



Groupe de recherche
en écologie des tourbières

Peatland Ecology
Research Group

20th PERG's Symposium / 20^e colloque du GRET :

Symposium on responsible management of peatlands: Involvement of the industrial sector

**Wednesday and Thursday, February 19th and 20th, 2014 /
Mercredi 19 et jeudi 20 février 2014**

Université Laval, Québec, Québec City, Canada
Room 1334 (Jean-Paul Tardif), La Laurentienne building /
Salle 1334 (Jean-Paul Tardif), pavillon La Laurentienne

Schedule and abstracts / Programme et résumés



Layout / *Mise en pages* : Claire Boismenu

Translation team (when necessary) / *Équipe de traduction (lorsque nécessaire)* : Claire Boismenu, Noémie D'Amour & Annie Boismenu-Lavoie

Note : The content of the abstracts has not been reviewed by the organizing committee. / *Le contenu des résumés n'a pas été révisé par le comité organisateur.*

Symposium on responsible management of peatlands: Involvement of the industrial sector

Program and Index / Programme et index

**Wednesday and Thursday, February 19th and 20th, 2014 /
Mercredi 19 et jeudi 20 février 2014**

Université Laval, Québec City, Canada
Room 1334 (Jean-Paul Tardif), [La Laurentienne building](#) / Salle 1334, [pavillon La Laurentienne](#)
(1030, av. du Séminaire, Québec, QC, G1V 0A6)

Symposium language: English / Langue du symposium : Anglais

| Wednesday, February 19th, 2014 | | Page |
|--|---|-------------|
| 8:30 | Introduction by <u>Line Rochefort</u> (Université Laval): The history of the Peatland Ecology Research Group. <u>10 min.</u> | 1 |
| Session Management of peatlands | | |
| 8:40 | Keynote speaker: <u>David J. Cooper</u> (Colorado State University) <i>Sponsored by University of Waterloo</i> Conservation, management and restoration of peatlands in the Western Hemisphere: perspectives from the Cordillera – Argentina to Alberta. <u>35 min.</u> | 2 |
| 9:15 | <u>Eduardo González & Line Rochefort</u> (Université Laval) Success drivers in peatland restoration. <u>15 min.</u> | 5 |
| 9:30 | <u>Marie-Claire LeBlanc</u> (Université Laval) & <u>Martha D. Graf</u> (University of Hannover) Go West: An overview of PERG's projects in Manitoba, Saskatchewan and Alberta. <u>15 min.</u> | 6 |
| 9:45 | <u>Bernard Bélanger</u> (Premier Tech Horticulture) The evolution of environmental management of peatlands within the Canadian peat industry. <u>15 min.</u> | 7 |
| 10:00 | <u>Ernie Basque</u> (Sun Gro Horticulture) Twenty years of peatland management. <u>15 min.</u> | 7 |
| 10:15 | Coffee break (25 min.) | |
| 10:40 | <u>Mathieu Quenum & Malick P. Sall</u> (Coastal Zones Research Institute Inc.) Peatlands management options: The case of Lamèque Portage (New Brunswick, Canada) site. <u>10 min.</u> | 8 |
| 10:50 | <u>Sylvain Jutras, Sébastien Raymond, Olivier Marcoux & Line Rochefort</u> (Université Laval) Monitoring the rewetting success of large sized ditch damming in the Grande-Plée-Bleue bog, Québec. <u>15 min.</u> | 9 |
| 11:05 | <u>André St-Hilaire</u> (INRS-Eau Terre et Environnement), <u>Azziz Es-Sahli</u> (Organisme du bassin versant de la rivière Nipisiguit), <u>Bronwyn Pavey</u> (Parcs Canada), <u>Myriam Samson-Dô</u> (INRS- Eau Terre et Environnement) & <u>Marie Clément</u> (Labrador Institute of Memorial University) Suspended sediment mitigation downstream of harvested peatlands: From problem recognition to the ongoing struggle for a solution. <u>15 min.</u> | 10 |

| | | |
|--|---|------|
| 11:20 | François Quinty (Golder Associés Itée) Restoration of the Grande plée Bleue peatland oil spill. <u>15 min.</u> | 11 |
| 11:35 | Stéphane Godbout (Université Laval & Institut de recherche et de développement en agroenvironnement), Rémy Pouliot , Sandrine Hugron & Line Rochefort (Université Laval) Biochar and effect of phosphorous on <i>Polytric</i> . <u>10 min.</u> | 13 |
| 11:45 | Jean Caron (Université Laval) Physics of growing media in a green future. <u>15 min.</u> | 14 |
| 12:00 | Lunch (<u>1 hour 15 minutes</u>) | |
| 13:15 | William B. Miller & Neil S. Mattson (Cornell University) Peat and horticultural substrates: Look to the past to Inform the future. <u>15 min.</u> | 14 |
| 13:30 | Rémy Pouliot , Sandrine Hugron & Line Rochefort (Université Laval) <i>Sphagnum</i> farming in Canada: The past, the present and the future. <u>15 min.</u> | 16 |
| Session Biodiversity & Policy | | |
| 13:45 | Claude Lavoie & Annie St-Louis (Université Laval) The rise and fall of a cotton grass invasion. <u>15 min.</u> | 17 |
| 14:00 | Roxane Andersen (Environmental Research Institute, North Highland College UHI) A brief history of monitoring the invisible: Microbial communities in restored peatlands. <u>15 min.</u> | 18 |
| 14:15 | André Desrochers (Université Laval) Effects of restoration of vacuum sites on the recolonization by birds. <u>15 min.</u> | 19 |
| 14:30 | Monique Poulin & Jérôme Cimon Morin (Université Laval) Wetland conservation in Quebec. <u>20 min.</u> | 20 |
| 14:50 | Stéphanie Pellerin (Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal) Dynamics and integrity of peatlands in agricultural landscapes. <u>20 min.</u> | 21 |
| 15:10 | Daniel Lachance & Martin Joly (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec) On the influence of the Peatland Ecology Research Group: From papers to policies. <u>20 min.</u> | 22 |
| 15:30 | Coffee break (<u>15 min.</u>) | |
| 15:45 | → Discussion forum on Management of peatlands <u>45 min.</u> Chairs: Monique Poulin (Université Laval) & Stéphanie Pellerin (université de Montréal) <i>Sponsored by Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société</i> | |
| 16:30 | <i>Travel between Université Laval and the Hôtel Classique (see the routes at the end of this document)</i> | 61 |
| 17:00 to 19:00 | Poster Session ¹ (Hôtel Classique , 2815 boul. Laurier, Québec, Québec, G1V 4H3) | p. v |

*** *The poster session will be followed by a banquet (buffet) at Hôtel Classique.
You must be preregistered to attend the banquet ****

| Thursday, February 20th, 2014 | | Page |
|---|---|------|
| 8:30 | Introduction by <u>Jonathan S. Price</u> (University of Waterloo) <u>5 min.</u> | |
| Session <i>Climate & Hydrology</i> | | |
| 8:35 | Keynote speaker: <u>William Shotyk</u> (University of Alberta) <i>Sponsored by the <u>Centre for Northern Studies</u> (Centre d'études nordiques)</i> Fire Water Earth and Air: Trace elements, peatlands and the environment. <u>35 min.</u> | 23 |
| 9:10 | <u>Maria Strack</u> (University of Calgary), <u>James Michael Waddington</u> (McMaster University), <u>Mendel Perkins & Tariq Munir</u> (University of Calgary) Potential impact of climate change on northern peatland carbon exchange. <u>20 min.</u> | 25 |
| 9:30 | <u>Richard Petrone</u> (University of Waterloo) Productivity and water availability: Balancing the role and needs of peatlands in landscape reclamation. <u>20 min.</u> | 26 |
| 9:50 | <u>Neil Taylor & Jonathan S. Price</u> (University of Waterloo) The impact of <i>Sphagnum</i> structure on water flow and CO ₂ dynamics in regenerating peatlands. <u>15 min.</u> | 27 |
| 10:05 | <u>Nigel T. Roulet</u> (McGill University) & <u>Jianghua Wu</u> (Memorial University of Newfoundland) Simulating the carbon exchanges in restored peatlands. <u>15 min.</u> | 28 |
| 10:20 | Coffee break (<u>15 min.</u>) | |
| 10:35 | <u>Luc Pelletier</u> , <u>Ian Strachan</u> (McGill University) & <u>Michelle Garneau</u> (Université du Québec à Montréal) Carbon exchanges on a bog with pools in the Manicouagan Peninsula. <u>15 min.</u> | 29 |
| 10:50 | <u>Alain N. Rousseau</u> , <u>Maxime Fossey</u> , <u>Stéphane Savary</u> & <u>Alain Royer</u> (INRS-Eau Terre et Environnement) Assessment of the impact of isolated and riparian wetlands on watershed hydrology using a distributed hydrological modelling system. <u>15 min.</u> | 30 |
| 11:05 | <u>Marie Larocque</u> , <u>Miryane Ferlatte</u> (GEOTOP, Université du Québec à Montréal), <u>Julie Munger</u> (Université de Montréal), <u>Anne Quillet</u> (UQÀM), <u>Vincent Cloutier</u> (UQAT), <u>Stéphanie Pellerin</u> (Université de Montréal) & <u>Claudio Paniconi</u> (INRS – ETE) Aquifer-peatland connectivity in southern Quebec. <u>15 min.</u> | 31 |
| 11:20 | → Discussion forum on Peatlands and Climate Chair: <u>Shari Hayne</u> (Environment Canada), <i>including a presentation on Intergovernmental Panel on Climate Change guidelines: IPCC Wetlands Supplement – Implications for estimating the GHG impacts of peatland management</i> <u>45 min.</u> <i>Sponsored by Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société</i> | 32 |
| 12:05 | Lunch (<u>1 hour</u>) | |

| Session Mines | | |
|--------------------------|---|----|
| 13:05 | Jonathan S. Price, Pete Whittington & Mazda Kompanizare (University of Waterloo) Impacts of the DeBeers open pit mine in the peatlands of the James Bay lowlands. <u>20 min.</u> | 33 |
| 13:25 | Daniel Campbell, Angie Corson & Jaimée Bergeron (Laurentian University) Rehabilitation of peatlands in the Hudson Bay Lowland after winter road disturbances. <u>20 min.</u> | 34 |
| 13:45 | Colin McCarter & Jonathan S. Price (University of Waterloo) Hydrological response to simulated wastewater input from a point source in a Northern Ribbed Fen. <u>10 min.</u> | 35 |
| Session Oil Sands | | |
| 13:55 | Jonathan S. Price (University of Waterloo), Kevin Devito, Carl Mendoza (University of Alberta) & Richard Petrone (University of Waterloo) Hydrological challenges and opportunities for reconstructing wetland ecosystems after oil-sands mining. <u>25 min.</u> | 36 |
| 14:20 | Bin Xu (NAIT Boreal Research Institute) Restoration of in-situ well pads and associated linear features in the Peace River Region, Alberta. <u>15 min.</u> | 37 |
| 14:35 | Emma Bocking, Jonathan S. Price (University of Waterloo) & David Cooper (Colorado State University) Assessing the impacts of water table changes from road construction on the successional trajectory of a poor fen in Northern Alberta. <u>10 min.</u> | 38 |
| 14:45 | Scott Ketcheson & Jonathan S. Price (University of Waterloo) An assessment of the hydrology of a constructed fen in the Athabasca oil sands region, Alberta. <u>10 min.</u> | 39 |
| 14:55 | Sarah Scarlett & Jonathan S. Price (University of Waterloo) Soil water dynamics of a constructed peatland in a post-mined oil sands landscape, Fort McMurray, Alberta. <u>10 min.</u> | 40 |
| 15:05 | Reuven B. Simhayov & Jonathan S. Price (University of Waterloo) Mobility of contaminants from oil sands byproducts in a constructed fen peatland system. <u>10 min.</u> | 41 |
| 15:15 | Coffee break (15 min.) | |
| 15:30 | Tatiana Minayeva (Wetlands International), Maria Strack (University of Calgary), Hans Joosten (University of Greifswald), Andrey Sirin (Institute of Forest Science RA), Arina P. Schrier-Uijl (Wageningen University) & Marcel Silvius (Wetlands International) The wise use of peat and peatlands within oil sands production area. <u>10 min.</u> | 42 |
| 15:40 | → Discussion forum on Peatlands and Oil Sands (with Wetlands International) Chair: Jonathan S. Price (University of Waterloo) <u>60 min.</u> <i>Sponsored by Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société</i> (And vote for student awards) | |

| Poster Session Wednesday, February 19th, 2014 (17:00 - 19:00) (Hôtel Classique , 2815 boul. Laurier, Québec, Québec, G1V 4H3; see p.61 for the routes between U. Laval and the hotel) | Page |
|--|------|
| André-Philippe Drapeau Picard, Line Rochefort (Université Laval) & Maxim Larrivée (Insectarium de Montréal): Importance of depth and plant structure and composition for pond recolonization by arthropods in a restored fen. | 45 |
| Jade Boulanger Pelletier, Mathieu Quenum, Julie Bussièrès, Line Rochefort & Line Lapointe (Université Laval): Early rooting could favor cloudberry establishment in harvested peatland. | 46 |
| Gabrielle Préfontaine-Dastous, Line Rochefort & Marie-Claire LeBlanc (Université Laval): Assessing physicochemistry, topography and plant communities following restoration on a linear disturbance at the Sainte-Eulalie peatland, Québec. | 47 |
| Mazda Kompanizare, Jonathan Price (University of Waterloo) & P.N. Whittington (University of Western Ontario): Modeling potential percolation losses from peat during dewatering of Victor diamond mine in the James Bay Lowland. | 48 |
| Jonathan D. Goetz & Jonathan Price (University of Waterloo): Water dynamics and productivity of <i>Tomenthypnum</i> and <i>Sphagnum</i> mosses: understanding the role of moss morphology on desiccation tolerance. | 49 |
| Valérie Lefrançois, Michelle Garneau (UQÀM) & Sylvain Jutras (Université Laval): CO ₂ , CH ₄ and DOC budget from natural, harvested and restored peatlands in Lac-Saint-Jean and Côte-Nord regions, QC) | 50 |
| Kisa Mwakanyamale & Maria Strack (University of Calgary): Geophysical investigation of biogenic gas content in restored peatlands of Western Canada. | 51 |
| Christophe Jenkins, Michelle Garneau (UQÀM) & Shari Hayne (Environment Canada): CO ₂ emissions from off-site horticultural peat samples. | 52 |
| Tania García Bravo, Maria Strack (University of Calgary) & Line Rochefort (Université Laval): The impact of peatland afforestation on carbon exchange in Western Canada. | 53 |
| Julien Cormier, Jacques Gallichand, Jean Caron & Carole Boily (Université Laval): Comparison of strawberry production in open fields and in soilless raised bed through system. | 54 |
| Gabrielle Préfontaine-Dastous & Line Rochefort (Université Laval): Vegetation trials on a restored well-pad in a northern Alberta peatland: Assessing vegetation recovery, biodiversity and efficiency of different donor material. | 55 |
| Sharif Mahmood & Maria Strack (University of Calgary): Methane dynamics of undisturbed fens in the oil sands region of Alberta, Canada. | 56 |
| Bhupesh Khadka & Maria Strack (University of Calgary): Dissolved organic carbon dynamics at natural and constructed fens in the oil sand region near Fort McMurray, Alberta. | 57 |
| Yann Périard, Jean Caron, Jonathan A. Lafond & Sylvain Jutras (Université Laval): Controlling tip burn damage by an optimal root water uptake: the case of Romaine Lettuce in organic soils. | 58 |
| Anne Quillet, Marie Larocque (GEOTOP, UQÀM) & Claudio Paniconi (INRS-ETE): Simulating groundwater-peatland interactions in depression and slope peatlands in southern Québec (Canada). | 59 |
| Mélanie Langlois & Jonathan Price (University of Waterloo): Exploring airborne LiDAR data for the detection of lagg boundary. | 60 |

Wednesday, February 19th, 2014

Introduction and history of the Peatland Ecology Research Group

Introduction et historique du Groupe de recherche en écologie des tourbières

Line Rochefort

Département de phytologie, pavillon Paul-Comtois, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC,
G1V 0A6, Canada;

tel.: 418-656-2131 ext. 2583; fax: 418-656-7856; email: Line.Rochefort@fsaa.ulaval.ca

The Peatland Ecology Research Group (PERG) is pleased to welcome you to its 20th Annual Workshop!

The **Peatland Ecology Research Group** was formed through the partnership of the university scientific community, the Canadian peat moss industry, and federal and provincial agencies responsible for the management of peat or conservation of peatland ecosystems. Since 2007, the research group also includes mining and oil industries, as well as hydropower and transport agencies which have an impact on peatlands. All these stakeholders seek an integrated and sustainable management of peatlands in Canada. The PERG brings together researchers and students from several universities, creating a fertile and stimulating exchange for the advancement of research.

Since 1993, the team of researchers, led by Dr. Line Rochefort, has conducted several studies:

- the development of restoration techniques after peat extraction;
- the protection of biodiversity and the facilitation of the return of flora, arthropods, amphibians, birds and mammals specific to disturbed peatlands;
- the hydrology, geochemistry and microbiology of natural, harvested and restored peatlands;
- the signature in net carbon fluxes of harvested and restored peatlands;
- strategies for peatland conservation.

You will find more information about the PERG and publications on the website:

www.gret-perg.ulaval.ca/

Le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) est heureux de vous accueillir à son 20^e colloque annuel!

Le **Groupe de recherche en écologie des tourbières** est issu de la concertation entre le milieu scientifique universitaire, l'industrie canadienne de la tourbe et des organismes gouvernementaux fédéraux et provinciaux responsables de la gestion de la tourbe ou de la conservation des écosystèmes de tourbières. Depuis 2007, la concertation inclut également des industries minières et pétrolières ainsi que des agences de transport et d'hydroélectricité ayant un impact sur les tourbières. Tous ces intervenants visent une gestion intégrée et durable des tourbières au Canada. Le GRET réunit des chercheurs et des étudiants de plusieurs universités, créant ainsi un terrain fertile et stimulant d'échanges pour l'avancement de la recherche.

Depuis 1993, l'équipe de chercheurs, dirigée par la Dre Line Rochefort, a mené plusieurs études portant sur :

- le développement de techniques de restauration après récolte de la tourbe;
- la protection de la biodiversité et la facilitation du retour de la flore, des arthropodes, des amphibiens, des oiseaux et des micromammifères spécifiques aux tourbières perturbées;
- l'hydrologie, la géochimie et la microbiologie des tourbières naturelles, exploitées et en restauration;
- la signature en flux net de carbone des tourbières exploitées et en restauration;
- les stratégies de conservation des tourbières.

