les prédictions de l'azote disponible aux cultures complexes et très approximatives, surtout lorsqu'un arrière-effet azoté est attendu.

Les objectifs de ce projet sont (i) d'approfondir notre compréhension sur l'accumulation de l'azote par un fractionnement granulodensimétrique du sol (fraction légère et fractions lourdes > 53µm, 53-20 µm, 20-2 µm et < 2µm) puis (ii) d'évaluer les effets long terme de huit itinéraires agronomiques sur les stocks d'azote du sol, et leur distribution dans les fractions du sol, en surface (0-10 cm) et en profondeur (10-30 cm). Les hypothèses sont que (i) le lisier de bovin augmente le contenu en azote stable (fraction lourde et fine) plus que l'engrais minéral, tandis que (ii) les prairies favorisent une plus grande accumulation d'azote labile (fractions légère et grossière lourde) que les céréales. Un dispositif en tiroirs de quatre blocs aléatoires complets établi en 1989 sur une argile limoneuse de la série Labarre dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec) a été étudié. Le facteur principal était la rotation (monoculture d'orge ou rotation orge-prairie-prairie), le sous-facteur était le travail du sol primaire (charrue à versoirs ou chisel) et le sous-sous-facteur était la source d'azote (lisier de bovin ou engrais minéral).

Dans le profil entier (0-30 cm), par rapport à la monoculture, les résultats ont montré que la rotation orge-prairies a favorisé une augmentation relative des stocks d'azote labile de 60 %, soit 25 % ( $P < 0,001$ ) dans la fraction légère et 70 % ( $P < 0,001$ ) dans la fraction grossière lourde, représentant un écart de 254 kg N ha<sup>-1</sup>. Dans la monoculture d'orge, en surface, la fertilisation à base de lisier de bovin a entraîné une accumulation d'azote labile dans la fraction grossière (> 53 µm) de 23 % ( $P = 0,028$ ) et d'azote stable dans la fraction argileuse (< 2 µm) de 12 % ( $P = 0,015$ ), par rapport à l'engrais minéral. Les mêmes tendances ont été observées lorsque la fertilisation à base de lisier de bovin est combinée à la rotation orge-prairie, mais les écarts (hausse respectives de 11 % et 4 %) n'étaient pas significatifs, peut-être parce que le sol était déjà très riche en azote.

Éventuellement, une partie de l'azote labile accumulé dans la fraction grossière sera minéralisée et contribuerait au phénomène d'arrière-effet, tandis que le reste évoluera vers des fractions plus fines et stables. À long terme, l'absence d'augmentation significative de l'azote selon la source dans la rotation orge-prairie suggère que la réserve du sol en azote soit sujette à une saturation. L'accumulation substantielle d'azote dans la fraction fine concorde avec les nouveaux modèles de stabilisation du carbone qui suggèrent que l'azote protéique soit nécessaire à la formation de complexes organo-minéraux fins dans le sol.

## Références

- Batjes, N. H. (2014). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* **65**(1), 10-21.
- Stevenson, F. J., & Cole, M. A. (1999). *Cycles of Soil, 2<sup>nd</sup> edition*: Wiley. 448 pages.

# Étude sur l'état de santé des sols agricoles: du Bas Saint-Laurent à l'Abitibi-Témiscamingue

MARC-OLIVIER GASSER<sup>1</sup>, CATHERINE BOSSÉ<sup>1</sup>, MARIE-ÈVE TREMBLAY<sup>1</sup>, CLAUDE BERNARD<sup>1</sup>, FRANCIS ALLARD<sup>1</sup>, LUCIE GRENON<sup>2</sup>, MICHAËL LEBLANC<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> 4974 chemin Godbout, Dunham, QC, J0E 1M0

<sup>3</sup> Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6  
marc-o.gasser@irda.qc.ca

**Mots clés :** santé des sols, conservation, structure, érosion, compaction, biodiversité, dégradation des sols.

Les sols à bon potentiel agricole constituent une ressource limitée au Québec, soit environ 2,4 millions d'hectares, pour moins de 2 % du territoire. Plusieurs indices provenant de témoignages de conseillers régionaux, d'études ou encore de déclarations de producteurs laissent entrevoir que les sols agricoles du Québec sont dégradés. De plus, le dernier inventaire rapportant les principaux problèmes de dégradation des sols date d'environ 30 ans (Tabi et al., 1990). Préoccupé par ce manque de connaissance sur l'état des lieux, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a mandaté l'Institut de recherche en développement agroenvironnemental (IRDA) pour réaliser une nouvelle étude sur l'état de santé des sols agricoles du Québec. Le projet vise à évaluer l'état des sols à partir d'un échantillonnage représentatif des principaux matériaux parentaux présents dans les diverses régions pédologiques du Québec. Ainsi, 71 séries de sols les plus communément cultivées ont été sélectionnées par l'équipe pédologique et sont étudiées sur six sites différents, soit sur quatre sites en culture et sur deux sites témoins dont le sol n'est pas dégradé. Ces derniers sont recherchés dans des sols cultivés en bon état, des haies brise-vent, des terres en friche, ou en bord des clôtures. L'équipe pédologique a ainsi visité et qualifié plus de 500 sites en 2017 et 2018 sur l'ensemble des régions agricoles du Québec. Sur les 426 sites retenus, 91 ont été étudiés lors de l'inventaire réalisé entre 1987 et 1989, permettant ainsi d'étudier l'évolution de l'état de santé de ces sols au cours des 30 dernières années. Sur chaque site, au moins un profil de sol pédologique a été décrit et la série de sols a été validée à quatre endroits (point d'échantillonnage) espacés d'au moins 80 m l'un de l'autre. Dix-huit équipes (6 en 2018 et 12 en 2019) ont été engagées pour réaliser l'échantillonnage et la caractérisation des sols. À chaque point d'échantillonnage, l'état de la surface du sol est relevé et les sols sont caractérisés et échantillonnés à trois profondeurs diagnostiques dans les horizons Ap et B. Les propriétés morphologiques sont relevées dans le profil et des échantillons sont prélevés pour déterminer en laboratoire les propriétés physiques (granulométrie, stabilité des agrégats, masse volumique apparente, macroporosité, inventaire de Cs-137), chimiques (pH eau et pH tampon SMP, CEC estimée, éléments P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na extraits en solution Mehlich-3) et biochimiques (C et N Leco, carbone actif, N minéralisable après incubation de 14 jours). La conductivité hydraulique est mesurée au champ avec un infiltromètre de Guelph. L'érosion des sols sera évaluée avec l'inventaire de Cs-137. L'étude vise à évaluer l'état de la structure du sol, la compaction, l'érosion, le niveau de matière organique et son état d'oxydation, l'activité microbiologique et le potentiel de minéralisation de l'azote, l'acidification, la fertilité et la saturation du sol dans ses principaux éléments nutritifs. Les rendements des cultures sont évalués à chaque point d'échantillonnage dans la même année, soit à la première coupe dans les prairies ou en fin de saison dans les cultures de soya, maïs, petites céréales, canola et pommes de terre. Ces mesures de rendements serviront à l'évaluer l'effet des différentes formes de dégradation sur la productivité des sols. À terme, cette étude panquébécoise permettra de recommander des pratiques de conservation et des méthodes de gestion des sols, facilitant l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies d'intervention par le MAPAQ pour améliorer la santé des sols. Des démarches de communication sont aussi prévues pour sensibiliser le plus grand nombre d'entreprises agricoles à l'importance de préserver la santé des sols.