Vous trouverez plus d'information au sujet du GRET de même que de nombreuses publications sur le site Internet :

www.gret-perg.ulaval.ca/

Keynote speaker

David J. Cooper

Department of Forest and Rangeland Stewardship, Colorado State University, Fort Collins, CO, 80523, U.S.A. ;
email: David.Cooper@colostate.edu

Dr. David J. Cooper is Senior Research Scientist/Professor in the Department of Forest and Rangeland Stewardship, Colorado State University (CSU), Fort Collins, Colorado, and on the faculty of the Graduate Degree Program in Ecology also at CSU. His expertise is plant and vegetation ecology and the hydrologic processes supporting wetland and riparian ecosystems. His work is largely on mountain ecosystems particularly the role of hydrologic processes in shaping ecosystems, plant establishment, herbivory, characterization of vegetation types, invasion of exotic plants, and restoration ecology. Along with projects throughout North America he has active research in the Andes of South America and the Carpathian Mountains in Eastern Europe. His work is supported by almost every US federal agency including National Science Foundation, National Parks, National Forests, Bureau of Land Management, Environmental Protection Agency, Bureau of Reclamation as well as private corporations, local governments, and non-profit agencies. He has been involved in research and expert panels on Alberta Oil Sands reclamation for 12 years.

Le **Dr David J. Cooper** est chercheur scientifique principal et professeur au Département de gestion de la forêt et des prairies à l'Université d'État du Colorado (Colorado State University ou CSU), à Fort Collins (Colorado), et à la Faculté des études supérieures en écologie de la même université. Son domaine d'expertise est l'écologie végétale et les processus hydrologiques des milieux humides et des écosystèmes riverains. Il travaille principalement sur les écosystèmes des montagnes, en particulier sur le rôle des processus hydrologiques dans les écosystèmes, l'établissement des espèces végétales, les herbivores, la caractérisation de la végétation, l'envahissement par les espèces exotiques et l'écologie de la restauration. En plus de tous ses projets en Amérique du Nord, M. Cooper est très actif dans la cordillère des Andes de l'Amérique du Sud et les montagnes des Carpates en Europe de l'Est. Ce chercheur a le soutien de plusieurs organismes fédéraux des États-Unis, notamment la *National Science Foundation*, les parcs nationaux, les forêts nationales, le *Bureau of Land Management*, l'*Environmental Protection Agency*, le *Bureau of Reclamation* ainsi que les entreprises privées, les gouvernements locaux et les organismes à but non lucratif. Il a fait partie pendant 12 ans de comités d'experts scientifiques sur la réhabilitation des sites de sables bitumineux en Alberta.

Conservation, management and restoration of peatlands in the western Hemisphere: Perspectives from the Cordillera – Argentina to Alberta

Conservation, aménagement et restauration des tourbières : perspectives pour la Cordillère de l'Ouest, de l'Argentine à l'Alberta

Extended abstract: Peatlands are important ecosystems in mountain and intermountain valleys, basins and plains regions along the American Cordillera, and in Western Alberta. The most common peatland types in the Cordillera are fens, although bogs are also present in hyper maritime regions. In semi-arid and arid regions, montane peatlands are critical important refugia for many plant and animal species and are key biodiversity conservation targets. However human cultures rely directly or indirectly on peatlands in several regions, and these uses have resulted in significant

degradation. Human uses of peatlands have produced a wide range of effects including overgrazing by llama, sheep and other livestock, introduced beaver in regions without trees and other species adapted to cutting and flooding, direct hydrologic alteration from drainage ditches, filling, flooding, and road building. In northern Alberta large scale mining can remove entire watersheds containing peatlands.

In the very southern portion of South America widespread impacts to peatlands have occurred from

the actions of beavers, purposefully introduced from Canada. The effects of tree cutting, burrowing, dam building and drowning has created widespread and extensive alterations. In the central and northern Andes peatlands called *bofedales* provide most forage for alpaca and llama herded by indigenous human populations at very high elevations. This region supports the largest concentrations of glaciers in the world's tropical region, and all glaciers are rapidly melting raising concern that the loss of water sources for these peatlands will lead to their demise triggering a collapse of the human communities.

In the Mediterranean climate of California fens occupy high mountain valleys in the Sierra Nevada. This region receives no summer precipitation, and peatlands are supported by snowmelt-recharged aquifers. During the period of settlement in the middle 19th century unregulated use of mountain lands for sheep pasturage denuded the meadows, making them susceptible to erosion during large runoff events. Many meadows have gully's up to 5 m deep that have lowered the water table, dried soils, and caused vegetation changes. We have developed intensive earthwork approaches for filling gully's, restoring the high water table and sheet flow hydrologic regime, and establishing native vegetation.

Development of recreational facilities including ski runs and a golf course at the Telluride Ski area in the Colorado Rocky Mountains resulted in the filling and drainage of all wetlands on the ski mountain, including fens. We restored these wetlands by removing fill, reestablishing natural contours, removing infrastructure and drains, and planting a wide diversity of native vascular plants grown from seed using novel techniques for each taxon. A number of different community types were restored. The success/failure of these projects 15 years post-restoration has produced some important results. The clonal spread for native sedges peaks in 4 years, survival and growth of shrub willows are differently related to water table characteristics and growth to reference conditions takes 15-20 years, and interestingly the natural immigration of typical fen mosses, and difficult to propagate herbaceous dicots, such as orchids, has occurred into certain sloping fens within 10-15 years.

Oil production in the Fort McMurray, Alberta area has impacted peatlands, and as part of an innovative fen watershed reclamation project, we have implemented a complex planting experiment to evaluate different techniques for recreating fen vegetation in post mining landscapes. The goal is to determine the minimum treatment needed to create the foundation for peat accumulating ecosystems. Our treatments include vascular plants from rich and

saline fens, transfer of rich fen mosses and the community of biota associated with the moss, and the use of wood straw mulch. The experimental design will allow an analysis of the influence of water table, geochemistry, mulch, selective weeding, and the singular or combination of planting treatments on community development.

Résumé détaillé : Les tourbières sont des écosystèmes importants en montagne et dans les vallées, les basses terres et les plaines des régions de la Cordillère américaine, de même que dans l'ouest de l'Alberta. Les types de tourbières les plus communes dans la Cordillère sont les fens, bien que les bogs soient également bien présents dans les régions maritimes. Dans les régions semi-arides et arides, les tourbières de montagne sont importantes comme refuges pour de nombreuses espèces animales et végétales et sont ciblées pour la conservation de la biodiversité. Les humains dépendent toutefois directement ou indirectement des tourbières dans plusieurs régions, et les utilisations qu'ils en font ont entraîné une dégradation importante de ces milieux. Parmi les effets, on note : le surpâturage par le lama, les ovins et les autres animaux, l'introduction du castor et d'autres espèces adaptées à la coupe d'arbres et aux inondations dans des régions dépourvues d'arbres, l'altération hydrologique directe par des fossés de drainage et la construction de routes. Dans le nord de l'Alberta, l'exploitation minière à grande échelle peut altérer des bassins versants entiers possédant des tourbières.

Dans la partie la plus méridionale de l'Amérique du Sud, les tourbières ont subi des impacts négatifs de la présence des castors, qui ont été délibérément introduits à partir du Canada. L'abattage et le transport des arbres, la construction de barrages par les castors et l'enneigement des terres ont créé des modifications de milieu généralisées et étendues. Dans le centre et le nord des Andes, les tourbières appelés *bofedales*, fournissent la majorité du fourrage des alpagas et des lamas élevés par les populations autochtones à très haute altitude. Cette région possède les plus grandes concentrations de glaciers des zones tropicales. Toutefois, tous les glaciers fondent rapidement, ce qui fait craindre que la perte des sources d'eau pour ces tourbières puisse conduire à leur disparition et déclencher un effritement des communautés humaines.

Dans le climat méditerranéen de Californie, les fens occupent les vallées de haute montagne dans la Sierra Nevada. Cette région ne reçoit aucune précipitation l'été, et les tourbières sont alimentées en eau par les aquifères rechargés par la fonte des

neiges. Pendant la colonisation du milieu du 19^e siècle, l'utilisation non réglementée des terres de montagne pour le pâturage des ovins a dénudé les prairies, les rendant vulnérables à l'érosion lors de grands événements de ruissellement. Beaucoup de prairies ont des ravins allant jusqu'à 5 m de profondeur qui ont réduit le niveau de la nappe phréatique, ont asséché les sols et provoqué des changements de végétation. Nous avons développé des techniques de terrassement intensif pour remplir les ravins, restaurer la nappe phréatique, rétablir le régime hydrologique et favoriser l'établissement de la végétation indigène.

Le développement des installations de loisirs, dont des pistes de ski et des terrains de golf dans la région de Telluride dans les montagnes Rocheuses du Colorado, a entraîné le remplissage et le drainage de tous les milieux humides sur les pistes de ski, y compris les fens. Nous avons restauré ces milieux humides en supprimant les matériaux de remplissage, en rétablissant leurs contours naturels, en supprimant les infrastructures et les canaux de drainage, de même qu'en plantant une grande variété de plantes vasculaires indigènes cultivées à partir de graines à l'aide de nouvelles techniques. Un certain nombre de différents types de communautés ont été restaurés. Les succès et échecs de ces projets mesurés 15 ans après les travaux de restauration permettent de tirer d'importantes conclusions. La propagation clonale de carex

indigènes atteint des pics en 4 ans, la survie et la croissance des saules arbustifs sont liées aux caractéristiques de la nappe phréatique et le retour aux conditions initiales prend de 15 à 20 ans. Il est intéressant de noter l'immigration naturelle de mousses typiques de fens. Il a été plus difficile de propager certaines herbacées dicotylédones, telles que les orchidées, dans des fens de pente après 10-15 ans.

La production de pétrole dans la région de Fort McMurray, en Alberta, a eu un impact sur les tourbières, et dans le cadre d'un projet innovateur de restauration des fens dans les bassins versants, nous avons mis en place une expérience de plantation visant à évaluer différentes techniques pour recréer la végétation de fen dans les paysages après l'exploitation industrielle. L'objectif est de déterminer le traitement minimal nécessaire pour créer la base d'écosystèmes accumulateurs de tourbe. Nos traitements incluent des plantes vasculaires de fens riches et salins, le transfert de mousses de fens riches (et de la communauté associée à ces mousses) et l'utilisation d'un paillis de bois. Le dispositif expérimental permet une analyse des effets de la nappe phréatique, de la géochimie, du paillis, du désherbage sélectif et de divers traitements de plantations sur le développement des communautés végétales.

Success drivers in peatland restoration

Facteurs de réussite en restauration des tourbières

Eduardo González¹ & Line Rochefort²

¹ University of Denver and Ecolab-CNRS (Toulouse, France), Biological Sciences Department, Olin Hall, 2190 E Iliff Ave., Denver, CO 80208, U.S.A.; email: edusargas@hotmail.com

² Département de phytologie, pavillon Paul-Comtois, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada; email: Line.Rochefort@fsaa.ulaval.ca

Abstract: The moss layer transfer technique has been used since the 1990s to restore bogs in North America after peat extraction. We assessed the influence of hydrological, peat physicochemical, meteorological, management and landscape factors on the vegetation of bogs that have been restored in this manner. Our work draws upon data from a unique long-term monitoring programme covering 53 restoration projects spanning 600 km across eastern Canada. The time since restoration ranged from 3 to 15 years, and the rehabilitated bogs had on average three permanent plots where vegetation was recorded every two years. Overall, the study included 246 permanent plots and 946 observations (plots*year of survey). Redundancy and cluster analyses showed that successful restoration, defined by the dominance of a *Sphagnum* carpet (54% of all plots at the most recent observation), was mainly associated with effective blocking of the former secondary drainage network within the restored sector, while plots dominated by bare peat (24% of all plots) occurred more often if a hot summer followed restoration works and where higher proportions of the surrounding land were subject to peat extraction. Management decisions, such as the season when restoration work was carried out, also substantially influenced restoration outcomes. For example, restoring in spring increased the likelihood of initiating an alternative successional trajectory characterised by dominance of the pioneer moss *Polytrichum strictum* (22% of all plots). However, a tendency towards *Sphagnum* colonisation and the development of *Sphagnum* carpets was observed over time in practically all plots. These results will inform future restoration efforts using the moss layer transfer as a bog restoration method.

Résumé : La méthode par transfert du tapis muscinal est utilisée depuis le début des années 1990 pour restaurer les tourbières en Amérique du Nord après l'extraction de la tourbe. Nous avons évalué l'influence de divers facteurs (hydrologie, physicochimie de la tourbe, météo, aménagement du paysage) sur la végétation des tourbières qui ont été restaurées par cette méthode. Notre travail s'appuie sur des données provenant d'un programme unique de suivi à long terme de 53 projets de restauration couvrant 600 km à travers l'est du Canada. Le temps écoulé depuis la restauration variait de 3 à 15 ans, et les tourbières réhabilitées possédaient en moyenne trois parcelles permanentes où la végétation a été inventoriée tous les deux ans. Au final, cette étude porte sur 246 parcelles permanentes et 946 observations (parcelles*année d'inventaire). Des analyses canoniques de redondance et des analyses de groupement ont montré qu'un succès de restauration, défini par la dominance d'un tapis de sphaigne (54 % de toutes les parcelles à la dernière observation), était principalement associé à un blocage efficace des anciens canaux secondaires de drainage du secteur restauré. Les parcelles dominées par la tourbe nue (24 % de toutes les parcelles) ont été plus souvent rencontrées lorsqu'un été chaud avait suivi les travaux de restauration et où une proportion élevée du paysage environnant avait été soumise à l'extraction de la tourbe. De plus, les décisions en lien avec la gestion des travaux, comme la saison à laquelle la restauration a été effectuée, ont sensiblement influencé les résultats de restauration. Par exemple, une restauration réalisée au printemps a augmenté la probabilité d'une trajectoire alternative de succession caractérisée par la dominance de la mousse pionnière *Polytrichum strictum* (22 % de toutes les parcelles). Cependant, la recolonisation par les sphaignes et le développement d'un tapis de sphaignes sont des tendances observées au fil du temps dans la quasi-totalité des parcelles. Ces résultats serviront pour de futurs projets de restauration qui utilisent le transfert du tapis muscinal comme méthode de restauration des tourbières.

Go West:

An overview of PERG's projects in Manitoba, Saskatchewan and Alberta

Vers l'Ouest : un aperçu des projets du GRET dans l'Ouest canadien

Marie-Claire LeBlanc¹ & Martha D. Graf²

^{1,3} Département de phytologie, pavillon Paul-Comtois, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;

¹ email: marie-claire.leblanc@fsaa.ulaval.ca;

² Leibniz Universität Hannover, Institute of Environmental Planning, Hannover, Niedersachsen, Germany;
email: graf@umwelt.uni-hannover.de

Abstract: Since the beginning of the PERG in the 1990's, most restoration projects have taken place in the provinces of Québec and New Brunswick. In recent years however, the peat industry has become more and more important in Manitoba, Saskatchewan and Alberta, where many restoration and land management projects have also been conducted since 2005. Although the restoration of sites is relatively recent, nearly 15% of annual inventories assessing the vegetation recovery are now located in these provinces. Several research projects and large-scale and long-term data collection are also realized in the western provinces.

The involvement of the PERG in the provinces of Western Canada represents much more than simply exporting the working methods developed in the East. On the one hand, the political and corporate framework is distinct and the PERG is currently taking part in the establishment of a working network on peatlands management. On the other hand, specific environmental and meteorological conditions require adjustments and the development of new techniques. The refinement of minerotrophic peatlands (fens) restoration methods is one example of the challenges of GRET in Western Canada. This paper aims to present the main projects undertaken by the PERG in Western Canada and to discuss the specifics of this involvement.

Résumé : Depuis les débuts du GRET dans les années 1990, la plupart des projets de restauration ont pris place au Québec et au Nouveau-Brunswick. Au cours des dernières années toutefois, l'industrie de la tourbe a pris de plus en plus d'ampleur au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta, et de nombreux projets de restauration et d'aménagement y ont été réalisés depuis 2005. À titre d'exemple, quoique la restauration des sites y soit relativement récente, près de 15 % des inventaires annuels évaluant le rétablissement de la végétation sont maintenant exécutés dans ces provinces. Plusieurs projets de recherche et de collecte de données à grande échelle et à long terme sont également réalisés dans les provinces de l'Ouest.

L'implication du GRET dans l'Ouest canadien constitue bien plus qu'une simple exportation des méthodes de travail développées dans l'Est. D'une part, le cadre politique et corporatif y est distinct et le GRET contribue actuellement à la mise en place d'un réseau de travail sur l'aménagement des tourbières. D'autre part, des conditions écologiques et météorologiques particulières appellent l'ajustement des techniques et le développement de nouvelles façons de faire. Le peaufinement des méthodes de restauration des tourbières minérotrophes (fens) constitue par exemple l'un des défis du GRET dans l'Ouest canadien. Cet exposé vise à présenter les principaux projets menés par le GRET dans l'ouest du Canada et à discuter des particularités de cette implication.

The evolution of environmental management of peatlands within the Canadian peat industry

L'évolution de l'aménagement environnemental des tourbières au sein de l'industrie canadienne de la tourbe

Bernard Bélanger

Premier Tech Horticulture, 1, avenue Premier, Rivière-du-Loup, QC, G5R 6C1, Canada;
tel.: 418-867-8883; email: cotm4@premiertech.com

Abstract: Mr. Bernard Bélanger, Chairman of the Board and Chief Executive Officer of Premier Tech, will talk to you about his beginnings in the peat bog restoration business. He has been one of the instigators of this practice, which was unknown in Canada 30 years ago.

After many experiments, researches and adjustments, he integrated this way of doing within his company. The objective is now to restore all its fields that are no longer harvested within the next 5 years, with a view to allowing future generations to benefit from a healthy environment.

Résumé : M. Bernard Bélanger, Président du conseil et chef de la direction de Premier Tech, vous parlera de ses débuts dans la restauration des tourbières, lui qui fut l'un des instigateurs de cette pratique qui n'était pas connue au Canada il y a 30 ans.

Après maintes expériences, recherches et ajustements de toutes sortes, il intégra cette façon de faire dans son entreprise, qui a aujourd'hui pour objectif de restaurer tous ses terrains qui ne sont plus en exploitation d'ici les 5 prochaines années, dans le but de permettre aux générations futures de bénéficier d'un environnement en santé.