# Modélisation de systèmes de drainage en sols organiques cultivés avec présence de couche compacte | Étude en Montérégie

CEDRICK VICTOIR GUEDESSOU, JEAN CARON, JACQUES GALLICHAND, SILVIO JOSÉ GUMIERE, JACYNTHE DESSUREAULT-ROMPRÉ

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada  
cedrick-victoir.guedessou.1@ulaval.ca

**Mots clés :** Sols organiques, Compaction, Conductivité hydraulique saturée, Potentiel matriciel, Modélisation

De 2007 à 2013, l'Université Laval et les producteurs en terres noires en Montérégie ont fait des expériences positivement concluantes d'irrigation de précision au champ. Le but était de gérer localement cette pratique pour optimiser l'utilisation de l'eau dans les cultures maraichères. Cette collaboration fructueuse a mené, au fil du temps, à de nouvelles constatations relativement au drainage des sols. Il est apparu en effet que des zones spécifiques présentaient de toute évidence des problèmes de drainage limitant l'accessibilité aux champs, la productivité et rendant l'irrigation inefficace.

Les premiers diagnostics ont permis de constater l'existence d'une couche compacte d'épaisseur comprise entre 5 et 10 cm et située à environ 29 à 37 cm en profondeur (Hallema et al., 2015). Elle favorise l'apparition d'une nappe perchée bien que les champs soient munis d'une combinaison de systèmes de drainage de surface et souterrain classiques. Plusieurs drains installés dans les champs des fermes se retrouvent vides, alors que la surface du sol est gorgée d'eau. Ceci est à l'origine de pertes importantes de rendement et d'un faible taux de rentabilité des sols. Pour les producteurs, il est devenu impérieux de gérer le drainage adéquatement pour une meilleure efficacité de l'irrigation.

Selon différents auteurs (par exemple Wang et al. 2006), la modélisation est reconnue comme étant une méthode efficace permettant d'optimiser les systèmes de drainage. L'objectif de cette étude est de déterminer, à partir des modèles de drainage existants, l'espacement optimal à appliquer entre l'axe des drains parallèles pour un rabattement efficace de la nappe phréatique. Selon la norme au Québec, le rabattement est efficace quand il est de l'ordre de 30 à 50 cm en une journée après une pluie qui aurait saturé le sol pour les cultures maraichères à vocation commerciale. Un rabattement de 40 cm/j a été retenu.

Le site du projet se situe en Montérégie au sud-ouest du Québec et est constitué de sols organiques à forte capacité productive. Les données collectées pour alimenter les modèles sont la conductivité hydraulique saturée ( $K_{sat}$ ), le potentiel matriciel ( $\Phi_m$ ), la hauteur de nappe ( $h$ ) et les données pluviométriques. La mesure de la  $K_{sat}$  a été faite à la surface, dans la couche compacte, au-dessus et au-dessous du niveau des drains. Les données de  $\Phi_m$  et de  $h$  ont été relevées en des points situés à 74 cm et à 276 cm de l'axe des drains. Les modèles retenus sont, pour les modèles analytiques ceux de Hooghoudt (1940) et de Ernst (1956, 1962) en régime permanent et celui de Guyon (1966, 1970, 1974) en régime variable. Pour les modèles numériques, nous avons opté pour Hydrus-2D (2011, 2012, 2016).

Une phase exploratoire est réalisée à partir des modèles identifiés en utilisant les valeurs de  $K_{sat}$  les plus faibles mesurées. Le rôle de cette phase est d'identifier les variables influençant le rabattement. Par exemple, une des simulations montre que, pour un sol porté à saturation en condition de terrain et laissé en drainage sans apport ultérieur de pluie, l'espacement optimal devrait être de 5 m (contre 7 m sur le site actuellement) pour un rabattement de 40 cm/j. De l'ensemble des simulations faites, on peut retenir que « quelle que soit la hauteur de pluie tombée et le nombre de strates constituant le profil de sol, on peut rabattre efficacement la nappe avec la bonne combinaison des variables suivantes : ① le nombre de drains, ② la profondeur des drains et ③ l'espacement entre les axes des drains ».

## Références

- Hallema, Dennis W., Yann Périard, Jonathan A. Lafond, Silvio J. Gumiere, et Jean Caron. 2015. « Characterization of Water Retention Curves for a Series of Cultivated Histosols ». *Vadose Zone Journal* **14** (6).
- Wang, X., C. T. Mosley, J. R. Frankenberger, et E. J. Klavivko. 2006. « Subsurface drain flow and crop yield predictions for different drain spacings using DRAINMOD ». *Agricultural Water Management* **79** (2): 113-36.

# Functional redundancy and phylogenetic niche conservatism of soil bacteria

YU JIA, JOANN K WHALEN

Department of Natural Resource Sciences, McGill University, 21111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada  
yu.jia2@mcgill.ca

**Keywords:** niche, lineage, ancestral functional characteristics, evolutionary

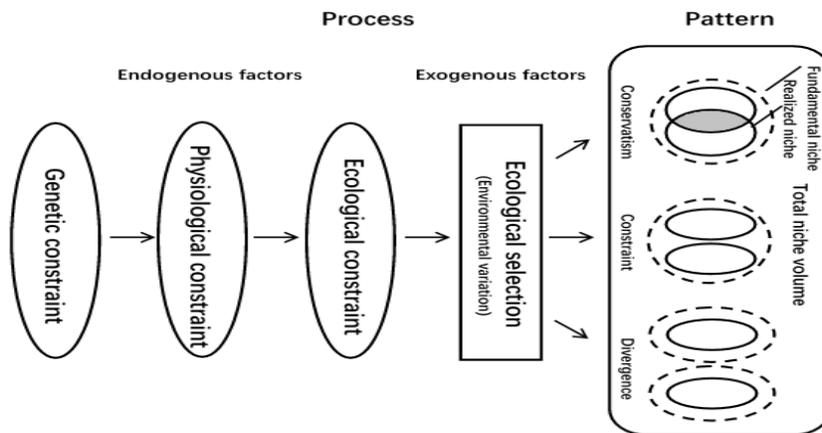
## Introduction

Functional redundancy in soil microbial communities means that many organisms perform the same function. This seems to contradict the notion that individual species have distinct metabolic niches in multi-species communities. The objective of this study was to use phylogenetic niche conservatism theory as an explanation for the functional redundancy of soil bacteria.

## Discussion

Phylogenetic niche conservatism is defined as the tendency for lineages to retain ancestral functional characteristics through evolutionary time-scales. The functions of present-day soil bacteria are the result of community assembly processes that began roughly 4.1 billion years ago when prokaryotes first appeared on Earth. Bacteria retain a highly conserved set of core genes that control the essential redox and biogeochemical reactions for life. These genes are transferred from parent to offspring (vertical gene transfer) and between species in the same generation (horizontal gene transfer), which increases the genetic similarity of bacterial clades. On the other hand, the heterogeneous soil matrix provides an infinite number of sets of diverse environmental conditions, i.e., niches that leads to divergence of microbial species. Phylogenetic niche conservatism theory predicts that two or more microbial species diverging from the same clade will have overlapping niches, implying that they are functionally redundant in some of their metabolic processes. Therefore, endogenous genetic factors that constrain the adaptation of individuals, and thus populations, to changing environmental conditions are responsible for the observed phylogenetic niche conservatism. Furthermore, the degree of functional redundancy is proportional to the complexity of the considered function. We present a conceptual model that identifies six patterns of functional redundancy in soil bacterial communities, consistent with phylogenetic niche conservatism theory.

**Figure 1.** Phylogenetic niche conservatism has ecological and evolutionary consequences for soil bacterial communities. Endogenous factors will constrain the phenotypes present, while exogenous factors represent the selective pressure that contributes to evolutionary processes. This leads to the three patterns of phylogenetic niche conservatism: niche conservatism, niche constraint, and niche divergence, where circles represent individual species and the niche is the dotted circle (adapted from Pyron et al., 2015).



## References

Pyron, R.A., Costa, G.C., Patten, M.A., and Burbrink, F.T. 2015. Phylogenetic niche conservatism and the evolutionary basis of ecological speciation. *Biological Reviews* **90**, 1248-1262.

# Evaluation of sugar processing residuals as an iron source for grain crops grown in calcareous soil

SHAHRZAD KARAMI<sup>1,2</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>2</sup>, JAFAR YASREBI<sup>1</sup>, SEDIGHEH SAFARZADEH SHIRAZI<sup>1</sup>, ABDOLMAJID RONAGHI<sup>1</sup>, REZA GHASEMI-FASAEI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Soil Science, Shiraz University School of Agriculture, Shiraz, Fars, Iran

<sup>2</sup> Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montreal, QC., Canada  
shahrzad.karamiabolvardi@mail.mcgill.ca

**Key words:** iron nutrition, iron deficiency, organic amendments, sugar factory.

## Introduction

Grain crops grown in calcareous soils often experience iron (Fe) deficiency. Iron fertilizers, particularly Fe chelates, are recommended because cheaper Fe sources fertilizers like  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  form insoluble precipitates of  $\text{FeCO}_3$  within the first 30 d of application to calcareous soils. Co-application of plant-based residues with Fe salts can increase the soil bioavailable Fe concentration significantly (Heydari et al., 2015). The objective of this study was to investigate whether sugar processing residuals (filtercake, bagasse and sugar beet) could increase the solubility and uptake of Fe fertilizers ( $\text{FeSO}_4$  and Fe-EDDHA) by sorghum-sorghum-corn crops grown in a calcareous soil under glasshouse conditions. It is hypothesized that co-application of sugar factory residuals and Fe fertilizers will support higher plant Fe uptake in continuously cropped soils. If so, this strategy could reduce the cost of Fe fertilizers on farms in semi-arid regions.

## Methods

Calcareous soil (Typic Calcixercept) was obtained from the 0-20 cm layer of a fallow field in Sarvestan, Fars, Iran (29° 16' 25" N; 53° 13' 13" E). It was air-dried, sieved (<2 mm) and homogenized before use. Sugar processing residuals were supplied by Eghlid sugar beet and Dehkhoda sugar cane factories, Fars and Ahvaz Provinces, Iran. Residuals were ground and sieved (<2 mm), then residuals and Fe fertilizer were applied to 5 kg soil in pots. Treatments included: 0, 1.5% and 3% (w/w) of residuals, applied in combination with no Fe fertilizer, 5 mg  $\text{FeSO}_4$   $\text{kg}^{-1}$  or 5 mg Fe-EDDHA  $\text{kg}^{-1}$ . Pots were cropped continuously with sorghum-sorghum-corn, and each crop was grown for 10 wk before it was harvested to assess Fe uptake in shoots and the DTPA-extractable Fe concentration in soil.