Twenty years of peatland management

Vingt années d'aménagement des tourbières

Ernie Basque

Sun Gro Horticulture, 422 Chemin Pallot, Inkerman, NB, E8P 1B5 Canada;
email: ernieb@sungro.com

Abstract: (Will be available on the PERG website)

Résumé : (Sera disponible sur le site Internet du GRET)

Peatlands management options: The case of Lamèque Portage (New Brunswick, Canada) site

*Les options d'aménagement des sites de tourbières résiduelles : le cas de Lamèque Portage,
au Nouveau-Brunswick*

Mathieu Quenum¹ & Malick P. Sall²

^{1,2} Coastal Zones Research Institute Inc. (Institut de recherche sur les zones côtières), University of Moncton, Campus of Shippagan, 232B, av. de l'Église, Shippagan, NB, E8S 1J2, Canada;

¹ email: mathieu.quenum@umoncton.ca

Abstract: In Canada, very few initiatives of ecological recovery and / or economic development of abandoned peatlands have been undertaken. But there are several management options commonly applied worldwide for attributing a second economic or ecology life of peatlands soils. In several countries, people cultivate a variety of small berries for the local market; in other countries the implementation of bioenergy crops such as fast-growing willow is practiced. In order to offer other options of peatlands valuation for the peat industry, the Coastal Zone Research Institute (University of Moncton, Campus of Shippagan) initiated a research program on abandoned peatlands.

The experiment was conducted at the site of Sun Gro Horticulture Canada Ltd. located in Lamèque Portage (New Brunswick, Canada). The first phase of the research program was to evaluate the physico-chemical characteristics of the substratum. Thus, the bulk density, the porosity, the index of soil compaction, the water holding capacity, the saturated hydraulic conductivity, the pH, the electrical conductivity, and the availability of exchangeable minerals were evaluated. The second phase was to plant some varieties of fast-growing willow (*Salix* spp.) and two varieties of cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). Preliminary results show that the physico-chemical and hydrological properties of these peatlands soils may allow a development of ecological and/or economic alternative management by implementing perennial crops or small berries from bogs. However, a thorough field work, liming and a reasoned fertilization is needed before any agroforestry exploitation.

Résumé : Au Canada, très peu d'initiatives de valorisation écologique et/ou économique des tourbières résiduelles ont été entreprises. Il existe pourtant plusieurs options de réaménagement couramment appliquées à travers le monde qui

permettraient d'attribuer une deuxième vie économique aux sols des tourbières résiduelles. Dans plusieurs pays, on cultive une diversité de petits fruits destinés au marché local. Dans d'autres pays, l'implantation des cultures bioénergétiques comme les saules à croissance rapide est pratiquée. Dans le but d'offrir d'autres options de valorisation des tourbières résiduelles à l'industrie de la tourbe du Nouveau-Brunswick, l'Institut de recherche sur les zones côtières, de l'Université de Moncton (Campus de Shippagan), a instauré un programme de recherche sur l'aménagement des tourbières abandonnées.

L'expérience s'est déroulée sur le site de Sun Gro Horticulture Canada situé à Lamèque Portage (Nouveau-Brunswick, Canada). La première phase du programme de recherche était d'évaluer les caractéristiques physicochimiques du substratum. Ainsi, la densité apparente, la porosité, l'indice de compacité, la capacité de rétention, la conductivité hydraulique saturée du substrat, le pH, la conductivité électrique et la disponibilité des minéraux échangeables ont été évalués. La deuxième phase consistait à planter plusieurs variétés de saule à croissance rapide ainsi que deux variétés de canneberge. La phénologie a été observée tout au long de la saison de croissance et quelques données de rendements ont également été notées. Les résultats préliminaires montrent que les propriétés physicochimiques et hydrologiques des sols de tourbières résiduelles permettent le développement d'autres options de gestion écologique et/ou économique de ces sites par la culture de plantes arbustives ligneuses et pérennes ou encore par des petits fruits originaires des tourbières. Cependant, un travail de sol approfondi, un chaulage ainsi qu'une fertilisation raisonnée des sols s'imposent avant toute exploitation agroforestière.

Monitoring the rewetting success of large sized ditch damming in the Grande-Plée-Bleue bog, Québec

Suivi de la réussite du remouillage d'un fossé de grande dimension dans la Grande-Plée-Bleue, Québec

Sylvain Jutras¹, Sébastien Raymond², Olivier Marcoux³ & Line Rochefort³

^{1,2} Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, 2405, rue de la Terrasse, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;

¹ email: sylvain.jutras@sbf.ulaval.ca

³ Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC, Canada

Abstract: The Grande-Plée-Bleue bog, located 12 km east of Québec City, Canada, has been identified as one of the few remaining large (6 km²) and pristine raised bog in the region. The government of Quebec has therefore decided to acquire the bog and to proceed to its perpetual protection by giving it the highest status of conservation. However, the site is etched by the presence of a colossal ditch running through the southern part of the peatland. Excavated more than 80 years ago, this 3 m deep, 8 m large and 800 m long ditch could impair the long term ecological stability of the bog. Actions were therefore taken to evaluate the effects of the ditch and the presence of large-sized trees on the hydrology of the site. In-situ monitoring showed that the water-table level was strongly lowered along the ditch and that large-sized larches found along the first 15 m along the ditch, had also an important drawdown effect on the water-table level. In order to restore the hydrological conditions of the site, a succession of dams were built in the ditch in November 2011. During the summer that followed damming and tree harvesting, water-table level rose significantly in many locations, but most especially upstream of dams and along the ditch. However, the water-table level remained affected by the presence of the ditch in specific areas. While runoff was strongly reduced due to the efficient ponding provided by dams, original soil-water characteristics could not be restored evenly along the ditch. Long term monitoring will permit to follow the restoration success and to make better decision in future management of such large ditches.

Résumé : La Grande-Plée-Bleue, située à 12 km à l'est de la ville de Québec, Canada, a été identifiée comme l'une des rares tourbières de grande dimension (6 km²) encore intactes dans la région. Le gouvernement du Québec a donc décidé d'acquérir la tourbière et de procéder à sa protection perpétuelle en lui donnant le statut le plus élevé de conservation. Cependant, le site est affecté par la présence d'un fossé colossal qui traverse la partie sud de la tourbière. Excavé il y a plus de 80 ans, ce fossé profond de 3 m, large de 8 m et long de 800 m pourrait compromettre la stabilité écologique à long terme de la tourbière. Des actions ont donc été prises pour évaluer les effets du fossé et de la présence d'arbres de grande taille sur l'hydrologie du site. Des mesures effectuées sur le site ont démontré que le niveau de la nappe phréatique est fortement abaissé le long du fossé et que la présence de grands mélèzes en bordure du fossé a également un effet de rabattement sur le niveau de la nappe phréatique. Afin de rétablir les conditions hydrologiques du site, plusieurs barrages ont été construits dans le fossé en novembre 2011. Au cours de l'été qui a suivi la construction de barrages et la récolte des arbres, le niveau de la nappe phréatique a considérablement augmenté dans de nombreux endroits, mais surtout en amont des barrages et le long du fossé. Cependant, le niveau de la nappe phréatique est resté affecté par la présence du fossé dans des endroits précis. Alors que l'écoulement de l'eau hors du site a été fortement réduit en raison de la rétention efficace fournie par les barrages, les caractéristiques originales de l'eau du sol n'ont pas pu être restaurées de manière uniforme le long du fossé. Un suivi à long terme du site permettra d'étudier le succès de la restauration et de faire des recommandations pour la gestion future de ces types de fossés.

Suspended sediment mitigation downstream of harvested peatlands: From problem recognition to the ongoing struggle for a solution

*Atténuation de la quantité de sédiments en suspension en aval de tourbières exploitées :
de la reconnaissance du problème à une solution*

**André St-Hilaire¹, Azziz Es-Sahli², Bronwyn Pavey³, Myriam Samson-Dô⁴ &
Marie Clément⁵**

^{1,4} Institut national de la recherche scientifique – Eau, Terre et Environnement, 490, rue de la Couronne, Québec, QC, G1K 9A9, Canada; ¹email: Andre.St-Hilaire@ete.inrs.ca;

² Organisme du bassin versant de la rivière Nipisiguit, NB, Canada; ³ Parcs Canada, Unité de gestion du Sud du Nouveau-Brunswick, NB, Canada; ⁵ Labrador Institute of Memorial University, Goose Bay, NL, Canada

Abstract: To harvest peat, vegetation must be removed and the harvested area is ditched to drain and dry the peat. Drainage ditches are often designed to route water to settling ponds prior to releasing runoff into nearby water bodies. Recent studies investigated suspended sediment concentration (SSC), downstream of settling ponds in an actively harvested peatland. High frequency time series of SSC were recorded at numerous sites in New Brunswick using optical back scatterometers (OBS) calibrated *in situ*. SSC values exceeded the New Brunswick provincial guideline of 25 mg l⁻¹ between 53.6 and 86.0% of the time. In a first study, a statistical model of SSC exceedance, based on logistic regression, showed that 5-day cumulative precipitation, air temperature and 3-day lagged discharge explained high threshold exceedance. The links between hydrometeorological forcings and SSC at other harvested sites was more tenuous in subsequent studies. Frequency of pond maintenance and maintenance techniques have an impact on sedimentation pond efficiency. At one of the studied sites, geotextile baffles were installed in the sedimentation pond in an attempt to lengthen the reservoir residence time of sediment-laden incoming water. The effect of pond cleaning on the levels of SSC as well as the effect of the installation of the baffles was determined using measurements of SSC and a calculation of pond efficiency. The baffles helped to improve the efficiency of the pond. SSC levels were lower after pond structure modifications, even though more rain fell in the monitoring period following baffle installation than prior to these modifications. A better improvement in pond efficiency may possibly have been recorded had the baffles been properly maintained. Future work will include numerical modeling of pond efficiency to provide the industry with improved design criteria.

Résumé : Pour extraire de la tourbe, la végétation doit être enlevée et la superficie à récolter est drainée pour faire sécher la tourbe. Les canaux de

drainage sont souvent conçus pour conduire l'eau vers des bassins de sédimentation avant qu'elle soit libérée vers des cours d'eau à proximité. Des études récentes ont cherché à connaître la concentration de sédiments en suspension (CSS) en aval des bassins de sédimentation d'une tourbière activement récoltée. Des séries temporelles à haute fréquence de CSS ont été enregistrées dans plusieurs sites du Nouveau-Brunswick (NB) à l'aide de diffusomètres optiques calibrés sur place. Les valeurs de CSS ont dépassé les directives provinciales du NB de 25 mg l⁻¹, pendant 53,6 à 86,0 % des périodes de temps mesurées. Dans une première étude, un modèle statistique de la CSS basé sur une régression logistique a montré que le cumul des précipitations de 5 jours, la température de l'air et une décharge retardée de 3 jours expliquaient ce fort dépassement du seuil. Les liens entre les forçages hydrométéorologiques et la CSS mesurée à d'autres sites étaient plus ténus dans des études subséquentes. La fréquence de l'entretien et les techniques d'entretien ont un impact sur l'efficacité du bassin de sédimentation. Dans l'un des sites étudiés, des toiles géotextiles ont été installées dans le bassin de sédimentation pour tenter d'allonger le temps de séjour de l'eau chargée de sédiments dans celui-ci. L'effet du bassin de nettoyage sur les niveaux de CSS ainsi que l'effet de la mise en place des toiles de géotextile ont été déterminés en utilisant des mesures de CSS. Les toiles ont contribué à améliorer l'efficacité du bassin. Les niveaux de CSS étaient plus faibles après les modifications de structure du bassin, même si plus de pluie est tombée dans la période suivant l'installation des toiles qu'avant ces modifications. Les travaux futurs comprendront la modélisation numérique de l'efficacité des bassins de sédimentation pour fournir à l'industrie une amélioration des critères de conception.

Restoration of the Grande plée Bleue peatland oil spill

Restauration de la tourbière de la Grande plée Bleue après un déversement d'hydrocarbures

François Quinty

Golder associés, 1170, boul. Lebourgneuf, bureau 200, Québec, QC, G1K 2E3, Canada;
email: fquinty@golder.com

Extended abstract: In August 2004, a train carrying gas and diesel derailed in the Grande plée Bleue peatland, a bog located approximately 10 km east of Lévis on the south shore of the St. Lawrence River. About 225,000L of gas and diesel were spilled, of which nearly 80% were recovered by pumping soon after the event. The remaining oil was absorbed by the peat and the mineral soil. A ditch was dug out and a membrane was installed to intercept the oil. The spill occurred at the peatland margin and affected an area of about 2 ha comprising a bog south of the railroad and a fen on the north side.

A monitoring program was developed and implemented to follow soil quality, groundwater quality and vegetation. Soil contamination was highly variable, likely because surface topography resulted in the oil spreading unevenly among depressions and mounds. Oil that exceed concentration criteria remain in the soil north and south of the railroad. Groundwater was also affected although the oil did not reach the deep aquifer. Tree species and mosses (mostly Sphagnum) were most affected in the fen and the bog. Ten years after the oil spill, plants have recovered and there are almost no signs of contamination except for a few snags still in place. There has been no active site rehabilitation since 2004 and a rehabilitation plan was prepared to remove the oil and restore the affected peatland with different strategies for the bog and the fen. Remediation work is expected to begin in 2014.

For the bog, plots will be set up to test an in-situ biodegradation approach (*in situ* air sparging) that consists of injecting air in the acrotelm to stimulate biologic activity and degrade the remaining oil. The objective is to find out over a 2-year experiment if such treatment would enable meeting the criteria within a 10-year period before extending the approach to the entire contaminated bog.

The remediation approach of the fen is different than for the bog and reasons for that reside in major differences in matrix composition, permeability and topography. The proposed approach includes removing the top 30 cm of the peat/soil where most the oil is present and ship them to a soil treatment site. Peat removal will be limited to open areas to

preserve trees that have begun recolonizing the site. The peat will be replaced by an equivalent layer of clean peat from a nearby harvested peatland. Attempts will be made to recreate the original microtopography. Plant material will be collected in a nearby peatland from a poor fen area and it will be spread over the new peat surface. Prior to peat removal, the herbaceous vegetation will be collected and used as mulch and as a seed bank of species that were already growing on site. A seed mix will be sowed to speed up plant growth and prevent exotic invasive species establishment, such as common reed (*Phragmites australis*), and trees will be planted.

Résumé détaillé : En août 2004, un train transportant des hydrocarbures a déraillé dans la tourbière Grande plée Bleue située sur la rive sud du Saint-Laurent, à environ 10 km à l'est de Lévis. Environ 225 000 L d'essence et de diésel se sont déversés, dont près de 80 % a été récupéré par pompage peu après l'événement. Le reste des hydrocarbures s'est répandu dans la tourbe et les sols. Des tranchées ont été creusées et une membrane a été installée afin de confiner les hydrocarbures et les empêcher de se répandre dans l'environnement. Le déversement s'est produit en marge de la tourbière et a affecté une superficie de près de 2 ha comprenant un secteur ombrotrophe (bog) au sud de la voie ferrée, et un secteur minérotrophe (fen) au nord de celle-ci.

Un programme de surveillance a été élaboré et mis en place pour mesurer l'impact des hydrocarbures sur les sols, l'eau souterraine et la végétation. Le degré de contamination des sols est très variable, probablement en raison d'une microtopographie en buttes et en dépressions qui a causé un écoulement différentiel des hydrocarbures. Une certaine quantité de pétrole dont la concentration dépasse les critères applicables subsiste dans la tourbe et les sols de part et d'autre de la voie ferrée. La nappe phréatique a aussi été affectée mais la contamination n'a pas atteint l'aquifère profond. En ce qui concerne la végétation, les arbres et le couvert muscinal (composé surtout de sphaignes) ont particulièrement été touchés dans le bog et le fen. Dix ans après

l'événement, la végétation s'est rétablie et ne comporte pratiquement pas de traces visibles de l'impact du déversement, si ce n'est la présence de quelques chicots morts encore debout. Le site n'a fait l'objet d'aucune réhabilitation active depuis le déversement, mais de tels travaux devraient débiter en 2014. Un plan de réhabilitation qui propose des stratégies différentes pour le bog et le fen a été élaboré afin de décontaminer les sols jusqu'aux limites acceptables et de restaurer la végétation.

Pour le bog, le plan prévoit la mise en place de parcelles expérimentales pour tester, sur une période de deux ans, l'efficacité d'une approche de biodégradation par biobarbotage qui consiste à injecter de l'air dans l'acrotelme pour stimuler l'activité microbienne et dégrader les hydrocarbures. L'objectif vise à déterminer si cette approche permettrait d'abaisser la quantité d'hydrocarbures à un niveau acceptable au cours d'une période maximale de 10 ans, avant de l'étendre à l'ensemble du bog contaminé.

Une autre approche est proposée pour le fen en raison des différences dans la composition du sol, de sa perméabilité et de la topographie. Elle consiste à excaver les premiers 30 cm de tourbe et de sol où se trouve la plus grande partie des hydrocarbures, puis de les transporter à un site de traitement. L'excavation sera limitée aux zones ouvertes afin de préserver les arbres qui commencent à recoloniser le site. La tourbe et les sols excavés seront remplacés par une quantité équivalente de tourbe propre provenant d'une tourbière exploitée située à proximité. La microtopographie sera recréée dans la mesure du possible, puis du matériel végétal récolté dans un secteur minérotrophe d'une tourbière proche sera épandu en surface. La végétation herbacée sera fauchée avant l'excavation des sols, puis remise en surface pour servir de paillis et de source de graines. Un mélange de graines sera également semencé pour accélérer le développement d'un couvert végétal et prévenir l'établissement d'espèces exotiques envahissantes comme le roseau commun. Des arbres seront aussi plantés sur le site.

Biochar and effect of phosphorus on *Polytric*

L'effet du biocharbon et du phosphore sur le polytric

Stéphane Godbout^{1,2}, Rémy Pouliot³, Sandrine Hugron³ & Line Rochefort⁴

¹ Institut de Recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P 3W8, Canada; email: stephane.godbout@irda.qc.ca

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

^{3,4} Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC, Canada; ⁴ email: line.rochefort@fsaa.ulaval.ca

Abstract: During the ecological peatland restoration, fertilization with phosphate rock is commonly used to accelerate the growth of *Polytrichum strictum*, a pioneer species that reduces wind erosion and frost heaving and thus aids the establishment of *Sphagnum* mosses. Pig manure based biochar could be an alternative fertilizer to phosphate rock during peatland restoration with the advantage of being produced locally. This biochar rich in phosphorus was produced from dried solid fraction using a slow pyrolysis process. Main objective of the present study was to test if biochar derived from solid fraction of pig manure can be a substitute for imported phosphate rock currently used in peatland restoration.