## Results

Application of Fe-EDDHA or  $\text{FeSO}_4$  increased cumulative shoot Fe uptake by 9%, compared to the unfertilized control. Filtercake and sugar beet residues tended to improve shoot Fe uptake, but there was 36% less shoot Fe uptake with 3% bagasse, which was significantly less ( $p < 0.05$ ) than soil with no sugar factory residuals. The DTPA-extractable Fe concentrations were consistently higher in soil amended with filtercake and Fe-EDDHA, although it tended to decline with time.

## Conclusions

Filtercake is an alternative to commercial Fe fertilizers since it improved the Fe uptake by sorghum and corn crops grown in calcareous soils. The bioavailable Fe supply is sustained with Fe-EDDHA and scarcely increased with  $\text{FeSO}_4$ . Co-application of sugar factory residuals and Fe fertilizers did not increase the Fe uptake and cannot be recommended to improve Fe fertility in calcareous soils.

## References

Heydari, H., Samar, M., and Moez-Ardalan, M. 2015. Soil injection of iron sulfate, an inexpensive method for controlling iron deficiency of fruit trees. *Journal of Land Management* **2.2**, 151–160.

# Fertilisation azotée du bleuet sauvage : impact des conditions édaphiques

JEAN LAFOND<sup>1</sup>, ATHYNA CAMBOURIS<sup>2</sup>, ISABELLE PERRON<sup>2</sup>, NOURA ZIADI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherche, 1468, St-Cyrille, Normandin, QC G8M 4K3,

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec, 2560 boul. Hochelaga, QC G1V 2J3  
jean.lafond@canada.ca

**Mots clés :** conductivité électrique, élévation, azote foliaire, rendement en fruits

Les propriétés physiques et chimiques des sols de bleuetières varient selon les types de dépôts, la topographie du terrain et selon les types d'interventions qui ont été effectués lors de l'aménagement. De plus, la densité des plants de bleuet sauvage est peu uniforme et la productivité est également variable selon les clones. La conductivité électrique apparente (CE) des sols mesurée en continu est reconnue pour identifier les zones de variation des propriétés physico-chimiques des sols. Des résultats antérieurs provenant d'essais dans des bleuetières ont effectivement identifié des zones grâce à ces mesures dans 2 champs de configuration différente : soit un plat et l'autre ondulé. Les zones ont été établies comme suit : CE élevée : élévation élevée, CE élevée : élévation faible, CE faible : élévation élevée, CE faible : élévation faible.

L'objectif du projet a donc été d'établir la réponse du bleuet sauvage à la fertilisation azotée selon ces zones identifiées à partir de la CE et de l'élévation dans les deux champs. Des parcelles ont été établies dans les champs et les traitements ont consisté à appliquer quatre doses de N (0, 30, 60 et 90 kg ha<sup>-1</sup>). Le P et le K ont été appliqués en quantité suffisante pour éviter des situations limitantes. Le statut nutritif de la plante a été déterminé par les analyses des feuilles. En fin de saison de la deuxième année, les fruits ont été récoltés pour déterminer les rendements. Des échantillons de sol ont été prélevés à plusieurs reprises pour suivre l'évolution du pH du sol et de l'azote minéral (N-NO<sub>3</sub> et N-NH<sub>4</sub>) dans les couches de sol 0-5 et 5-15 cm.

Les concentrations en N des feuilles ont augmenté avec les accroissements de doses de N. En moyenne, les augmentations des concentrations ont été de 0,15 et 0,29 % selon les champs. Les rendements en fruits ont augmenté avec les accroissements de la fertilisation azotée. En moyenne, les rendements en fruits se sont accrus de 72 % dans le champ ondulé et de 54 % dans le champ plat. Pour le champ ondulé, la réponse a été plus grande lorsque la CE était faible peu importe l'élévation (augmentation de 2242 kg ha<sup>-1</sup> par rapport au témoin) tandis que pour le champ plat, la réponse a été plus grande lorsque l'élévation était élevée, peu importe la CE (augmentation 2335 kg ha<sup>-1</sup> par rapport au témoin).

La fertilisation azotée a peu affecté le pH du sol et l'azote résiduel dans les deux couches de sols et ce pour les deux champs. Pour les deux champs, l'azote du sol (N-NH<sub>4</sub>) a augmenté rapidement après l'application des engrais dans les deux couches de sol. Par la suite, le N résiduel est demeuré très faible à l'automne de l'année de végétation et de production, soit moins de 2 mg kg<sup>-1</sup>.

Ainsi, la réponse de la culture à la fertilisation azotée est liée en partie à la CE du sol mais également à l'élévation du terrain. La plus grande réponse aux engrais azotés a été obtenue dans les zones à CE faible et avec une élévation élevée. Une stratégie de fertilisation sera à élaborer selon ces critères et à valider sur le terrain.

# Hétérogénéité spatio-temporelle des niveaux de nappe en production de canneberges

JONATHAN A. LAFOND<sup>1</sup>, SILVIO J. GUMIERE<sup>1</sup>, GUILLAUME LÉTOURNEAU<sup>1</sup>,  
JACQUES GALLICHAND<sup>1</sup>, PIERRE DUTILLEUL<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Département des sciences végétales, Université McGill, Québec, QC.  
jonathan.lafond.2@ulaval.ca

**Mots clés :** subirrigation, géostatistique, périodogramme multi-fréquentiel.

Le Canada se classe deuxième au monde pour la production de canneberges, derrière les États-Unis, avec 65,2 % de sa production provenant du Québec (MAPAQ, 2018). Le nombre de fermes de canneberge a presque doublé entre 2007 et 2016, passant de 49 à 82 producteurs (MAPAQ, 2018). La gestion de l'eau et des sols est devenue une priorité dans ce secteur agricole. De récentes études ont montré que la subirrigation pouvait conduire à des améliorations de rendements et d'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'énergie (Pelletier et al., 2015). Une connaissance des patrons spatio-temporels de niveaux de nappe dans les champs et de l'évolution de ces distributions et des propriétés du sol est primordiale pour établir une gestion intégrée et automatisée de l'eau sur une ferme de canneberges.