Two experiments were run. First, various doses of biochar were compared to phosphate rock to test its effect directly on *P. strictum* stem regeneration (in growth chamber). Second, a simulation of peatland restoration with the moss layer transfer technique was done in greenhouse to compare the effects of biochar and phosphate rocks on the establishment of the moss carpet. Lower doses of biochar than the dose of phosphate rock typically used during restoration induced a similar regeneration of *P. strictum* fragments. During the restoration simulation, a dose of biochar corresponding to the ¼ of the phosphate rock dose commonly used induced a higher number a new *P. strictum* stems (no effect on *P. strictum* and *Sphagnum* moss cover). Biochar can effectively replace phosphate rock giving a new waste management option for rural regions with phosphorus surpluses. For peatland restoration, between 3 and 9 g m⁻² of pig manure biochar is recommended (standard dose of phosphate rock = 15 g m⁻²).

Résumé : La fertilisation avec de la roche phosphatée, une étape de la restauration écologique des tourbières, est couramment utilisée pour accélérer la croissance de *Polytrichum strictum*. Il s'agit d'une espèce pionnière qui réduit l'érosion par le vent et le soulèvement gélival, aidant ainsi l'établissement des sphaignes. Le biocharbon dérivé du lisier de porc pourrait être une solution de remplacement à la roche phosphatée comme fertilisant durant la restauration des tourbières. Un avantage est que le biocharbon peut être produit localement. Ce biocharbon riche en phosphore est produit à partir de la fraction solide préalablement séchée par pyrolyse. L'objectif principal de l'étude était de vérifier si le biocharbon produit par la transformation de la fraction solide du lisier de porc peut être un substitut à la roche phosphatée actuellement importée durant la restauration des tourbières.

Deux expériences ont été menées. Tout d'abord, plusieurs doses de biocharbon ont été comparées à la roche phosphatée pour évaluer l'effet directement sur la régénération des tiges de *P. strictum* (en chambre de croissance). Deuxièmement, une simulation de restauration des tourbières a été faite en serre pour comparer les effets du biocharbon et de la roche phosphatée sur l'établissement du tapis de mousse. Des doses plus faibles de biocharbon que celles de roche phosphatée généralement utilisée lors de la restauration ont induit une régénération similaire des fragments de *P. strictum*. Au cours de la simulation en serre, une dose de biocharbon correspondant au ¼ de la dose de roche phosphatée normalement utilisée a induit un nombre plus élevé de nouvelles tiges de *P. strictum* (pas d'effet sur le couvert de *P. strictum* et de sphaigne). Le biocharbon peut donc remplacer efficacement la roche phosphatée, ce qui donne une nouvelle option pour la gestion des déchets dans les régions avec des excédents de phosphore. Pour la fertilisation durant la restauration des tourbières, la recommandation pour la dose de biocharbon dérivé du lisier de porc est entre 3 et 9 g m⁻² (et la dose standard de roche phosphatée de 15 g m⁻²).

Physics of growing media in a green future

Physique des milieux artificiels et durabilité

Jean Caron

Chair in precision irrigation, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval,
2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
email: jean.caron@fsaa.ulaval.ca

Abstract: New environmental regulations regarding water and biomass use, changes in production technology, expansion of soilless culture to new crops and progress in real time instrumentation have indicated need for new norms to guide the future design of substrates of an evolving world. Such norms should be dynamic ones, like gas diffusivity and capillarity among others, on top of the existing classic static air filled porosity and available water and included in fluxes in mass balance calculations, quantifying the supply of the substrates to meet dynamic plant requirements. These approaches can bring better use of resources in growing media.

Résumé : Les nouvelles réglementations environnementales concernant l'utilisation de l'eau et de la biomasse, des changements dans la technologie de production, l'expansion de la culture hors-sol à de nouvelles cultures et des progrès en instrumentation justifient le besoin de nouvelles normes pour guider la conception des substrats d'un monde en évolution. Ces normes devraient être dynamiques, comme la diffusivité de gaz et la capillarité entre autres, en complément de normes statiques classiques comme la porosité d'air et la disponibilité en eau. De plus, on devrait inclure les flux et les calculs de bilan de masse pour quantifier l'apport d'eau et d'air des substrats pour répondre aux exigences de croissance végétale. Ces approches peuvent apporter une meilleure utilisation des ressources dans les milieux de culture.

Peat and horticultural substrates: Look to the past to Inform the future ***La tourbe et les substrats horticoles : regarder le passé pour informer le futur***

William B. Miller¹ & Neil S. Mattson²

^{1,2} Department of Horticulture, Cornell University, Ithaca, NY 14853, U.S.A. ;
¹ email: wbm8@cornell.edu; ² email: nsm47@cornell.edu

Abstract: Peat is widely used in horticultural production around the world. It is a nearly perfect material, meeting the many criteria necessary for a modern potting substrate. Several characteristics of peat make it an ideal component for potting mixes including: high water and air holding capacity, high cation exchange capacity, low inherent nutrient content, permeability to air and water, and is substantially disease free. These characteristics allow peat to be blended with other organic or inorganic components to produce excellent planting mixes. For example, low nutrient content of harvested peat has been an advantage, as growers can add nutrients (and lime) that are needed, given the consistency of the low nutrient peat. Peat is similarly valuable as a garden soil additive. Other competing organic substrates, notably "coco peat"

(coir) have similar attributes although sometimes suffer from excessive salt content.

Planting mixes (substrates, media, container soils) have evolved continually since 4,000 years ago when in ancient Egypt, trees were grown in stone containers, to the early scientific writings on container mixes (John Lindley, 1855), to the development of the University of California (UC) System, which considered potting mixes as a component of an integrated production system including the plant and its rootzone, disease, insects and the environment and numerous adjustments since (e.g. Cornell mixes) and widespread industrialization of planting mix preparation and use.

Consumers demand simplicity and/or multi-functionality of technologies in their lives. Professional growers strive to meet these needs. Well-meaning organizations impose guidelines that pose severe challenges to the future of horticultural peat. We begin to wonder how the physical, chemical and environmental attributes and capabilities of horticultural substrates will change. How can peat maintain and expand its presence in horticulture? How can potting mixes be improved to benefit both professional growers and consumers? To continue its current market share, we propose that peat-based substrates must demonstrate superiority in terms of its physical and chemical properties and ultimately consumer success with growing plants. A recent trial at Cornell comparing several retail potting-mixes for performance of lilies and vegetable transplants will be discussed and implications for peat noted.

Résumé : La tourbe est largement utilisée dans le monde en production horticole. Il s'agit d'un matériau presque parfait, réunissant les nombreux critères nécessaires à un substrat moderne de rempotage. Plusieurs des caractéristiques de la tourbe en font le composant idéal pour les mélanges de substrat, comme sa forte capacité de rétention d'eau et d'air, sa grande capacité d'échange de cations, sa basse teneur inhérente en substances nutritives, sa perméabilité à l'air et à l'eau et son absence d'agents pathogènes. Ces caractéristiques permettent à la tourbe d'être mélangée avec d'autres composants, qu'ils soient organiques ou non, afin de produire d'excellents mélanges de plantation. Par exemple, la faible teneur en éléments nutritifs de la tourbe récoltée s'est révélée être un avantage, puisque les cultivateurs peuvent ajouter les substances nutritives (et la chaux) qui sont nécessaires. La tourbe possède une valeur similaire comme additif de sol pour les jardins. D'autres substrats organiques compétitifs, comme la « tourbe de

coco », ont des attributs semblables, quoiqu'ils présentent parfois une teneur excessive en sels.

Les mélanges de plantation (substrats, terreaux, sols) ont évolué continuellement depuis l'Égypte ancienne, il y a 4 000 ans, lorsque les arbres poussaient dans des contenants de pierre, jusqu'aux premiers écrits scientifiques sur les mélanges de substrats (John Lindley, 1855), puis encore jusqu'au développement du Système de l'Université de la Californie, qui considéra les terreaux comme une composante d'un système de production intégrée, incluant la plante et sa rhizosphère, les agents pathogènes, les insectes et leur environnement. De nombreux ajustements ont été réalisés depuis (p. ex. les mélanges de Cornell), et l'industrialisation de la préparation et de l'usage de mélanges de plantation s'est répandue.

Les consommateurs réclament des technologies simples et/ou multifonctionnelles. Les cultivateurs professionnels s'efforcent de contenter leurs besoins. Divers organismes imposent des directives impliquant des obstacles quant au futur de la tourbe horticole. Nous commençons à nous demander comment les caractéristiques et les capacités physiques, chimiques et environnementales des substrats horticoles changeront. Comment la tourbe peut-elle se maintenir et se développer en horticulture? Comment les terreaux peuvent-ils être améliorés afin de profiter aux cultivateurs professionnels comme aux consommateurs? Afin de maintenir son actuelle part de marché, nous proposons que les substrats à base de tourbe démontrent la supériorité de leurs propriétés physiques et chimiques, et ultimement leur succès auprès des consommateurs pour la croissance des plantes. Une récente expérience menée à l'Université Cornell comparant des ventes au détail de mélanges de rempotage pour des transplantations de lis et de légumes sera discutée, et son implication pour la tourbe, notée.

***Sphagnum* farming in Canada: The past, the present and the future**

La culture de sphaigne au Canada : le passé, le présent et le futur

Rémy Pouliot¹, Sandrine Hugron² & Line Rochefort³

^{1,2,3} Département de phytologie, pavillon Paul-Comtois, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;

¹ email: remy.pouliot.1@ulaval.ca; ² email: sandrine.hogue-hugron.1@ulaval.ca;

Abstract: *Sphagnum* farming can be defined as the sustainable production of non-decomposed *Sphagnum* fiber biomass on a cyclic and renewable basis. Many uses are possible for that kind of biomass production, including the incorporation in growing substrates, as floral moss, as plant packaging during transport or as moss reintroduction material for peatland restoration projects. *Sphagnum* farming can thus reduce the human pressure on the remaining natural peatlands in the surroundings areas. Despite its various benefits, research on *Sphagnum* farming is limited. To determine if *Sphagnum* farming can be feasible on a large-scale basis, six yearly production cycles were implemented in trenches of formerly block-cut peatland. Specific goals were to evaluate the moss carpet development and biomass accumulation following large scale mechanized *Sphagnum* farming and to determine if manual controls of water level (with wooden device) in open ditches adequately maintain similar water levels between production cycles. After seven years, *Sphagnum* cover (67%) and accumulated biomass (787 g m⁻²) in the culture basins were similar or superior to surveys done in restored peatlands. However, values differed widely between and within a given production cycle when comparing the basins after the same number of growing seasons. That could be linked with the observed variations of water table levels. The optimization of water access for *Sphagnum* mosses will be a major driver for improving the productivity of *Sphagnum* farming. In that direction, new *Sphagnum* culture basins with automated irrigation systems have been created and first results will be discussed.

Résumé : La culture de sphaigne peut être définie comme la production durable de biomasse de fibres de sphaigne non décomposées sur une base cyclique et renouvelable. Plusieurs utilisations sont possibles pour cette biomasse, notamment son incorporation dans les substrats de culture, comme mousse florale, comme emballage durant le transport de certaines plantes ou comme matériel végétal pour les projets de restauration des tourbières. La culture de sphaigne peut donc réduire la pression anthropique sur les tourbières naturelles des alentours. Malgré ses nombreux bénéfices, la recherche sur ce sujet est limitée. Pour déterminer si la culture de sphaigne est possible à grande échelle, six cycles de production annuels ont été mis en place dans des tranchées de tourbières où la coupe par blocs a eu lieu. Les objectifs spécifiques étaient d'évaluer le développement du tapis de sphaigne et l'accumulation de biomasse suivant la culture mécanisée de sphaigne à grande échelle et de déterminer si le contrôle manuel des niveaux d'eau (avec un dispositif en bois) dans des canaux ouverts peut adéquatement maintenir l'eau à des niveaux similaires entre les cycles de production. Après sept ans, le couvert de sphaignes (67 %) et la biomasse accumulée (787 g m⁻²) dans les bassins de culture sont similaires ou supérieurs aux valeurs des tourbières restaurées. Cependant, les résultats différaient considérablement entre et au sein d'un cycle de production donné lorsque les bassins étaient comparés après le même nombre de saisons de croissance. Ceci peut être lié aux importantes variations des niveaux de la nappe phréatique que nous avons observées. L'optimisation de l'accès à l'eau pour les sphaignes sera un facteur important pour l'amélioration de la productivité des bassins de culture. Dans ce sens, de nouveaux bassins avec des systèmes d'irrigation automatisés ont été créés et les premiers résultats seront présentés.

The rise and fall of a cotton grass invasion

Grandeurs et misères d'une invasion de linaigrette

Claude Lavoie¹ & Annie Saint-Louis²

École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional, Université Laval, 2325, rue des Bibliothèques,
Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
email: claude.lavoie@esad.ulaval.ca

Abstract: Peatlands that have been used for peat extraction and then subsequently restored or simply abandoned are often massively colonized by the cotton grass (*Eriophorum vaginatum*), an opportunistic species. Several ecologists suggested that cotton grass tussocks create microclimatic conditions propitious for the establishment of other vascular and non-vascular plant species, and thus contribute to accelerate site restoration, but much of the evidence is circumstantial; a cause and effect link is hard to establish. We monitored from 1998 to 2007 a dense cotton grass population in an abandoned peatland of southern Québec to verify whether this population effectively facilitated the establishment of other plants on the drier sections of the site. After an initial and massive expansion of the cotton grass cover from 1998 to 1999 (+256%), a constant decline (–7% to –48% per year) was observed from 2002 to 2007. Very few new tussocks were formed during the monitoring period. Hydrological conditions (water table, volumetric peat water content) were apparently suitable for the establishment of other vascular and non-vascular plants, but nevertheless, very few species increased their cover, with the exception of birch, an undesirable species. Other restoration experiments have shown that the massive establishment of the cotton grass does not necessarily impede the restoration success, but its presumed succession facilitation effect on moss species is probably minor.

Résumé : Les tourbières qui ont été utilisées pour l'extraction de la tourbe et qui ont par la suite été restaurées ou laissées à l'abandon sont souvent colonisées de façon massive par la linaigrette (*Eriophorum vaginatum*), une espèce opportuniste qui s'établit avec facilité sur les substrats organiques dénudés. Plusieurs écologistes soutiennent que les touradons de linaigrette créent des conditions microclimatiques propices à l'établissement et à la croissance d'autres plantes vasculaires et invasculaires, et qu'ils contribuent ainsi à accélérer la restauration des sites. Les preuves sont néanmoins circonstancielles et les liens de cause à effet difficiles à établir. Nous avons suivi de 1998 à 2007 une population dense de linaigrette dans une tourbière abandonnée du sud du Québec pour vérifier si cette population a effectivement facilité l'établissement d'autres plantes dans les secteurs secs du site. Le couvert en linaigrette a augmenté de façon massive entre 1998 et 1999 (+ 256 %), mais il a par la suite (2002 à 2007) décliné de manière constante (– 7 à – 48 % d'une année à l'autre). Très peu de nouveaux touradons se sont formés après 1999. Les conditions hydrologiques (niveau de la nappe phréatique, contenu volumétrique en eau de la tourbe) étaient apparemment propices à l'établissement d'autres plantes, mais très peu d'espèces ont vu leur couvert augmenter, à l'exception du bouleau dont la présence n'est guère souhaitable. D'autres travaux de restauration ont montré que la présence massive de linaigrette ne nuit pas au succès du rétablissement des mousses, mais le présumé effet facilitateur de cette espèce sur les autres plantes est probablement, en définitive, assez mineur dans son ensemble.

A brief history of monitoring the invisible: Microbial communities in restored peatlands

L'essentiel est invisible pour les yeux : le suivi de communautés microbiennes dans les tourbières restaurées

Roxane Andersen

Environmental Research Institute, University of the Highlands and Islands, Thurso, Scotland, UK;
email: Roxane.andersen@uhi.ac.uk

Abstract: Peatlands have long been known to support large microbial populations of wide metabolic diversity. The microbial diversity in peatlands is characterized by organisms that have developed physiological and metabolic adaptations to cope with conditions that include low oxygen availability, cold temperature, acidity and oligotrophy. Interestingly, microbial communities in peatlands appear to be organized as repeat mosaics responding to vegetation, physicochemical and hydrological characteristics more than to geographical distance.

Micro-organisms in peatlands feedback on plant productivity by controlling the turnover of organic carbon cycle and nutrient mineralization and uptake, thus play a critical role in overall ecosystem functioning. How community structure and the processes they control are related to each other, how they are affected by disturbances, and how they recover after restoration are still critical gaps in our knowledge. Nevertheless, as methodologies develop and new molecular techniques become widely available, researchers have started to peer further into the “black box” of soil microbial communities and are beginning to unravel what regulates microbial communities and their activities in peatlands.

This presentation will give an overview of what we have learnt from monitoring microbial communities in restored peatlands over the last two decades, and what opportunities lay ahead.

Résumé : Il est reconnu depuis longtemps que les tourbières possèdent une large population microbienne comprenant une grande diversité métabolique. En réponse aux conditions environnementales typiques des tourbières (acidité, oligotrophie, températures froides, anoxie), les communautés microbiennes sont caractérisées par des organismes spécialisés et hautement adaptés. Ces communautés, par ailleurs, semblent organisées en mosaïques répétées qui répondent davantage aux conditions locales de végétation, de physicochimie et d'hydrologie qu'à la distance géographique.

Les microorganismes sont responsables du recyclage de la matière organique des tourbières. Ce faisant, ils jouent un rôle clé dans la redistribution des éléments nutritifs et donc dans la productivité primaire des plantes et le fonctionnement de l'écosystème. La relation entre ces processus clés et la structure des communautés microbiennes est loin d'être élucidée, tout comme leurs complexes réponses aux perturbations et à la restauration. Cependant, avec le développement de nouvelles méthodes et l'avènement d'une ère où les techniques moléculaires sont de plus en plus accessibles, il devient possible de dépasser la « boîte noire » et de commencer à démystifier les communautés microbiennes et leurs activités dans les tourbières.

Cette présentation donnera un aperçu de ce que le suivi de la microbiologie dans les tourbières restaurées nous a appris dans les 20 dernières années, et des nouvelles opportunités qui se présentent.

Effects of restoration of vacuum sites on the recolonization by birds

Effets de la restauration des sites récoltés par aspiration sur la recolonisation par les oiseaux

André Desrochers

Centre d'étude de la forêt, Université Laval, 2405, rue de la Terrasse, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
email: andre.desrochers@sbf.ulaval.ca

Abstract: From 1993 to 2011, ornithologists have documented the occurrence of songbirds in 21 peatlands in Quebec. 1072 surveys of songbirds and vegetation were carried out during the breeding season in 691, 243 and 138 natural, abandoned and restored sites, respectively. We studied four focal species, i.e., songbirds regionally occurring mostly in peatlands: Lincoln's Sparrow, Savannah Sparrow, Palm Warbler, and Common Yellowthroat. Based on generalized linear mixed models, we found that after 15 years, most vegetation parameters from restored sites converged to those of surrounding natural sites. However, during the same period, occurrence of abandoned or restored sites by focal songbirds did not converge to that of natural sites. The four focal songbirds declined sharply in Quebec during the two decades of this study. It is likely that this general decline has greatly affected the population trends in the three types of sites, as well as their non-convergence.