Des puits d'observation de nappe ont été installés à une profondeur de 1 mètre dans des champs de canneberges présentant différentes caractéristiques : (1) Variable, présentant un bon drainage avec une régie d'irrigation par aspersion selon une plage optimale de potentiels matriciels; (2) Stable, présentant un bon drainage avec une régie de subirrigation; et (3) Naturel, pas de drain répertorié et irrigation contrôlée par aspersion. Deux puits par site ont été équipés d'un acquiseur automatique dipperLog NANO (Heron Instruments, ON, Canada) permettant d'enregistrer les niveaux de nappe toutes les heures pendant 74 jours entre juin et août 2017. Les séries temporelles ont été analysées par périodogramme multi-fréquentiel (Dutilleul, 2001). Les autocorrélations spatiales et temporelles, de même que les corrélations spatio-temporelles croisées ont été étudiées par analyse *State Space* (Aoki, 1990; Dutilleul, 2011).

L'analyse par périodogramme multi-fréquentiel a permis de mettre en évidence que pour les sites Variable et Naturel, les fluctuations dans le niveau de la nappe ont lieu environ tous les 23 à 33 jours, alors que pour le site Stable, la composante périodique principale est aux 24 heures. L'autocorrélation temporelle est importante pour comprendre les structures qui se répètent dans le temps pour un même site. Les précipitations influencent ces patrons temporels, mais la fréquence des irrigations et les conditions de drainage ont un impact important. Plusieurs autocorrélations temporelles sont significatives au site Stable, montrant qu'il existe une constance dans le maintien de la nappe. Les variations journalières du contrôle de nappe permettent ce patron temporel. De plus, le site Stable présente une autocorrélation spatiale entre ses deux puits, suggérant que le niveau de nappe était comparable entre les deux emplacements pour un même temps, reflétant l'homogénéité spatiale de la subirrigation. Les corrélations spatio-temporelles croisées confirment que pour le site Stable, la subirrigation permet de maintenir une homogénéité spatio-temporelle dans le niveau de nappe, alors que pour les sites Variable et Naturel, elles suggèrent des patrons similaires dans l'hétérogénéité des niveaux de nappe. Les méthodes employées et les résultats obtenus sont prometteurs et devront maintenant être validés avec un plus grand nombre de points de mesure du niveau de nappe dont nous disposons sur plus d'une saison de croissance.

## Références

- Aoki, M. 1990. State Space modeling of time series. *Water Research* **98**, 1283-1632.
- Dutilleul, P. 2001. Multi-frequential periodogram analysis and the detection of periodic components in time series. *Communications in Statistics – Theory and Methods* **30**, 1063-1098.
- Dutilleul, P. 2011. *Spatio-temporal heterogeneity, concepts and analyses*. New York: Cambridge University Press.
- MAPAQ. 2018. *Portrait-diagnostic sectoriel de la canneberge au Québec*. Bibliothèque et archives nationales du Québec, Gouvernement du Québec.
- Pelletier, V., Gallichand, J., Gumiere, S.J., Pepin, S. and Caron, J. 2015. Water table control for increasing yield and saving water in cranberry production. *Sustainability* **7**, 10602-10619.

# Effets à long terme de la récolte de biomasse forestière vs bois en longueur sur la fertilité des sols dans la forêt boréale

ROCK OUIMET

Direction de la Recherche Forestière, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Complexe scientifique, 2700, rue Einstein, Local C.1.305, Québec (Québec) G1P 3W8  
rock.ouimet@mffp.gouv.qc.ca

**Mots clés :** récolte de biomasse, sapinière à bouleau blanc, fertilité du sol, sols forestiers

En se substituant aux carburants fossiles, on croit que l'utilisation de la biomasse forestière (tronc+branches+feuillage) représente un moyen d'évitement des émissions de gaz à effet de serre et une contribution au développement économique des régions. Cependant, les connaissances des impacts de la récolte de biomasse forestière sur le stockage de carbone et la fertilité des sols sont encore peu documentées au Québec. Nous avons voulu vérifier l'effet de la récolte de biomasse forestière sur les indicateurs de fertilité du sol en procédant à l'analyse rétrospective d'un suivi à long terme de l'effet du mode de récolte, *bois en longueur vs arbre entier*, sur les sols et la productivité des peuplements de succession dans l'écozone de la forêt boréale. Un total de 196 placettes de 2 ha récoltées entre 1981 et 1988 (médiane = 1982) soit par bois en longueur, soit par arbre entier, ont été revisitées 30 ans plus tard pour évaluer la fertilité du sol.

Les résultats préliminaires montrent que les effets de la récolte par arbre entier sur les sols étaient distincts selon les provinces pédologiques. La couche d'humus a été particulièrement influencée par la récolte par arbre entier dans les basses-terres de l'Abitibi et de la Baie James, montrant des signes d'acidification et de ralentissement de l'activité biologique (augmentation de 31 t/ha de matière organique, de 15 t/ha de carbone organique, de 73 kg/ha d'Al échangeable, de 98 % de l'acidité échangeable, de 12 % du rapport C/N et baisse de 8 % du stock de N) par rapport aux sites récoltés par bois en longueur.

On a aussi observé des baisses des stocks de matière organique (-30 à -40 %), de carbone organique (-28 à -44 %) et d'azote (-26 à -46 %) dans les 60 premiers centimètres de sol minéral (solum) dans les Laurentides (C) et les hautes-terres de Mistassini (E) (voir figure). La récolte de la biomasse forestière semble avoir eu un impact important sur les sols dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc. L'analyse se poursuit afin d'évaluer son impact sur la productivité des peuplements de succession.

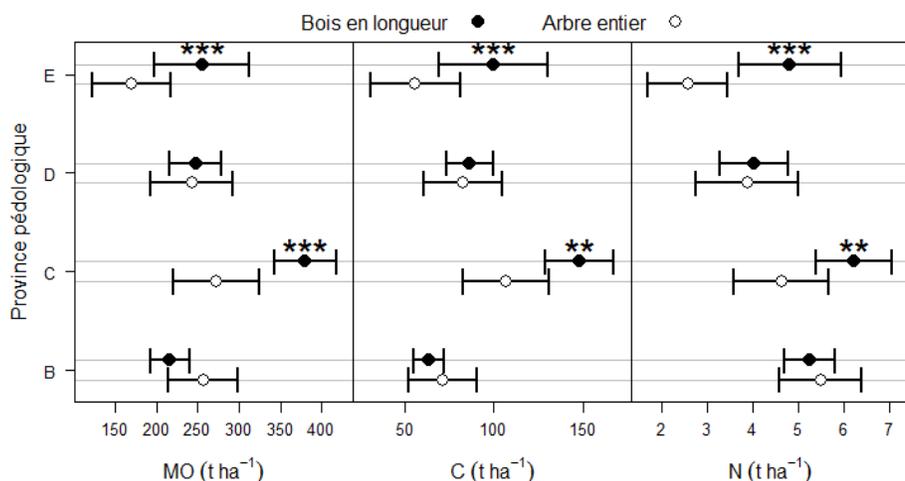


Figure. Effet de la récolte forestière (bois en longueur vs arbre entier) après 35 ans sur les stocks de matière organique (MO), de carbone (C) et d'azote (N) dans les 60 premiers centimètres des sols minéraux des forêts dans l'écozone de la forêt boréale du Québec, en fonction de la province pédologique (B : Appalaches, C : Laurentides, D : Basses-Terres de l'Abitibi et de la Baie James, E : Hautes-Terres de Mistassini). Sont présentés les moyennes et leurs intervalles de confiance à 95 %. \*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .

# Faster rates and greater amplitude of freeze-thaw cycles increase nitrous oxide emissions in agricultural soils

DAVID E. PELSTER<sup>1</sup>, MARTIN H. CHANTIGNY<sup>1</sup>, PHILIPPE ROCHETTE<sup>1</sup>, DENIS A. ANGERS<sup>1</sup>, BERNIE J. ZEBARTH<sup>2</sup>, CLAUDIA GOYER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AAFC, QRDC, Québec, QC;

<sup>2</sup> AAFC FRDC, Fredericton, NB.

david.pelster@canada.ca

**Mots clés :** Nitrous oxide, Freeze-thaw, agricultural soils, freezing rate

In cool temperate regions, large emissions of N<sub>2</sub>O (an important greenhouse and ozone-depleting gas) have been observed during freeze-thaw (FT) cycles. However, it is unclear how freezing and thawing rates, freezing intensity and freezing duration influence N<sub>2</sub>O emissions. We used a laboratory incubation to measure N<sub>2</sub>O emissions from two soils (sandy loam, silty clay) undergoing a single FT cycle of varying freezing and thawing rates (rapid [0.5°C h<sup>-1</sup>] vs. slow [0.017°C h<sup>-1</sup>]), freezing intensity (-1°C vs. -3°C) and freezing duration (24 vs. 48 freezing degree-days). Soil N<sub>2</sub>O emissions during both the freezing and thawing periods were greatest in the soils exposed to rapid freezing to -3°C, intermediate under rapid freezing to -1°C and slow freezing to -3°C, and smallest under slow freezing to -1°C and the control treatment (constant +1°C). The similar, and low, N<sub>2</sub>O emissions between the unfrozen control and the slowly frozen -1°C treatment was unexpected as many previous field studies with similar freezing rates and temperatures still resulted in large increases in N<sub>2</sub>O emissions during thaw. This suggests that typical laboratory incubation studies using omnidirectional, rapid freezing and thawing do not accurately reflect the mechanisms driving N<sub>2</sub>O emissions during a FT event under field conditions.

**Table 1:** Analysis of Variance examining effects of rate of freezing, freezing temperature and duration of freezing (for post-thaw period only) on mean daily soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emission rates from two different soils.

Factor	Silty Clay				Sandy Loam			
	CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O		CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Freeze	Thaw	Freeze	Thaw	Freeze	Thaw	Freeze	Thaw
Contrast: Control vs FT	0.857	0.019	0.021	0.656	0.002	0.032	< 0.001	0.888
Rate (A)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Temp. (B)	<0.001	<0.001	0.007	<0.001	0.011	<0.001	0.011	<0.001
Duration (C)	na	0.001	na	0.004	na	0.009	na	0.001
A x B	0.072	<0.001	0.007	<0.001	0.021	<0.001	0.009	<0.001
A x C	na	0.003	na	0.004	na	<0.001	na	<0.001
B x C	na	<0.001	na	0.002	na	<0.001	na	<0.001

# Validation des outils préconisés pour réduire la saturation des sols en phosphore par une analyse de l'état des sols et du bilan de phosphore dans une région à forte densité animale

MARIE-ÈVE TREMBLAY, MARC-OLIVIER GASSER, FRANCIS ALLARD

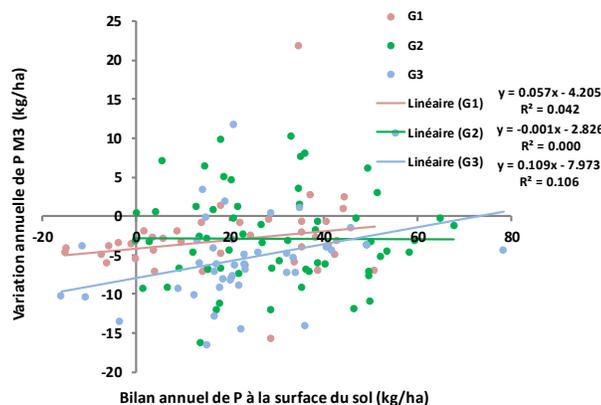
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, Québec, Canada  
marie-eve.tremblay@irda.qc.ca

**Mots clés :** Phosphore, fertilisation, Bilan de P.

Depuis 2002, le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) oblige à prendre en considération les teneurs et la saturation des sols en phosphore (P) dans la réalisation des plans agroenvironnementaux de fertilisation. Certains se questionnent sur l'effet de cette réglementation sur l'état du phosphore dans les sols et sur son évolution dans le temps. Ce projet a permis de documenter l'évolution des teneurs en phosphore disponible (P M3) du sol en fonction du bilan de phosphore à la surface des sols de 149 champs suivis en Chaudière-Appalaches de 2009 à 2018 et de comparer cette évolution à ce qui avait été observé dans un bilan précédent réalisé entre 2002 et 2010. Ce nouvel exercice, basé sur des méthodes d'analyses comparables au premier exercice complété en 2010, prenait en compte à la fois la saturation en phosphore (ISP ou P/AI M3) et les groupes texturaux des sols. Les teneurs en P M3 ainsi que les autres paramètres du sol ont été analysés sur des échantillons composites de sol prélevés aux mêmes endroits géolocalisés dans le champ à deux dates en 2009 ou 2010 et 2017 ou 2018. Le bilan de P à la surface du sol a été calculé entre ces deux dates, en cumulant les apports de P en provenance des divers engrais épandus et déclarés par les producteurs et en y soustrayant les exportations de P reliées aux diverses récoltes. Des corrélations simples, des régressions multiples, de même que des forêts d'arbres décisionnels ont été utilisées pour explorer les relations entre ces variables.