Résumé : De 1993 à 2011, des ornithologues ont évalué la fréquentation de 21 tourbières du Québec par les oiseaux. Au total, 1 072 relevés d'oiseaux chanteurs ainsi que des suivis de la végétation ont été effectués durant la saison de reproduction dans 691 sites naturels, 243 sites abandonnés et 138 sites restaurés. Nous nous sommes concentrés sur quatre espèces prioritaires, c'est-à-dire des oiseaux chanteurs régionalement spécialistes des tourbières : le Bruant de Lincoln, le Bruant des prés, la Paruline à couronne rousse et la Paruline masquée. En nous basant sur des modèles linéaires généralisés mixtes, nous avons établi qu'après 15 ans, la plupart des paramètres végétaux des sites restaurés ont convergé vers les paramètres des sites naturels avoisinants. Cependant, au cours de la même période, la fréquentation des sites abandonnés ou restaurés par les espèces prioritaires n'a pas convergé vers celle des sites naturels. Les quatre espèces prioritaires ont fortement décliné au Québec durant les deux décennies de cette étude. Il est probable que ce déclin généralisé ait grandement influencé les tendances des populations dans les trois types de sites, ainsi que leur non-convergence.

Wetland conservation in Quebec

La conservation des milieux humides au Québec

Monique Poulin¹ & Jérôme Cimon Morin²

^{1,2} Département de phytologie, pavillon Paul-Comtois, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;

¹ email: monique.poulin@fsaa.ulaval.ca

Abstract: With a total area of 189 593 km², wetlands cover 12.5% of Quebec's continental territory. Today, 8% of the province's wetlands are protected, the majority (90%) at a category II or III level on the International Union for Conservation of Nature (IUCN) scale. Studies by the Peatland Ecology Research Group (PERG) have contributed to the development of conservation approaches that can be applied on a regional as well as provincial scale. One product of GRET's research has been effective use of satellite imagery to characterize ombrotrophic peatland habitats in southern Quebec. The produced maps in turn have led to the development of conservation approaches based on algorithms of reserve selection, particularly in regard to the protection of a species found in peatlands, the Palm warbler. Since the beginning of this millennium, there has been great interest in ecological services, and these are increasingly seen as important motors for conservation initiatives because they illustrate economic arguments in favor of the protection of natural habitats. An approach based on ecological services is currently being applied in the specific case of wetlands conservation in the Minganie region. Preliminary results of this study and the issues at stake in terms of biodiversity conservation will be presented.

Résumé: Les milieux humides couvrent 12,5 % du territoire continental québécois, avec une superficie totale évaluée à 189 593 km². Leur protection a évolué au fil des décennies et il y a maintenant 8 % de milieux humides protégés pour la province, la grande majorité (90 %) bénéficiant d'un niveau de protection de catégorie II ou III selon l'échelle de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Certains travaux du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) ont contribué à développer des approches de conservation applicables à l'échelle régionale et provinciale. Notamment, l'imagerie satellitaire s'est montré un outil efficace pour caractériser les habitats de tourbières ombrotrophes dans le sud du Québec. Les 13 habitats ainsi cartographiés ont par la suite servi au développement d'approches de conservation basées sur les algorithmes de sélection de réserves, en regard de la protection d'une espèce inféodée aux tourbières, la Paruline à couronne rousse. Depuis le milieu des années 2000, il y a un fort engouement pour les services écologiques et ceux-ci sont de plus en plus perçus comme des moteurs importants pour les initiatives de conservation, puisqu'ils servent d'arguments économiques pour la protection des habitats naturels. Une approche par services écologiques est présentement appliquée au cas concret de la conservation des milieux humides de la Minganie. Les résultats préliminaires de cette étude et les enjeux en regard de la conservation de la biodiversité seront présentés.

Dynamics and integrity of peatlands in agricultural landscapes

La dynamique et l'intégrité des tourbières dans les paysages agricoles

Stéphanie Pellerin

Institut de recherche en biologie végétale, Jardin botanique de Montréal, Université de Montréal, 4101, Sherbrooke Est, Montréal, QC, H1X 2B2, Canada;

email: stephanie.pellerin.1@umontreal.ca

Abstract: *Sphagnum*-dominated peatlands (bogs) located in inhabited regions are threatened ecosystems in north eastern North America due to land conversion, peat extraction and agricultural activities. Plant communities of remaining bogs are also at risk since they are likely to change rapidly owing to indirect human activity effects (air pollution drainage, warming climate). Identifying healthier bogs to be included in a reserve network that will ensure the long-term persistence of target communities is therefore a challenge.

In this presentation, I will summarize the results of two studies aiming to evaluate whether peatland orchids (*Platanthera blephariglottis* and *Arethusa bulbosa*) are indicators of *Sphagnum* bog integrity. The studies were carried out in 70 bogs of southern Quebec, Canada. Vegetation and abiotic variables were collected within 140 sampling plots and disturbance variables were determined using aerial photographs and satellite imagery. The level of integrity on each plot was assessed by calculating a Floristic Quality Assessment Index (FQAI) and an Anthropogenic Activity Index (AAI). Data were analyzed with ANOVAs, multivariate techniques and logistic multiple regression. Results indicated that the presence and abundance of *Platanthera blephariglottis* were positively linked to the FQAI and negatively to the perimeter/area ratio variable, suggesting that this species is most abundant and frequent at sites that are less disturbed and influenced by human activities. *Arethusa bulbosa* presence was not strongly linked to human disturbance variables. Our studies showed that *Platanthera blephariglottis* abundance and presence may be used to rapidly and accurately evaluate *Sphagnum* bog integrity, but not *Arethusa bulbosa*.

Résumé : Les tourbières ombrotrophes situées dans les régions habitées sont des écosystèmes fortement menacés dans le nord-est de l'Amérique du Nord, en raison de la conversion des terres, de l'extraction de la tourbe et des activités agricoles. Les communautés végétales des tourbières restantes sont également à risque, car elles sont susceptibles de changer rapidement face aux impacts indirects des activités humaines (drainage, pollution de l'air, réchauffement climatique). L'identification des tourbières les plus intègres à inclure dans un réseau de réserves qui assurera la persistance à long terme des communautés cibles est donc un défi.

Dans cette présentation, je résumerai les résultats de deux études visant à évaluer si les orchidées tourbicoles (*Platanthera blephariglottis* et *Arethusa bulbosa*) sont des indicateurs de l'intégrité des tourbières ombrotrophes. Les études ont été réalisées dans 70 tourbières du sud du Québec. Les variables floristiques et abiotiques ont été recueillies dans 140 parcelles d'échantillonnage et les variables de perturbation ont été déterminées à l'aide de photographies aériennes et d'images satellites. Le niveau d'intégrité de chaque parcelle a été évalué en calculant un indice de qualité floristique (FQAI) et un indice d'activités anthropiques (AAI). Les données ont été analysées avec des ANOVAs, des techniques multivariées et des régressions logistiques multiples. Les résultats indiquent que la présence et l'abondance de *Platanthera blephariglottis* étaient positivement liées au FQAI et négativement au ratio périmètre/aire, ce qui suggère que cette espèce est plus abondante et fréquente dans les sites qui sont moins perturbés et qu'elle est influencée par les activités humaines. La présence d'*Arethusa bulbosa* n'était pas fortement liée aux variables de perturbations humaines. Nos études ont montré que l'abondance et la présence de *Platanthera blephariglottis* peuvent être utilisées pour évaluer rapidement et avec précision l'intégrité des tourbières ombrotrophes, mais pas *Arethusa bulbosa*.

On the influence of the Peatland Ecology Research Group: From papers to policies

L'influence du Groupe de recherche en écologie des tourbières : des articles scientifiques aux politiques gouvernementales

Daniel Lachance¹ & Martin Joly²

^{1,2} Service de l'expertise en biodiversité, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, 675 boul. René-Lévesque Est, 4e étage, boîte 21, Québec, QC, G1R 5V7, Canada;

¹ email: Daniel.Lachance@mddefp.gouv.qc.ca

Abstract: Over the twenty-two years of its existence, the Peatland Ecology Research Group (PERG) has managed a feat that few research groups can boast of: it has torn down the wall between scientists and policy makers. Today, the PERG's scientific papers are frequently cited by consultants, conservationists, industry representatives and state employees. Indeed, there are barely a handful of modern impact assessment studies that address the question of wetlands without mentioning any of the PERG's findings. This presentation recaps a few of the research group's most influential publications and examines how they were used by various entities over the years. Papers by some of the PERG's former students are also examined. From this, it appears that the PERG's influence is expanding. Over the past years, the PERG's findings were used to reinforce planning, project design and policy making. Now that the government is in the process of revising its wetland regulations, the PERG's findings could be influential in law making as well. In that context, it is clear that the PERG's promotion of objective knowledge is as relevant today as it was twenty-two years ago.

Résumé : Au cours de ses vingt-deux années d'existence, le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) a accompli un exploit dont peu de groupes de recherches peuvent s'enorgueillir : il a établi des liens étroits avec les intervenants du milieu. Aujourd'hui, les publications du GRET sont régulièrement citées par les consultants, les conservationnistes, les représentants des industries et les employés de l'État. Rares sont les études d'impact qui traitent de milieux humides sans citer les travaux du GRET. Cette présentation examine l'impact qu'ont eu certaines des publications les plus influentes du GRET et comment ces dernières ont été utilisées par une variété d'intervenants au fil des ans. Quelques publications d'anciens étudiants du GRET sont également abordées. De cet examen, l'influence croissante du GRET apparaît nettement. Dans les dernières années, les résultats du GRET ont été mis à profit en aménagement du territoire et dans l'élaboration de projets et de politiques. Dans un contexte où le gouvernement révisé sa réglementation relative aux milieux humides, il apparaît que les travaux du GRET pourraient également influencer l'adoption de nouvelles lois et de règlements. Il est donc clair que la contribution du GRET à la connaissance objective de nos écosystèmes est tout aussi pertinente aujourd'hui qu'il y a vingt-deux ans.

Thursday, February 20th, 2014

Keynote speaker

William Shotyk

Bocock Chair in Agriculture and the Environment, Department of Renewable Resources,
348B South Academic Building, University of Alberta, Edmonton, AB, T6G 2H1, Canada;
email: shotyk@ualberta.ca

Dr. William Shotyk was born in the Village of Swansea, now part of the City of Toronto, in Ontario, Canada. He received his B.Sc. (Agr.) in Soil Science and Chemistry from the University of Guelph in 1981 and a Ph.D. in Geology from the University of Western Ontario in 1987. Following postdoctoral research at the University of California, Riverside and UWO, he worked at the University of Berne in Switzerland where he completed a Habilitation in Geochemistry, in 1995. After 12 years at the University of Berne, he became Professor at the University of Heidelberg in Germany, and Director of the Institute of Environmental Geochemistry, in October of 2000. His research areas are human impacts on the geochemical cycles of potentially toxic trace elements such as Pb, Sb, As, Cd and Hg, including archives of atmospheric change (ombrotrophic peat bogs and polar ice cores), fate in soils and sediments, and impacts on natural freshwaters. He has published more than 190 articles, including 145 in refereed journals. In 2007, with the help of family and friends, he created the Elmvale Foundation (www.elmvale.org), a federally registered charity for environmental education, and the annual Elmvale Water Festival. He joined the Department of Renewable Resources at the University of Alberta on 1. October 2011, as the Bocock Chair in Agriculture and the Environment, in the Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences. The focus of his research in Alberta will be soil health, air and water quality, and sustainable agriculture.

Le **Dr William Shotyk** est né dans le village de Swansea, qui fait maintenant partie de la ville de Toronto, en Ontario, Canada. Il a reçu son baccalauréat (Agr.) en sciences du sol et de chimie de l'Université de Guelph en 1981 et un doctorat en géologie de l'Université Western en Ontario en 1987. Après des recherches postdoctorales à l'Université de Californie, à Riverside et l'Université Western Ontario, il a commencé à travaillé en 1995 à l'Université de Berne en Suisse en géochimie. Après 12 ans à l'Université de Berne, il est devenu professeur à l'Université de Heidelberg, en Allemagne, et directeur de l'Institut de Géochimie de l'Environnement, en 2000. Ses domaines de recherche sont les impacts humains sur les cycles géochimiques des éléments traces potentiellement toxiques tels que Pb, Sb, As, Cd et Hg, de même que dans les archives sur les changements atmosphériques (à partir de carottes prélevées dans les bogs et les glaces polaires). Il étudie également le sort des éléments traces dans les sols et les sédiments et leurs impacts sur les eaux douces. Il a publié plus de 190 articles, dont 145 avec comité de lecture. En 2007, avec l'aide de sa famille et de ses amis, il a créé la Fondation Elmvale (www.elmvale.org), un organisme de bienfaisance pour l'éducation environnementale, ainsi que le Festival annuel de l'eau à Elmvale. En 2011, il s'est joint au département des ressources renouvelables de l'Université de l'Alberta, en tant que titulaire de la *Bocock Chair in Agriculture and the Environment*. Les domaines de recherche du Dr Shotyk en Alberta sont la qualité des sols, de l'air et de l'eau et l'agriculture durable.

Fire Water Earth and Air: Trace elements, peatlands and the environment

Feu, eau, terre et air : éléments traces métalliques, tourbières et environnement

Extended abstract: Peatlands represent an important link between the atmosphere, hydrosphere, lithosphere and biosphere. Ombrotrophic bogs are unique among the main mire types because the plants growing on the bog surface receive nutrients exclusively from the atmosphere. With acidic, predominantly anoxic water which is rich in humic substances, the state of preservation of plant materials is remarkable, making bogs valuable archives of vegetation change and climate history. Silicate minerals, glasses,

ceramics, textiles, metals and alloys are also well preserved, allowing bogs to be used in archaeological investigations of human history, landscape evolution and dust deposition. Bogs also preserve a remarkably reproducible history of atmospheric deposition of heavy metals. Peat cores from bogs in Europe and North America have provided detailed reconstructions of the changing rates and sources of Ag, Cd, Hg, Pb, Sb, and Tl, providing new insights into the geochemical cycles of these elements, including the massive

perturbations induced by the discovery and subsequent expansion of metallurgy beginning thousands of years ago.

Despite the successful use of peat bogs as archives of atmospheric trace metals, there are many unanswered questions about the mechanisms of interactions taking place at the interface between peatlands and their surrounding environment. *Sphagnum* mosses growing on the bog surface receive metals exclusively from the atmosphere, but these metals can be in the form of ions (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), comparatively large mineral particles derived from soils (containing Al, Sc, Ti, Zr) or sub-micron aerosols (incorporating Ag, Cd, Hg, Pb, Sb, Tl) predominantly from anthropogenic combustion processes such as smelting and refining and coal-burning. The interactions between the moss surface and these elements is profoundly affected by the physical and chemical form of the element being deposited from the air and simple explanations of plant-metal interaction based on ion exchange or chelation may be inadequate or even inapplicable. Comparing radioactive and stable isotopes of lead in *Sphagnum* moss from southern Germany shows contrasting behaviours which might reflect the attachment to tropospheric aerosols of the radioactive isotope (^{210}Pb) versus incorporation in fly ash particles by the stable ones (^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb).

Below the living moss layer, in the waterlogged, anoxic peat, $^{236}U/^{238}U$ profiles are consistent with the known history of atomic bomb fallout. In contrast, ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu are found in older, deeper peat layers clearly pre-dating the nuclear age. Currently, however, there is no explanation for the immobility of U on the one hand, and the mobilization of Pu on the other. In the deeper, basal peat layers of a mire, in the minerotrophic zone where porewaters are affected by mineral-water interactions in the underlying and surrounding soils and sediments, peat serves as an important link to the hydrosphere, efficiently removing from the imbibed groundwaters such trace elements as As, Cu, Mo, Ni, Se, V, and U. The enrichments of As in peat from Switzerland and V in peat from Canada are used to illustrate the importance of the peat-groundwater interactions.

Sphagnum moss and bog peat will now be used to monitor atmospheric deposition of metals (V, Ni, Mo, Re) as well as organic contaminants from the industrial development of the Athabasca Bituminous Sands. Any such study, however, would benefit from a better understanding of the interactions between *Sphagnum*, air, and water.

Résumé détaillé : Les tourbières constituent un lien important entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère. Parmi les principaux types de tourbières, les tourbières ombrotrophes (bogs) sont uniques par le fait que les plantes qui y croissent reçoivent exclusivement leurs nutriments de l'atmosphère. Avec de l'eau acide, essentiellement anoxique et riche en substances humiques, les bogs conservent remarquablement bien le matériel végétal et deviennent ainsi de précieuses archives sur les changements de végétation et l'historique du climat. Les silicates, le verre, la céramique, les textiles, les métaux et les alliages sont également bien conservés, permettant aux bogs d'être utilisés pour des recherches archéologiques sur l'histoire humaine, l'évolution du paysage et les dépôts de poussières. De plus, les bogs peuvent très bien conserver un historique des dépôts atmosphériques de métaux lourds. En effet, des carottes de tourbe de bogs d'Europe et d'Amérique du Nord ont permis de reconstituer précisément l'évolution du taux et de la source d'Ag, Cd, Hg, Pb, Sb et Tl, offrant ainsi de nouvelles perspectives sur les cycles géochimiques de ces éléments, notamment sur les perturbations induites par la découverte et le développement de la métallurgie il y a quelques milliers d'années.

En dépit du succès de l'utilisation des bogs comme archives de métaux traces dans l'atmosphère, plusieurs questions restent sans réponse à propos des mécanismes d'interactions qui ont lieu à la frontière entre les tourbières et leur environnement. Les sphaignes qui croissent à la surface d'un bog reçoivent exclusivement des métaux de l'atmosphère. Toutefois, ces métaux sont sous forme d'ions (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), comparativement aux métaux des particules minérales qui dérivent du sol (contenant Al, Sc, Ti, Zr) ou des aérosols submicroscopiques (incluant Ag, Cd, Hg, Pb, Sb, Tl) qui proviennent principalement des processus anthropiques de combustion, tels que la fonte et l'affinage, ou la combustion du charbon. L'interaction entre la surface muscinale et les éléments traces est très affectée par la forme physique et chimique de l'élément qui est déposé par l'air et il n'y a pas d'explications simples pour expliquer l'interaction entre les plantes et les éléments traces métalliques, basées sur l'échange d'ions ou sur la chélation. Une comparaison des isotopes radioactifs et stables du plomb dans de la mousse de sphaigne du sud de l'Allemagne a montré des comportements différents entre la fixation de l'isotope radioactif (^{210}Pb) aux aérosols troposphériques par rapport aux isotopes stables (^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb) qui s'incorporent dans les particules de cendres volantes.

Sous le tapis muscinal vivant, dans la tourbe anoxique saturée d'eau, les profils des éléments $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$ sont compatibles avec l'historique de radioactivité de la bombe atomique. En revanche, ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu ont été trouvés dans de profondes et anciennes couches de tourbe datées avant l'ère nucléaire. Cependant, il y a aucune explication de l'immobilité de U et de la mobilité de Pu. Dans les profondes couches basales des tourbières, précisément dans la zone minérotrophe où l'eau interstitielle est affectée par des interactions entre l'eau et le sol minéral, la tourbe est en lien étroit avec l'hydrosphère et élimine efficacement les éléments traces métalliques tels que As, Cu, Mo, Ni,

Se, V et U dans les eaux souterraines. Les enrichissements d'As dans la tourbe en provenance de Suisse et de V dans la tourbe en provenance du Canada sont utilisés pour illustrer l'importance des interactions entre la tourbe et les eaux souterraines.

La mousse de sphaigne et la tourbe de bogs seront dorénavant utilisées pour surveiller les dépôts atmosphériques des métaux lourds (V, Ni, Mo, Re) ainsi que les contaminants organiques en provenance du développement industriel des sables bitumineux de l'Athabasca. Toutefois, une telle étude bénéficierait d'une meilleure compréhension des interactions entre la sphaigne, l'air et l'eau.

Potential impact of climate change on northern peatland carbon exchange

L'impact potentiel des changements climatiques sur les échanges de carbone dans les tourbières nordiques

Maria Strack¹, James Michael Waddington², Mendel Perkins³ & Tariq Munir³

^{1,3} Department of Geography, University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, T2N 1N4 Canada;
¹ tel.: 403-220-5596; email: mstrack@ucalgary.ca;

² School of Geography and Geology, McMaster University, Hamilton, ON, L8S 4K1, Canada

Abstract: Peatlands have acted as long-term sinks for atmospheric CO₂; however, the fate of this stored carbon under predicted climate change remains unclear. Climate change may result in warming and drying in temperate and boreal peatland ecosystems and this is likely to accelerate organic matter decomposition. On the other hand, ecological succession and increased productivity of peatland plant communities may counteract some or all of these emissions. I will present data on changes in plant communities and carbon gas fluxes from ecosystem manipulations studies in a poor fen in Quebec and a continental boreal bog in Alberta. In both cases the response to changes in water table position varied between microforms (hummocks and hollows) and changes in plant productivity mitigated some of the soil carbon losses. However, the differential microform responses varied between the studied peatlands due to their antecedent water table positions. Implications of the observed ecohydrological response for longer term ecosystem function will be discussed.

Résumé : Les tourbières agissent comme des puits à long terme de CO₂ atmosphérique; cependant, le sort réservé à ce carbone stocké sous les conditions de changement climatique prévues demeure incertain. Les changements climatiques peuvent entraîner le réchauffement et l'assèchement des écosystèmes des tourbières boréales et tempérées et, par conséquent, risqueraient d'accélérer la décomposition de la matière organique. En revanche, la succession écologique et la productivité accrue des communautés végétales de tourbières peuvent contrecarrer certaines, voire même toutes les émissions de C. Je vais vous présenter des données sur les changements dans les communautés végétales et les flux de gaz carbonique provenant d'études écosystémiques d'un fen pauvre du Québec et d'un bog continental boréal de l'Alberta. Dans les deux cas, la réponse aux changements du niveau de la nappe phréatique varie selon le microrelief (buttes et dépressions) et les changements dans la productivité végétale sont partiellement atténués par les pertes de carbone du sol. Toutefois, les différentes réponses au microrelief varient entre les tourbières à l'étude en raison du niveau antérieur de leur nappe phréatique. Les effets de cette réponse écohydrologique observée sur la fonction écosystémique à long terme seront discutés.

Productivity and water availability: Balancing the role and needs of peatlands in landscape reclamation

La productivité et la disponibilité de l'eau : équilibre entre le rôle des tourbières et leur nécessité en réhabilitation du paysage

Richard Petrone

Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; email: rpetrone@uwaterloo.ca

Abstract: Landscape-scale reclamation is the ultimate goal and requirement of the oil sands industry, where individual landscape units (LU's) (wetlands, forestlands and surface water bodies) must be connected at this scale to ensure the appropriate hydroclimatic conditions that the desired land capability is not realized within one LU at the expense of those around it, and ultimately water discharge to the Athabasca River. The concept of "land capability" is based on ecosystem *function*, where equivalent land capability means that the ability of the land to support various land uses (or function) after reclamation is similar to that prior to disturbance, regardless of actual land use (or form). Despite this basis, current evaluation of equivalent capability and reclamation performance in oil sands mining generally relies on the comparison of largely static or "snapshot" properties of reclaimed soils and vegetation against measured or inferred properties in an immediately-pre-disturbance landscape (e.g., the *Land Capability Classification System, Revegetation Manual, CEMA's Criteria and Indicators [C&I] Framework*, and EPEA operating-approval conditions). Although these properties may be seen as surrogate measures of ecosystem function, they are primarily based on measures of ecosystem *form* (e.g., soil texture and pH, vegetation species presence). However, how plants use water and assimilate carbon is an indicator of their health and success. Growth is controlled by climate and mediated by available water and sufficient nutrients in the rooting zone. With insufficient water and/or nutrients, carbon uptake is reduced and ecosystems experience stress. Understanding the linkages between these three factors within, and among, LU's is central in providing a mechanistic understanding of whether reclamation sites are functioning in a similar manner to non-mined ecosystems. Research into water, carbon and nutrient fluxes and associated ecosystem function and development on reclaimed oil-sands-mine sites and on non-mine sites initiated through other disturbances (i.e., forest harvest and fire) will be presented here through a conceptual summary of an existing long-term ecohydrological research network and >12-year data record, and how an alternative tool for the assessment of

equivalent capability based directly on ecosystem function may be developed.

Résumé : La réhabilitation des écosystèmes à l'échelle du paysage est le but ultime et l'exigence de l'industrie des sables bitumineux, où les différentes unités du paysage (les milieux humides, les forêts, les étendues d'eau) doivent être interreliées pour s'assurer de conditions hydroclimatiques appropriées et l'écoulement de la rivière Athabasca. Le potentiel d'utilisation des terres souhaité ne peut être atteint dans une unité du paysage au détriment des autres unités qui l'entourent. Ce concept est basé sur la fonction de l'écosystème, où le « potentiel d'utilisation des terres équivalent » signifie que le potentiel qu'ont des terres à soutenir différentes utilisations (ou fonctions) après la restauration est similaire à leur potentiel avant perturbation, et ce, indépendamment de l'utilisation (ou de la forme) actuelle des terres. Malgré ce principe, l'évaluation actuelle du potentiel équivalent et de la performance de la réhabilitation des sites de sables bitumineux se fonde généralement sur la comparaison de propriétés statiques ou « instantanées » des sols et de la végétation à des propriétés mesurées ou déduites d'un paysage avant perturbation (p. ex. : le *Land Capability Classification System, Revegetation Manual, CEMA's Criteria and Indicators [C&I] Framework* et les conditions d'approbation en vertu de l'EPEA). Bien que ces propriétés puissent être considérées comme des mesures de substitution de la fonction de l'écosystème, elles sont essentiellement fondées sur des mesures de formes de l'écosystème (p. ex. : la texture du sol et le pH, la présence d'espèces végétales). Cependant, la façon dont les plantes utilisent l'eau et assimilent le carbone est un indicateur de leur santé et de leur succès. La croissance est contrôlée par le climat et influencée par la disponibilité de l'eau et par la quantité d'éléments nutritifs dans la zone racinaire. Lorsque l'eau et/ou les éléments nutritifs sont insuffisants, l'absorption du carbone est réduite et les écosystèmes sont soumis à un stress. La compréhension du lien entre ces trois

facteurs, dans et entre les unités du paysage, permettrait de vérifier si les sites en réhabilitation fonctionnent de la même façon que les écosystèmes non perturbés. La recherche sur les flux d'eau, de carbone et des éléments nutritifs, la fonction de l'écosystème qui y est associée ainsi que l'évolution des sites de sables bitumineux exploités en réhabilitation et les sites non exploités soumis à d'autres perturbations (comme

l'exploitation forestière et le feu) seront présentées par un résumé conceptuel sur un réseau de recherches écohydrologiques à long terme déjà existant et par des inventaires de données (>12 ans). Finalement, le développement d'un outil alternatif pour l'évaluation du potentiel équivalent d'utilisation des terres basé directement sur la fonction de l'écosystème vous sera présenté.

The impact of *Sphagnum* structure on water flow and CO₂ dynamics in regenerating peatlands

L'impact de la structure de la sphaigne sur le débit de l'eau et sur la dynamique du CO₂ dans la régénération des tourbières

Neil Taylor¹ & Jonathan Price²

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;

¹ email: n6taylor@uwaterloo.ca

Abstract: Current research is exploring the feasibility of using abandoned cutover peatlands to grow *Sphagnum* fibre, thus reducing the need to exploit new peatlands. *Sphagnum* is non-vascular and receives water inputs mostly through capillary rise in the underlying layers of peat, thus the moisture content at the growing surface (which largely controls productivity) for a given water table depth should be related to the hydrophysical structure of the moss profile. Previous work has suggested that upwards water transfer may become more difficult as the thickness of the regenerating moss profile increases, potentially limiting productivity. This research examines how profile structure differs in naturally and experimentally regenerated peatlands of different ages and what effect this has on water fluxes within the profile. Preliminary results show significant differences in bulk density and water retention properties at the base of profiles of different ages. Hydrological data suggest that direct precipitation is not the primary source of water for regenerating *Sphagnum*, and that the surface remains hydrologically connected to the water table even when the water table is below the cutover peat surface. This has significant implications for potential irrigation regimes of future *Sphagnum* farming operations.

Résumé : Les recherches actuelles explorent la faisabilité d'utiliser les tourbières déjà exploitées et qui sont abandonnées pour cultiver de la fibre de sphaigne et ainsi réduire la nécessité de récolter de la tourbe dans des tourbières intactes. La sphaigne est une plante non vasculaire qui puise son eau à travers le système capillaire présent dans la tourbe sous-jacente. Ainsi, la quantité d'humidité à la surface (qui influence grandement la productivité végétale) pour un niveau de nappe phréatique donné devrait être en rapport avec la structure hydrophysique du tapis muscinal. Les recherches précédentes suggèrent que le transfert d'eau vers le haut peut devenir plus difficile quand l'épaisseur du tapis de mousses augmente, limitant potentiellement la productivité. Cette recherche examine les différences de structure du tapis muscinal entre les tourbières naturelles et celles régénérées de façon expérimentale de différents âges, et quels sont les effets de cette structure sur les flux d'eau dans les tapis. Les résultats préliminaires montrent des différences significatives dans la densité et les propriétés de rétention d'eau à la base des tapis de mousses d'âges différents. Les données hydrologiques suggèrent que les précipitations atmosphériques ne sont pas la source première d'eau pour la régénération de la sphaigne et que la surface de la tourbe reste en connexion hydrologique avec la nappe phréatique, même quand celle-ci est en dessous de la surface de la tourbe. Ces résultats ont des implications importantes pour l'irrigation future en culture de sphaigne.

Simulating the carbon exchanges in restored peatlands

La simulation des échanges de carbone dans les tourbières restaurées

Nigel T. Roulet¹ & Jianghua Wu²

¹ Department of Geography, McGill University, 805, Sherbrooke West, Montreal, QC, H3A 2K6, Canada;
email: nigel.roulet@mcgill.ca;

² Management/Environmental Studies, Sir Wilfred Grenfell College, Memorial University of Newfoundland, 1 University Drive, Corner Brook, NL, A2H 6P9, Canada;
email: jwu@swgc.mun.ca

Abstract: Empirical measurements can provide valuable information on greenhouse gas (GHG) emissions for a short period time when the measurement has been made, but are limited by the short period of measurements. Land-use change alters an ecosystem's structure and function and the effects can extend for decades and even centuries. Peat extraction and restoration can be viewed as a perturbation and then a time response to until a new quasi-equilibrium is reached. The problem with assessing the net benefit of peatland restoration is there have been no long-term, continuous measurements of GHG flux from them – i.e. the measurements usually only encompass the time of maximum disturbance. To address this problem we plan to adapt two ecosystem biogeochemistry models, the McGill Wetland Model (MWM) and the wetland version of the DeNitrification DeComposition (DNDC) model to the net change in GHG emissions from peat extraction and subsequent restoration. The adaptation of ecosystem models to the problem of restoration present some serious challenges. We will present the basic structure of each model and what we feel and their advantages and disadvantages. We will then address the challenges presented by the problem of model spin-up; vegetation dynamics along a succession pathway of restored peatlands; how to include dissolved organic carbon in ecosystem respiration with the unique hydrology of restored peatlands; the adequacy of the description of photosynthesis for restored sites; and how to simulate the moisture and temperature profiles needed to simulate the carbon biogeochemistry

Résumé : Les mesures empiriques peuvent fournir des informations précieuses sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) pour une courte période de temps lorsque les mesures sont prises, mais elles sont limitées par cette courte période de mesures. Les changements d'utilisation des terres altèrent la structure et la fonction d'un écosystème, les effets pouvant s'étendre sur des décennies et même des siècles. L'extraction de la tourbe et la restauration des tourbières peuvent être vues comme des perturbations, et sont suivies par un temps de réponse jusqu'à ce qu'un nouveau quasi-équilibre soit atteint. Le problème avec l'évaluation de l'avantage net de la restauration des tourbières est qu'il n'y a jamais eu de mesures continues et à long terme des flux de GES – c.-à.-d. que les mesures englobent d'ordinaire uniquement les périodes de perturbations maximales. Pour résoudre ce problème, nous planifions d'adapter deux modèles de biogéochimie à l'échelle de l'écosystème : le « McGill Wetland Model » (MWM) et la version pour milieux humides du modèle « DeNitrification DeComposition » (DNDC), afin d'obtenir les changements nets dans la quantité de GES émis par l'extraction de tourbe et la restauration. L'adaptation de ces modèles écosystémiques au problème de restauration présente certains défis. Nous présenterons la structure de base de chaque modèle et ce que nous jugeons être leurs avantages et leurs inconvénients. Nous examinerons ensuite les défis présentés par le problème du modèle *spin-up*, par la dynamique végétale le long du processus de succession de tourbières restaurées, sur la façon d'inclure le carbone organique dissous dans la respiration des écosystèmes en fonction de l'hydrologie particulière des tourbières restaurées, sur la description adéquate de la photosynthèse pour les sites restaurés, et sur la façon de simuler les profils d'humidité et de température nécessaires pour simuler la biogéochimie du carbone.

Carbon exchange on a bog with pools in the Manicouagan Peninsula

Les échanges de carbone d'une tourbière à mares de la péninsule de Manicouagan

Luc Pelletier^{1,2}, **Ian B. Strachan**¹ & **Michelle Garneau**^{2,3}

^{1,2} Department of Natural Resource Sciences, McGill University, 2111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9, Canada;

¹ email: luc.pelletier@mail.mcgill.ca;

² Center for Research in Isotopic Geochemistry and Geochronology, Université du Québec à Montréal, Montréal, QC, Canada;

³ Department of Geography, Université du Québec à Montréal, Montréal, QC, Canada

Abstract: Peatland ecosystems are known to be long-term net carbon sinks. Conversely, the open-water pools that are characteristic of many boreal and subarctic peatlands have been found to be C sources to the atmosphere. However, the magnitude of the annual C release from these pools and their contribution to the ecosystem level C budget is often ignored, even if they cover a significant area of the peatland surface. Although generally based on a limited number of measurements made during growing season, the rates of C evasion from these water bodies reported in the literature suggest that the presence of pools could have a significant impact on the contemporary peatland C exchange rates. Here, we evaluate the annual CO₂ and CH₄ exchange from pools using a combination of methods (headspace technique and non-dispersive infrared CO₂ sensor) to obtain a complete annual C release from pools, including ice melt emissions. Furthermore, we measured the growing season ecosystem-atmosphere NEE-CO₂ and CH₄ exchange using the eddy covariance technique to assess if the presence of pools impacts the ecosystem level CO₂ and CH₄ exchange. Our results confirm that peatland pools are an important source of C to the atmosphere, with an annual release of 103 g C m⁻². This release is of the same order of magnitude, but with the opposite sign, as the average net ecosystem carbon balance for pool-free northern peatlands (-22 to -70 g C m⁻² yr⁻¹). The eddy covariance measurements show significant variability in NEE-CO₂ and CH₄ as a function pool cover, confirming the importance of pools on C exchange at the ecosystem level.

Résumé : Les mares qui caractérisent la surface de plusieurs tourbières boréales et subarctiques représentent généralement des sources nettes de carbone (C) vers l'atmosphère. Cependant, la magnitude du relâchement annuel de C en provenance de ces plans d'eau et leur contribution au budget du C à l'échelle de l'écosystème est souvent ignorée malgré l'importante superficie qu'elles couvrent sur certaines tourbières. De plus, les taux d'émissions de C en provenance des mares reposent généralement sur un nombre limité de mesures effectuées uniquement durant la saison de croissance. Ces taux d'émission de C suggèrent que les mares peuvent avoir un impact significatif sur le bilan du C contemporain à l'échelle de l'écosystème. Dans la présente étude, nous avons mesuré les émissions annuelles de CO₂ et CH₄ en provenance de mares, incluant les émissions lors de la fonte des glaces, à l'aide d'une combinaison de méthodes (espace de tête et détecteur infrarouge non dispersif). De plus, les échanges de CO₂ et CH₄ entre la tourbière et l'atmosphère ont été mesurés à l'aide d'une tour à covariance des turbulences afin d'observer l'impact des mares sur les échanges à l'échelle de l'écosystème. Nos résultats démontrent que les mares sont des sources substantielles de C vers l'atmosphère avec une perte annuelle de 103 g C m⁻². Cette perte est du même ordre de grandeur, mais dans la direction opposée, que les bilans des échanges de C nets pour des tourbières boréales sans mares (-22 à -70 g C m⁻² yr⁻¹). Par ailleurs, les résultats des mesures effectuées à l'aide de la tour à covariance des turbulences varient de façon significative en fonction de l'étendue des mares, confirmant ainsi l'importance de ces plans d'eau sur les échanges de C à l'échelle de l'écosystème.