Le bilan annuel de P au sol était en moyenne légèrement supérieur dans l'exercice de 2009 à 2018 (24 kg P/ha) par rapport à l'exercice précédent de 2002 à 2010 (13 kg P/ha) et présentait des écarts plus importants. Au contraire, la variation annuelle de P M3 dans les sols était en moyenne légèrement inférieure et négative dans l'exercice 2009-2018 (-1,5 kg P M3/ha), par rapport à 2002-2010 (1 kg P M3/ha), mais présentaient des écarts plus faibles. L'évolution du P M3 dans ces sols ne semble plus suivre la même influence du bilan de P que dans l'exercice précédent, puisque pour un bilan moyen supérieur de P, la variation annuelle moyenne en P M3 est tombée en valeur négative à -1,5 kg P M3/ha. De façon générale, la relation entre le bilan de P à la surface du sol et l'évolution de la teneur en P M3 dans les sols était très peu significative ( $R^2 = 0,01$ ), encore moins pour la période entre 2009 et 2018 qu'entre 2002 et 2010 ( $R^2 = 0,11$ ). Seules les teneurs en P M3 des sols du groupe textural G3 ont baissé de façon plus marquée par des bilans de P à la baisse ( $R^2 = 0,11$ ) et leurs ratios P/AI M3 plus élevés semblent avoir joué un rôle dans cette dynamique. Pour certains de ces sols, des niveaux élevés de saturation ont probablement induit des recommandations à la baisse du bilan de P à la surface du sol et par le fait même réduit les niveaux de P M3 dans ces sols. Pour les autres sols, ces relations sont beaucoup plus difficiles à établir. Il demeure dans cet exercice à la ferme une grande part d'incertitude dans plusieurs des variables exploitées qui pourrait rendre difficile l'obtention de relations claires entre le bilan de P à la surface du sol et l'évolution du phosphore disponible dans ces sols.

Figure 1 : Régression entre le bilan annuel de P à la surface du sol et la variation annuelle de P M3 dans le sol pour différents groupes texturaux de sols (G1, G2 et G3)



# Cartographie prédictive régionale de la paludification dans les forêts d'épinettes noires de l'est du Canada à l'aide de la télédétection et d'une approche d'apprentissage automatique

OSVALDO VALERIA<sup>1</sup>, NICOLAS MANSUY<sup>1,2</sup>, AHMED LAAMRANI<sup>1</sup>, LISE JATON<sup>1</sup>, NICOLE FENTON<sup>1</sup>, LUC GUINDON<sup>3</sup>, YVES BERGERON<sup>1</sup>, ANDRÉ BEAUDOIN<sup>3</sup>, SONIA LÉGARE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Industrial chair in sustainable forest management-Institut de recherche sur les forêts 445 boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec), J9X 5E4, Canada.

<sup>2</sup> Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 5320 122 st., Edmonton, (Alberta), T6H 3S5, Canada.

<sup>3</sup> Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry centre, 1055 du P.E.P.S., P.O. Box 10380, Sainte-Foy, Québec (Québec), G1V 4C7, Canada.

<sup>4</sup> Ministère des forêts de la faune et des parcs du Québec. Direction régionale 10.

Oswaldo.valeria@uqat.ca

**Mots clés :** *digital soil mapping*, Productivité, Télédétection, Cartographie numérique.

La distribution spatiale de la paludification dans les peuplements d'épinettes noires revêt une importance particulière pour la gestion des forêts en raison de son effet négatif sur la productivité des forêts. Dans les écosystèmes boréaux nordiques, la paludification est définie comme une accumulation de la couche organique partiellement décomposée sur des sols minéraux saturés, ce qui réduit la régénération des arbres et la croissance de la forêt. Dans cette étude, nous avons utilisé l'approche Random Forest (RF) comme outil d'apprentissage automatique permettant de prédire l'épaisseur de la couche organique (ECO) comme indicateur du processus de paludification dans la région nord-est du Canada, où les forêts ont tendance à se paludifier naturellement. L'approche RF a été utilisée comme modèle de régression et de classificateur à l'aide d'une suite de 20 prédicteurs environnementaux à sources multiples (principalement issues de la télédétection). Les performances du modèle ont été évaluées à l'aide d'une validation croisée ainsi que d'un ensemble de données indépendant à partir de cartes de relevés écologiques classiques de l'inventaire forestier provincial. Les mesures d'importance des prédicteurs ont indiqué que la pente, l'indice de position topographique (TPI), les bandes Landsat Bande 4 et Bande 5, la latitude et le paramètre Palsar\_HH sont les variables les plus importantes pour expliquer les distributions spatiales du ECO pour les deux modèles. L'erreur quadratique moyenne relative (RMSE) validée pour le modèle de régression est estimée à 20,70 %  $\pm$  0,476 avec un  $R^2$  à 0,41  $\pm$  0,021 alors que l'erreur moyenne out-of-bag (OOB) pour le modèle de classification est estimée à 44,75 %. Avec des valeurs comprises entre 4,25, 44,07, 102,58, cm pour les valeurs min, moyenne et max respectivement, les configurations spatiales des valeurs prédites de l'ECO sont conformes aux études précédentes réalisées aux niveaux national et régional. Nos résultats soulignent également que les types écologiques tels que les pessières à mousses sur des dépôts organiques minces à épais, avec drainage ombrotrophe, sont particulièrement sujets à la paludification (> 40 cm) partout dans la zone d'étude. Les limites du modèle et les applications pour la prise de décision dans la gestion forestière seront discutées.