Assessment of the impact of isolated and riparian wetlands on watershed hydrology using a distributed hydrological modelling system

Évaluation de l'impact des milieux humides et riverains isolés sur l'hydrologie des bassins versants en utilisant un système de modélisation hydrologique distribuée

Alain N. Rousseau¹, Maxime Fossey², Stéphane Savary² & Alain Royer²

^{1,2} Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre Environnement, 490 rue de la Couronne, Québec, QC, G1K 9A9, Canada;

¹ email: Alain.Rousseau@ete.inrs.ca

Abstract: Hydrological models are cost-effective tools for assessing the role of landscape features on watershed hydrology. Among landscapes, wetlands are facing major environmental changes (*i.e.*, modifications or transformations) in response to increasing pressure from human activities (*e.g.*, agriculture, peat mining, oil-sands mining, urbanization). They have been the focus of active research in biology, ecology and hydrology. The objective of this communication is to evaluate the impacts of isolated and riparian wetlands on low and high flows using a distributed hydrological modelling framework. To meet this goal: (i) PHYSITEL, a geographic information system (GIS) specifically designed to construct database of distributed hydrological models, was adapted to characterize and parameterize isolated and riparian wetlands, and (ii) specific isolated and riparian wetland modules were integrated into HYDROTEL, a distributed hydrological model. The developed modelling system was used to perform three sets of simulations for the Becancour River watershed, Quebec, Canada, accounting explicitly for: (i) both types of wetlands, (ii) isolated wetlands only, and (iii) riparian wetlands only. Results have clearly highlighted the role of wetlands in modulating stream flows, that is, the proposed framework provided a means of quantifying at the watershed scale the attenuation effects on high-flow and low-flow regimes and the negligible effects beyond these conditions. With respect to the models used and the watershed studied, isolated wetlands had a stronger impact on stream flows than riparian wetlands. Recent work has shown that wetlands could provide an attractive option for the development of adaptation strategies to mitigate the impacts of climate change on watershed hydrology.

Résumé : Les modèles hydrologiques représentent des outils rentables pour évaluer le rôle des paysages sur l'hydrologie des bassins. Parmi ces structures, les milieux humides sont confrontés à des changements majeurs répondant à des besoins anthropiques croissants (*p. ex.*: agriculture, extraction de tourbe, exploitation de sables bitumineux, urbanisation). Ils font l'objet d'études spécifiques en biologie, en écologie et en hydrologie. L'objectif de cette communication est d'évaluer l'impact des milieux humides isolés et riverains sur les débits de crue et d'étiage via un cadre de modélisation hydrologique. Pour atteindre cet objectif : (i) PHYSITEL, un système d'information géographique (SIG) dédié à la création de bases de données, a été adapté pour caractériser ces milieux, et (ii) des modules spécifiques à ceux-ci ont été intégrés à HYDROTEL, un modèle hydrologique distribué. Le cadre de modélisation a été utilisé pour produire trois ensembles de simulations pour le bassin de la rivière Bécancour (Québec, Canada), en tenant compte explicitement : (i) des milieux humides isolés et riverains, (ii) des milieux isolés seuls et (iii) des milieux riverains seuls. Les résultats ont illustré l'impact de ces milieux sur les variations des débits en quantifiant, à l'échelle du bassin, les effets d'atténuation sur les débits de crue et d'étiage et les effets négligeables en dehors de ces conditions. Considérant le cadre de modélisation et le bassin étudié, les milieux isolés ont un impact majeur sur les débits en comparaison des milieux riverains. De récents travaux ont montré que l'aménagement de milieux humides pourrait constituer une stratégie d'adaptation pour atténuer les impacts des changements climatiques sur l'hydrologie des bassins.

Aquifer-peatland connectivity in southern Quebec

Connectivité aquifère des tourbières dans le sud du Québec

**Marie Larocque¹, Miryane Ferlatte¹, Julie Munger³, Anne Quillet², Vincent Cloutier⁴,
Stéphanie Pellerin³ & Claudio Paniconi⁵**

^{1,2} GEOTOP, Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère, Université du Québec à Montréal,
C.P. 8888, succ. Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3P8, Canada;
¹ email: larocque.marie@uqam.ca;

³ Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal, Montréal, QC, Canada;

⁴ Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en
Abitibi-Témiscamingue, Amos, QC, Canada;

⁵ Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre Environnement, Québec, QC, Canada

Abstract: To protect both groundwater and wetland ecosystems, it is important to be able to identify where and to what extent shallow aquifers and wetlands are connected. The objective of this research was to better understand aquifer-peatland connectivity and to identify easily measured indicators of these exchanges. Geomorphology, hydrogeochemistry, and vegetation were selected as key indicators of connectivity. This presentation will focus on the regional variability in aquifer-peatland hydrogeological connections, and on how they can be predicted by geology and geomorphic location. Twelve peatland transects were instrumented and monitored in the Abitibi (slope *Sphagnum* dominated peatlands associated with eskers) and Centre-du-Québec (depression *Sphagnum* dominated peatlands) regions of Quebec. Within each of the two study sites, six transects that spanned across shallow aquifer-peatland interface were instrumented with piezometers. Field investigations include peatland characterization, monthly water level monitoring and continuous hydraulic head measurements with pressure transducers. Results show that a majority of peatland transects receive groundwater from a shallow aquifer. In slope peatlands, groundwater flows through the organic deposits towards the peatland center. In depression peatlands, groundwater flows only 100-200 m within the peatland before reaching surface routes towards the outlet. Vertical hydraulic gradients suggest that water flows mainly downwards, i.e. from the peatland to the underlying mineral deposits. Vertical connectivity decreases as the distance from the peatland margin increases. The results will be combined with vegetation and geochemistry indicators in an integrated approach to identify aquifer-peatland connectivity in glacial geological settings.

Résumé : Afin de protéger à la fois les eaux souterraines et les écosystèmes de milieux humides, il est important d'être en mesure d'identifier quels sont les flux échangés entre l'aquifère et les milieux humides et où ces échanges ont lieu. L'objectif de ce projet de recherche était de mieux comprendre cette connectivité et de trouver des indicateurs des échanges. Le contexte géomorphologique, l'hydrogéochimie et la végétation ont été étudiés comme indicateurs potentiels. Cette conférence se limitera au rôle du contexte géomorphologique dans les échanges. Douze profils de tourbière ont été instrumentés dans la région de l'Abitibi (tourbières ombrotrophes de pente associées aux eskers) et dans la région du Centre-du-Québec (tourbières ombrotrophes de dépression). Chaque profil a été instrumenté de piézomètres entre un aquifère superficiel et la zone ombrotrophe de la tourbière. L'épaisseur et les conductivités hydrauliques des dépôts tourbeux ont été mesurées et les niveaux de nappe ont été relevés pendant l'été 2011 à tous les piézomètres. Les résultats montrent qu'une majorité de profils sont alimentés latéralement par l'aquifère superficiel. Sur les tourbières de flan, l'eau souterraine s'écoule à travers les dépôts organiques vers le centre de la tourbière. Dans les tourbières de dépression, l'eau souterraine resurgit souvent dans le lagg. Les résultats suggèrent également une circulation verticale d'eau majoritairement de la tourbière vers les dépôts inorganiques présents sous la tourbière, avec une connectivité verticale décroissante vers l'intérieur de la tourbière. Les résultats seront combinés avec les indicateurs de végétation et de géochimie dans une approche intégrée visant l'identification des échanges aquifère-tourbière.

IPCC Wetlands Supplement – Implications for estimating the GHG impacts of peatland management

Le Supplément sur les zones humides du GIEC – Implications reliées à l'estimation des GES reliés à la gestion des tourbières

Shari Hayne

Pollutant Inventories and Reporting Division, Science and Risk Assessment Directorate, Environment Canada,
200 Sacré-Coeur, Gatineau, QC, K1A 0H3, Canada;
email: shari.hayne@ec.gc.ca

Abstract: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) produces methodological guidelines for developing emission and removal estimates in national greenhouse gas (GHG) inventories. The IPCC has recently adopted the *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (Wetlands Supplement)*. The Wetlands Supplement updates previous guidelines and provides cross-cutting methodological guidance for drained and rewetted organic soils, coastal wetlands, wet mineral soils and constructed wetlands for wastewater treatment.

New guidance in the Wetlands Supplement will aid in the development of emission and removal estimates due to peatland management in Canada. However, the supplement provides default guidance that needs to be evaluated according to domestic circumstances (e.g. peatland restoration versus rewetting). In addition, there remain significant challenges in developing representative estimates of the direct GHG impacts of various drivers affecting peatland ecosystems including non-renewable resource development.

This presentation will provide an overview of the components of the 2013 IPCC Wetlands Supplement relevant to peatlands and discuss potential improvements/development of a Canadian approach to estimating and reporting the GHG impacts of peatland management.

Résumé : Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) produit des directives méthodologiques pour l'estimation des émissions et du stockage des gaz à effet de serre (GES). Le GIEC a récemment adopté le Supplément 2013 aux lignes directrices 2006 pour les inventaires de GES : le Supplément sur les zones humides. Le supplément sur les zones humides met à jour les lignes directrices précédentes et fournit des orientations méthodologiques intersectorielles pour les sols organiques drainés et remouillés, les zones côtières humides, les sols minéraux humides et les zones humides artificielles pour le traitement des eaux usées.

Les nouvelles lignes directrices présentées dans ce supplément aideront le développement de méthodes d'estimation des émissions et du stockage dans le cadre de la gestion des tourbières au Canada. Toutefois, le supplément fournit des orientations par défaut qui doivent être évaluées en fonction des circonstances nationales (p. ex. : des tourbières restaurées de façon active vs des tourbières remouillées). En outre, des défis importants demeurent dans le développement de méthodes d'estimation représentatives des impacts directs des GES selon les différents éléments affectant les tourbières, y compris le développement des ressources non renouvelables.

Cette présentation comprendra un aperçu des composantes du supplément sur les zones humides du GIEC concernant les tourbières. De plus, il sera question d'améliorations possibles et de l'élaboration d'une approche canadienne pour l'estimation et la déclaration des impacts des GES liés à l'aménagement des tourbières.

Impacts of the DeBeers open pit mine in the peatlands of the James Bay lowlands

Les impacts de la mine à ciel ouvert De Beers sur les tourbières des basses terres de la baie James

Jonathan S. Price¹, Pete Whittington² & Mazda Kompanizare²

^{1,2}Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;
¹ email: jsprice@uwaterloo.ca

Abstract: The De Beers Victor diamond mine began operations in 2007 in the peatland dominated (<90%) James Bay lowland, 90 km inland from the James Bay coast. The open pit mine, projected to reach ~220 m deep in the 12-year planned project-life, requires dewatering (~85,000 m³/d) of the basal limestone aquifer to maintain operational access within the pit. By 2012 the drawdown cone associated with dewatering extended ~3-5 km from the mine. In this zone the enhanced downward hydraulic gradients have induced percolation from the peatlands, from ~25 mm/y before mining to > 1000 mm/y in this zone proximal to the mine. This far exceeds water availability (P-Et=260 mm), thus some peatland drying is occurring. This is more strongly prevalent close to outcropping or subcropping bedrock that provide a relatively permeable conduit to the depressurized limestone aquifer. Elsewhere, fine-grained marine sediments partially protect against excessive percolation losses. Isotope data from deep groundwater has a similar signature to that collected on bogs, suggesting that they have historically been the main source of water. In fens, however, the water in transit near the surface shows an isotopic signature consistent with evaporative enrichment, consistent with longer times in transit near the surface; it is more similar to stream discharge. Consequently, the greatest impact is on bogs, whose water supply is only from precipitation, and they are drying more; the fens, being the main conduits for surface water on the landscape, are being re-supplied with water from more distal locations, thus experience less water table- decline associated with mining activities. The peatland water tables are expected to recover quickly once mine dewatering ceases.

Résumé : Les travaux d'exploitation de la mine de diamants Victor par la compagnie De Beers ont débuté en 2007. Cette mine est située dans les basses terres de la baie James, dominées par des tourbières (<90 %), à 90 km à l'intérieur de la côte de la baie James. L'exploitation de cette mine à ciel

ouvert, qui devrait atteindre une profondeur de 220 m et prévue pour une durée de 12 ans, nécessite un assèchement (~85,000 m³/j) de l'aquifère calcaire de fond dans le but d'y maintenir l'accès. En 2012, le rabattement associé à l'assèchement s'étendait jusqu'à une distance de 3 à 5 km de la mine. Dans cette zone, les gradients hydrauliques descendants étaient accentués et ont induit une percolation des tourbières, allant de 25 mm/an avant exploitation minière à plus de 1 000 mm/an dans la zone située à proximité de la mine. Cette percolation dépasse de loin la disponibilité de l'eau (P - Et = 260 mm) et provoque ainsi l'assèchement des tourbières. Ce phénomène est d'ailleurs très répandu près des affleurements et des sub-affleurements rocheux relativement perméables à l'aquifère calcaire dépressurisé. À certains endroits, les sédiments marins à grains fins peuvent partiellement protéger les tourbières des pertes excessives par percolation. Les données isotopiques des eaux souterraines profondes se sont montrées similaires aux données inventoriées dans les bogs, suggérant ainsi que les bogs ont toujours été la principale source des eaux souterraines. Cependant, dans les fens, l'eau transportée près de la surface présente une signature isotopique qui concorde avec un enrichissement par évaporation, confirmant ainsi de longs déplacements près de la surface, donc semblables à l'écoulement d'un cours d'eau. Par conséquent, l'exploitation de la mine a de plus grandes répercussions sur les bogs que sur les fens, étant donné que l'unique approvisionnement en eau des bogs est les précipitations et qu'ils peuvent s'assécher davantage. Les fens, étant les principaux vecteurs de l'eau de surface du paysage, sont réalimentés en eau par des endroits plus éloignés et sont donc moins affectés par le déclin de l'eau associé aux activités minières. Les niveaux d'eau des tourbières devraient se relever rapidement une fois l'assèchement de la mine terminé

Rehabilitation of peatlands in the Hudson Bay Lowland after winter road disturbances

La réhabilitation de tourbières dans les basses terres de la baie d'Hudson à la suite de perturbations liées aux chemins de glace

Daniel Campbell¹, Angie Corson² & Jaimée Bergeron²

¹ Vale Living with Lakes Centre, Laurentian University, Sudbury, ON, P3E 2C6, Canada;
¹ email: dcampbell@laurentian.ca;

² Department of Biology, Laurentian University, Sudbury, ON, Canada

Abstract: Peatlands dominate the landscape in the Hudson Bay Lowland in the far north of Ontario. A diamond mine is in operation here, and advanced exploration and permitting activities is ongoing in the nearby 'Ring of Fire', where large deposits of chromite and other metals occur. Here, we summarize results of three studies on peatland rehabilitation in the region, with a focus on winter roads. We first evaluated the natural recovery of subarctic peatlands after the abandonment of winter roads. We found that most sections of winter roads recover to similar covers of vascular plants and bryophytes within seven years, but diversity was lower and some functional groups remained underrepresented. Permafrost was also higher in road peats, potentially affecting road recovery. We did notice that severely disturbed sections of winter roads recolonize poorly. We tested whether existing restoration protocols could be applied to disturbed subarctic peatlands. We spread *Sphagnum* fragments and used a series of mulch alternatives. Simply spreading fragments, without a mulch, led to 40% *Sphagnum* cover and 70% total bryophyte cover, similar than with mulches. We tested whether *Sphagnum* fragments need to be spread or whether phosphate and mulch additions alone could lead to the recovery of recalcitrant sections of winter roads, through colonization from surrounding peatlands. Mulch and rock phosphate, without spreading fragments, did not lead to peatland recovery. Put together these three experiments suggest that winter roads can mostly recolonize on their own, but that severely disturbed sections will require intervention. These results are significant since winter roads will remain important for mining transportation in the region.

Résumé : Les tourbières dominent le paysage des basses terres de la baie d'Hudson dans le grand nord de l'Ontario. Une mine de diamants est exploitée dans cette région, alors que l'exploration et les études d'impacts sont assez avancées dans la région voisine du « Cercle de Feu », où se trouvent d'importants gisements de chromite et d'autres métaux. Nous présentons ici un survol de trois études sur la réhabilitation de tourbières perturbées, avec une emphase sur les chemins de glace. Nous avons d'abord évalué comment les chemins de glace sont recolonisés par la végétation, une fois abandonnés. Les plantes vasculaires et les bryophytes recolonisent naturellement les chemins en dedans de sept ans, mais la diversité est moindre et certains groupes fonctionnels sont sous-représentés. Le pergélisol est aussi plus présent dans la tourbe et il peut influencer la reprise de végétation. Nous avons remarqué que certaines sections de chemins de glace se recolonisent peu. Nous avons alors vérifié si les protocoles existants pouvaient s'appliquer aux tourbières subarctiques perturbées. Nous avons épandu des fragments de sphaignes et nous avons testé une variété de paillis alternatifs. L'épandage simple de fragments de sphaignes, sans paillis, a permis un recouvrement de 40 % de *Sphagnum* et de 70 % de bryophytes au total, des valeurs semblables aux traitements avec un paillis. Nous avons vérifié si des fragments de sphaignes doivent être ajoutés sur les sections récalcitrantes de routes d'hiver ou si l'ajout de phosphate et de paillis seuls pourrait conduire à la recolonisation végétale à partir des tourbières environnantes. L'ajout de la roche phosphatée et d'un paillis, sans fragments de sphaignes, n'a pas aidé à la réhabilitation de ces chemins de glace fortement perturbés. Mises ensemble, ces études suggèrent que les chemins de glace peuvent se recoloniser naturellement, mais les sections très perturbées nécessitent une intervention. Ces résultats sont importants, parce que les chemins de glace demeureront importants comme mode de transport pour l'industrie minière dans la région.

Hydrological response to simulated wastewater input from a point source in a Northern Ribbed Fen

Réponse hydrologique à une simulation d'entrée d'eaux usées dans un fen réticulé du Nord

Colin McCarter¹ & Jonathan S. Price²

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;

¹ email: cmccarte@uwaterloo.ca

Abstract: Remote northern communities and mining operations require primary treatment for the discharge of residential wastewater into the environment. To minimize the effect of wastewater emissions to the environment, wetlands in boreal, arctic, and sub-arctic regions are used for tertiary (and primary) wastewater treatment to detain, transform, and remove these contaminants. Northern Ribbed Fens have been utilized for this purpose as they allow for the down-gradient movement of water that is partly impeded by peat ridges, which ultimately control the rate of water flow. The ability of these systems to remove contaminants is positively correlated to the residence time, thus determining pre-loading the bulk hydraulic performance of the peat ridges is the primary goal of this study. To achieve this, 50 m³ day⁻¹ of water was pumped from a nearby pond complex to the upper most pond within a 0.5 ha Ribbed Fen peatland in the James Bay Lowland. The water table response was measured in the ponds, peat ridges, and preferential flow paths to assess the systems response to hydrological loading. The specific storage of the preferential flow path and peat ridge was 0.8 and 0.20, respectively. Utilizing periods of equilibrium flow, the bulk hydraulic conductivity was determined to be 0.081 m s⁻¹. This value corresponds to hydraulic conductivity values associated with highly porous *Sphagnum* moss, thus indicating that the majority of flow was located within the upper layers of low-lying preferential flow paths where abundant loose *Sphagnum* is present. These results indicate that although the peat ridges are generally impermeable, Northern Ribbed Fen peatlands have an enhanced ability to transmit water and contaminants due to the presence of preferential flow paths.