# Greenhouse gas emission, grain nitrogen content and yield of corn agroecosystems receiving organic amendments

CHUN C. YEUNG<sup>1</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>1</sup>, MAREN OELBERMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Natural Resource Sciences, McGill University

<sup>2</sup> School of Environment, Resources and Sustainability, University of Waterloo  
chun.c.yeung@mail.mcgill.ca

**Keywords:** Carbon dioxide emission, nitrous oxide emission, grain nitrogen, grain yield, organic amendment

## Introduction

Various organic amendments derived from municipal waste streams such as food waste and biosolids can be returned to farmlands to improve soil fertility. Microbial decomposition of organic amendments releases both plant-available nutrients and greenhouse gases. The objective of this study was to evaluate corn grain yield and nitrogen content, as well as CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils fertilized with organic amendments.

## Methodology

The field experiment was established in Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, in May 2018 as a randomized complete block design with four amendments, replicated in four blocks. The amendments used were composted food waste (totalling 299 kg N applied ha<sup>-1</sup>), hydrolyzed biosolid (157 kg N ha<sup>-1</sup>) and liquid anaerobic digestate (128 kg N ha<sup>-1</sup>), plus a fertilized control that received 170 kg N ha<sup>-1</sup>, 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> and 55 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Gas sampling and analysis were carried out using vented gas chamber method (Lutes et al., 2016) and GC-FID and -ECD systems. Grain N was quantified using an elemental analyzer (Thermo Finnigan FlashEA<sup>®</sup> 1112 CHN analyzer).

## Results

Grain yield and nitrogen content (ranging from 7.92 to 9.21 kg dry matter ha<sup>-1</sup> and 1.65 to 1.71% dry mass respectively) were not different among treatments. Plots receiving anaerobic digestate had the highest agronomic efficiency ( $p < 0.05$ , at 61.9 vs 54.2 kg grain/kg N-input in control plots), with 24% less CO<sub>2</sub> and 74% less N<sub>2</sub>O emissions than the fertilized control during growing season. Nitrogen use efficiency was the highest in anaerobic digestate plots ( $p < 0.05$ , at 1.06 vs 0.72 kg grain-N/kg N-input from control plots). Compost-amended plots had the lowest N<sub>2</sub>O emission factor (4.2 vs 18 g N<sub>2</sub>O-N/kg N-input from the fertilized control).

## Conclusions

There was no general indication of trade-off between having the benefits of lower greenhouse gas emission and higher agricultural yield. Properties of organic amendments that may contribute to such observation will be discussed.

## References

Lutes, K., Oelbermann, M., Thevathasan, N. V., & Gordon, A. M. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on greenhouse gas emissions in two willow clones (*Salix miyabeana* and *S. dasyclados*) in southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, **90**(5), 785-796.

# Transformations of decabrominated diphenyl ethers in plant-soil system during sequential anoxic-oxic incubation

PENGFEEI ZHAO<sup>1,2</sup>, JOANN K. WHALEN<sup>2</sup>, KAIXIANG YU<sup>1</sup>, LAURA DELGADO-MORENO<sup>3</sup>, QINGFU YE<sup>1</sup>, WEI WANG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Nuclear Science, Key Laboratory of Nuclear Agricultural Sciences of Ministry of Agriculture and Zhejiang Province, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

<sup>2</sup> Department of Natural Resource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, Ste Anne de Bellevue, QC H9X 3V9, Canada

<sup>3</sup> Environmental Protection Department, Estación Experimental del Zaidín (CSIC) Granada, Spain  
pengfei.zhao@mail.mcgill.ca

**Key words:** <sup>14</sup>C-DecaBDE, rice, soil, bioaccumulation, risk assessment.

## Introduction

Flame-retardant polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) are environmental contaminants of air, water and soil that can be bioaccumulated in plant, animal and human tissues. Deca-BDE is still used in electrical and electronic products, and is a common pollutant near factories and e-waste recycling sites in China. The objective of this research was to quantify the transformations, uptake and accumulation of Deca-BDE in soil-plant systems during a sequential anoxic-oxic incubation.

## Methodology

Soil was collected from a paddy field in Hangzhou, Zhejiang province, China (30°16'N 120°11'E). The <sup>14</sup>C-DecaBDE was synthesized in the laboratory. The sequential anoxic-oxic incubation (240 d) involved growing rice in anoxic soil (120 d) followed by vegetable cultivation in oxic soil for the last 120 d. Rice cultivars grown in anoxic soil were Huanghuazhan (HHZ), Yudao 1 (YD1) and Ningjing 3 (NJ3), and the vegetables were eggplant, peanut and pod pepper in oxic soil.

## Results

Bioaccumulation factors were 0.22 to 1.25 in rice cultivars, and the greatest <sup>14</sup>C-DecaBDE translocation was in the shoot and grain of NJ3. The estimated daily intake of DecaBDE in rice was 0.93 to 2.2 µg kg<sup>-1</sup> body weight d<sup>-1</sup>, which is below the maximum acceptable oral dose of 7 µg kg<sup>-1</sup> body weight d<sup>-1</sup>. Among vegetables, the eggplant accumulated 2 times more <sup>14</sup>C-DecaBDE and its metabolites than peanut and pod pepper, but more <sup>14</sup>C-DecaBDE was translocated from roots to shoots in peanut.

## Conclusions

After the first 120 d, <sup>14</sup>C-DecaBDE in the anoxic soil-plant system was recovered in plant biomass (< 0.1%), solvent-extractable DecaBDE (> 80%), soil-bound DecaBDE (< 10%) and the remainder was apparently lost by leaching (< 10%). A similar pattern was observed in the next 120 d in the oxic soil-plant system, which resulted in a net loss of 20% of the <sup>14</sup>C-DecaBDE by leaching by the end of the study.

## References

Stiborova H., Vrkoslavova J., Pulkrabova J., Poustka J., Hajslova J., Demnerova K. 2015. Dynamics of brominated flame retardants removal in contaminated wastewater sewage sludge under anaerobic conditions, *Sci. Total Environ.*, **533**, 439-445.