Résumé : Les collectivités éloignées du Nord et les opérations minières nécessitent un qu'il y ait un traitement primaire des eaux usées avant pour leur évacuation dans l'environnement. Afin de minimiser l'effet des émissions d'eaux usées dans l'environnement, les milieux humides des régions boréales, arctiques et subarctiques sont utilisés pour le traitement (tertiaire et primaire) des eaux usées afin de retenir, transformer, et éliminer les contaminants. Les fens réticulés nordiques ont été utilisés à cette fin, car ils permettent le mouvement de l'eau en pente descendante. L'eau est en partie entravée par des crêtes de tourbe, qui contrôlent finalement le débit d'eau. La capacité de ces systèmes pour éliminer les contaminants est positivement corrélée à la durée de séjour de l'eau. Ainsi, la détermination de la performance hydraulique des crêtes de tourbe avant l'arrivée de l'eau constitue l'objectif principal de cette étude. Pour ce faire, de l'eau a été pompée (50 m³ jour⁻¹) à partir d'un complexe de mares situé à proximité jusque dans la mare la plus haute dans une tourbière minérotrophe réticulée de 0,5 ha dans les basses terres de la baie James. La réponse de la nappe phréatique a été mesurée dans les mares, les crêtes de tourbe et les chemins d'écoulement préférentiels afin d'évaluer la réponse des systèmes au chargement hydrologique. Le stockage spécifique de la voie d'écoulement préférentielle et des crêtes de tourbe était de 0,8 et 0,20, respectivement. En utilisant les périodes d'équilibre d'écoulement, la conductivité hydraulique a été déterminée à 0,081 m s⁻¹. Cette valeur correspond à des valeurs de conductivité hydraulique associées à de la sphaigne très poreuse, ce qui indique que la majorité des écoulements étaient localisés dans les couches supérieures des voies préférentielles d'écoulement où la sphaigne lâche abonde. Ces résultats indiquent que même si les crêtes de tourbe sont généralement imperméables, les fens réticulés nordiques ont une capacité accrue pour transmettre l'eau et les contaminants en raison de la présence de voies préférentielles d'écoulement.

Hydrological challenges and opportunities for reconstructing wetland ecosystems after oil-sands mining

Les défis hydrologiques et les possibilités de reconstruction d'écosystèmes de milieux humides après l'exploitation des sables bitumineux

Jonathan S. Price¹, Kevin Devito², Carl Mendoza³ & Richard Petrone⁴

^{1,4} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;

¹ email: jsprice@uwaterloo.ca;

² Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, AB, T6G 2R3, Canada;

³ Department of Earth & Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, AB, T6G 2R3, Canada

Abstract: In the Athabasca oil sands development area near Fort McMurray, AB, active mining is expected to cover approximately 1200 km² by 2023. Peatlands, mostly fens, comprise up to ~65% of some lease areas. In open pit extraction areas natural ecosystem function, both wetland and upland, cease totally, so landforms and the landscape must be designed to accommodate the range of interdependent ecosystem functions and atmospheric demand for moisture. Opportunities arise to design landscapes for specific ecohydrological conditions and needs, given the potential to place a wide variety of overburden and waste material in layers and configurations that control water storage and surface and groundwater flows. Such designs rely on a good understanding of their natural analogues, which have been the template for two recently constructed wetland systems that reflect distinctly different hydrological settings. These reconstruction efforts are challenged by the uncertainty associated with the design, the difficulty of constructing the desired functions inherent in the design, the complications arising from contaminants introduced in construction materials, the ecological response to the created substrate, and seasonal weather and longer-term climate patterns. Reconstructing fen peatlands requires innovative techniques and must be adapted to the unique conditions present and anticipated. A long-term vision for landscape planning will improve the ability to rebuild and restore wetlands.

Résumé : Les sables bitumineux de la région de l'Athabasca, près de Fort McMurray, en Alberta, sont en expansion et on s'attend à ce que les activités minières couvrent approximativement 1 200 km² d'ici 2023. Les tourbières, principalement des fens, représentent plus de 65 % de certains territoires en exploitation. Dans les zones d'extraction à ciel ouvert, le fonctionnement des écosystèmes naturels, tant des milieux humides que des milieux terrestres, cesse totalement de sorte que le relief et le paysage doivent être conçus pour s'adapter aux diverses fonctions des écosystèmes interdépendants et à la demande atmosphérique en humidité. Différentes possibilités de reconstruction se mettent en œuvre dans le but de concevoir des paysages qui répondent aux besoins et à des conditions écohydrologiques spécifiques, surtout si on considère le risque de placer divers matériaux de déblais et de matières résiduelles dans les couches de sol qui régissent le stockage de l'eau de surface et l'écoulement des eaux souterraines. Ces modèles reposent sur une bonne compréhension de leurs analogues naturels, qui ont servi de modèles pour deux systèmes de milieux humides récemment reconstruits avec des paramètres hydrologiques nettement différents. Les efforts de reconstruction doivent toutefois faire face à l'incertitude associée au modèle, à la difficulté de concevoir les fonctions inhérente au modèle, aux complications engendrées par l'introduction de contaminants par les matériaux de construction, à la réponse écologique du substrat créé, aux conditions météorologiques saisonnières et aux modèles climatiques à long terme. La reconstruction des fens nécessite des techniques innovantes et doit être adaptée aux conditions uniques des tourbières, présentes et futures. Une vision à long terme d'aménagement du paysage permettra d'améliorer la capacité à reconstruire et à restaurer les milieux humides.

Restoration of in-situ well pads and associated linear features in the Peace River Region, Alberta

La restauration des plateformes pétrolières et des structures linéaires qui leur sont associées dans la région de Peace River, en Alberta

Bin Xu

NAIT Boreal Research Institute, 8102 99 Avenue, Peace River, AB, T8S 1R2, Canada;
email: BINX@nait.ca

Abstract: Founded in 1995, NAIT Boreal Research Institute (NBRI) is an applied research centre located in the Town of Peace River, in the heart of Alberta's Peace River Oil Sands. Our mission is to provide cost-effective reclamation methods, products, and education to enable industry to meet ecological reclamation standards on forest lands. The Peatland Restoration program at NBRI works closely with researchers, government agencies and industry partners to address challenges specifically related to restoring boreal peatlands disturbed by industrial activities in the Peace region. Our first full pad scale pilot project, the Inversion Pad Trial 1, was initiated in winter of 2011. We are closely monitoring the hydrology, chemistry, topography, vegetation, and wildlife on and around the restored well pad to assess the progression and overall success of peatland restoration. The next stage of our peatland research is to refine and improve restoration methods and techniques based on the pilot inversion pad study. We will work closely with industry partners to assess the impact of various industrial linear disturbances on boreal peatlands and to develop mitigation and restoration methods to alleviate the negative impacts. The ultimate goal of the peatland research program at NBRI is to provide science based knowledge and techniques to better manage boreal peatland ecosystems.

Résumé : Fondé en 1995, le *NAIT Boreal Research Institute* (NBRI) est un centre de recherche appliquée situé dans la ville de Peace River, dans le cœur de la région des sables bitumineux de l'Alberta. Notre mission est de fournir des méthodes rentables de réhabilitation de milieux, des produits et des services éducatifs permettant à l'industrie de répondre aux normes écologiques de remise en état des terres après perturbation. Le programme de restauration des tourbières à NBRI travaille en étroite collaboration avec les chercheurs, les organismes gouvernementaux et les partenaires de l'industrie pour relever les défis spécifiquement liés à la restauration de tourbières boréales perturbées par les activités industrielles dans la région de la Peace River. Le premier projet pilote à grande échelle de plateformes de forage, celui de *l'Inversion Pad Trial 1*, a été lancé à l'hiver 2011. Nous suivons de près l'hydrologie, la chimie, la topographie, la végétation et la faune sur et autour des plateformes restaurées afin d'évaluer la progression et le succès de restauration des tourbières. La prochaine étape de notre recherche sur les tourbières est d'affiner et d'améliorer les méthodes et les techniques basées sur l'étude pilote. Nous allons travailler en étroite collaboration avec les partenaires de l'industrie pour évaluer l'impact des diverses perturbations linéaires industrielles sur les tourbières boréales et pour développer des méthodes d'atténuation et de restauration. Le but ultime du programme de recherche de tourbières à NBRI est de fournir les connaissances et les techniques de base scientifiques permettant de mieux gérer les écosystèmes de tourbières boréaux.

Assessing the impacts of water table changes from road construction on the successional trajectory of a poor fen in Northern Alberta

Évaluation des impacts des changements de la nappe phréatique engendrés par la construction de routes sur la succession d'un fen pauvre dans le Nord de l'Alberta

Emma Bocking¹, Jonathan S. Price² & David Cooper³

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;

¹ email: EmmaBocking@gmail.com;

³ Department of Forest and Rangeland Stewardship, Colorado State University, Fort Collins, CO, U.S.A.

Abstract: Intensive resource extraction in northern Canada has led to the development of road networks through the boreal environment. When raised roads bisect wetlands, they cause fragmentation and alter hydrologic connectivity on a local or landscape scale. These impacts are being studied in a poor fen located 45km south of Fort McMurray, Alberta, where a raised road was constructed across the northern fringe of the site in the late 1970s. Black spruce (*Picea mariana*) dieback and locally raised water tables adjacent to the road suggest past and present hydrological changes with implications for vegetation community composition and the successional trajectory of the fen. The hydrologic changes that likely caused this *P. mariana* dieback also led to an increase in *Sphagnum* growth near the road. This new growth has filled in hummock topography, decreasing suitable germination surfaces for *P. mariana*. In sixteen 50 m² transects, recent moss growth was quantified by measuring the depth to the root crown of *P. mariana* trees, as the root crown's position represents the original ground level at time of germination. The average depth to the root crown in the undisturbed area is 19.7 cm, compared with an average depth of 36.2 cm where there is high *P. mariana* mortality. This difference is attributed to higher water levels after construction that facilitated quick growing species of *Sphagnum*. Where this growth is the thickest, *P. mariana* regeneration rates are low or non-existent. This research provides insight into the relationships between *Sphagnum* growth rates, water table change, microtopography and *P. mariana* regeneration.

Résumé : L'extraction intensive des ressources dans le Nord canadien a permis le développement de réseaux routiers à travers la zone boréale. Comme les routes coupent les milieux humides, elles provoquent de la fragmentation et modifient la connectivité hydrologique à l'échelle locale ou du paysage. Ces impacts sont étudiés dans un fen pauvre situé à 45 km au sud de Fort McMurray, en Alberta, où une route surélevée a été construite sur la frange nord du site à la fin des années 1970. Le dépérissement local de l'épinette noire (*Picea mariana*) et le rehaussement des nappes adjacentes à la route suggèrent des changements hydrologiques passés et présents ayant des conséquences sur la composition des communautés végétales et sur la trajectoire de succession de la tourbière. Les changements hydrologiques qui ont probablement causé le dépérissement de l'épinette ont également conduit à une augmentation de la croissance des sphaignes près de la route. Des buttes de sphaigne se sont installées, entraînant une diminution des surfaces de germination appropriées pour *P. mariana*. Le long de 16 transects de 50 m², nous avons évalué la croissance récente des sphaignes en mesurant la profondeur de la couronne des racines des épinettes; en considérant que la position de la couronne des racines représente le niveau original du sol au moment de la germination. La profondeur moyenne de la couronne des racines dans la zone non perturbée est de 19,7 cm, comparativement à 36,2 cm où il y a eu une forte mortalité d'épinettes. Cette différence est attribuable à des niveaux d'eau plus élevés après la construction de la route qui ont facilité les espèces de sphaigne à croissance rapide. Aux endroits où cette croissance est la plus marquée, les taux de régénération de *P. mariana* sont faibles ou inexistantes. Cette recherche permet de mieux comprendre les relations entre les taux de croissance des sphaignes, les changements de la nappe phréatique, la microtopographie et la régénération de l'épinette noire.

An assessment of the hydrology of a constructed fen in the Athabasca oil sands region, Alberta

Une évaluation de l'hydrologie d'un fen construit dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca, en Alberta

Scott J. Ketcheson¹ & Jonathan S. Price²

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; ¹ email: sjketche@uwaterloo.ca

Abstract: Reclamation in the oil sands areas requires that entire landforms and drainage systems be reconstructed. Fen peatlands rely upon a combination of ground and surface water inflows to sustain the water balance. This makes them an attractive candidate for peatland creation, since climatic factors (i.e., dry conditions) can be mitigated by providing a suitable geomorphic setting to provide supplementary water flows under dry conditions, common in the Western Boreal Plains (WBP). In the constructed fen system, peat from newly developed lease areas is placed at the base of an upland watershed (tailings sand capped with a forest soil) designed to supply the requisite groundwater flow to sustain fen processes and functions.

Field measurements made during the 2013 snowmelt period indicated that basin-averaged peak snow water equivalence (SWE) was 100 mm, with minimal recharge to the constructed aquifer due to the presence of ground frost. Accordingly, the fen was flooded via surface runoff, as reclaimed slopes provided substantial snowmelt water inputs to the system despite their design to reduce runoff and increase water storage. In the fen, a localized recharge pipe developed through thermal erosion that resulted in the redistribution of melt water across a highly permeable 0.5 m thick petroleum coke layer beneath the peat. Strong upward gradients in the fen were reduced upon thawing of the ground ice, with high water table levels sustained in the fen throughout the remainder of the summer. However, very low surface infiltration rates on the capping upland forest soil constrained recharge to the sand aquifer, which remained well below designed water contents in much of the upland.

Résumé : La remise en état des écosystèmes dans la région des sables bitumineux exige que des reliefs et des systèmes de drainage entiers soient reconstruits. Les tourbières minérotrophes (fens) dépendent des entrées d'eau souterraine et de surface pour maintenir leur équilibre en eau. Cela fait d'elles des candidates intéressantes pour la création de nouvelles tourbières, car les facteurs climatiques peuvent être atténués si un cadre géomorphologique approprié leur est fourni, permettant p. ex. de leur apporter de l'eau supplémentaire en cas de sécheresse, ce qui se produit souvent dans l'écozone des plaines de l'Ouest. Dans le système de fens construits, de la tourbe provenant de secteurs nouvellement exploités est placée à la base d'un bassin versant (résidus de sable surmontés d'un sol forestier) conçu de façon à alimenter les eaux souterraines indispensables aux fens.

Les mesures de terrain effectuées pendant la période de la fonte des neiges en 2013 indiquent que le pic d'équivalence en eau de fonte était de 100 mm, avec une recharge minimale de l'aquifère construit en raison de la présence de gel au sol. Par conséquent, les fens ont été inondés par les eaux de ruissellement de surface, car les pentes créées ont apporté des quantités importantes d'eau de la fonte des neiges au système, en dépit de leur modèle de conception qui visait à réduire le ruissellement et à augmenter le stockage de l'eau. Dans le fen, un passage localisé d'eau s'est formé par érosion thermique, ce qui a entraîné la redistribution de la neige fondue à travers une couche très perméable et épaisse (0,5 m) de coke de pétrole sous la tourbe. Les forts gradients observés dans les pentes des fens ont été réduits lors de la décongélation de la glace dans le sol, et de hauts niveaux de nappe phréatique ont été maintenus pendant le reste de l'été. Toutefois, les faibles taux d'infiltration de la surface du sol de la forêt située plus haut ont restreint la recharge à l'aquifère de sable, qui est resté bien en deçà des teneurs en eau généralement observées dans les hautes terres.

Soil water dynamics of a constructed peatland in a post-mined oil sands landscape, Fort McMurray, Alberta

Dynamique de l'eau du sol d'une tourbière construite dans un paysage après l'extraction de sables bitumineux, à Fort McMurray, en Alberta

Sarah Scarlett¹ & Jonathan S. Price²

^{1,2}Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; ¹email: SarahjScarlett@gmail.com

Abstract: In the Athabasca Oil Sands region, oil sands companies are now required to include peatlands in their reclamation efforts, as they cover over 50% of the regional pre-mined landscape. Construction of the Suncor Pilot Fen was completed in 2012, engineered with the intent to support natural fen vegetation and hydrologic processes. The purpose of this study is to evaluate the fen's initial soil water dynamics, with respect to vegetation treatments and placed-peat properties. Multiple study sites were monitored across the fen, located in vegetation plots (control/moss/vascular) with varying treatments (mulched/unmulched) across a hydrologic gradient (wet/moderate/dry). The 2013 study season received 234 mm of precipitation from June 1 to August 30. The fen water table position varied temporally and spatially, fluctuating between -30 to +52 cm from the peat surface, with an average position of $+9 \pm 16$ cm. Volumetric soil moisture values ranged from 0.70 to 0.95 and corresponded well to water table position. Evapotranspiration (ET) rates were, on average, lower in moss plots (223 mm) than in bare peat (259 mm) and vascular (281 cm). Mulch further reduced ET, with lowest rates in mulched moss plots (164 mm). Near-surface soil temperatures showed a similar trend, where temperatures under mulch cover were, on average, 2-4°C lower than unmulched plots. Reduced ET and lower soil temperatures in mulched plots promote a favorable microenvironment for vegetation establishment and growth. These findings will aid in the assessment of the system's early ecohydrology, a necessary metric for evaluating the success of the Suncor Pilot Fen.

Résumé : Dans la région de l'Athabasca, les compagnies exploitant les sables bitumineux sont maintenant tenues d'inclure les tourbières dans leurs efforts de remise en état du paysage, car les superficies qu'elles exploitent couvrent plus de 50 %

du paysage de la région avant extraction du bitume. La construction du *Suncor Pilot Fen* a été achevée en 2012, avec l'intention d'y obtenir une végétation et des processus hydrologiques typiques d'un fen naturel. Le but de cette étude est d'évaluer la dynamique initiale de l'eau du sol de la tourbière, en fonction des traitements de la végétation et des propriétés de la tourbe. Plusieurs parcelles d'étude ont été suivies dans le fen, elles ont été localisées selon les types de végétation (témoin/mousses/vasculaires), les traitements avec ou sans paillis, et le long d'un gradient hydrologique (humide/modéré/sec). Pendant la saison d'étude 2013, le site a reçu 234 mm de précipitations du 1^{er} juin au 30 août. Le niveau de la nappe phréatique du fen a varié dans le temps et dans l'espace, fluctuant entre -30 à +52 cm par rapport à la surface de la tourbe, avec un niveau moyen de $+9 \pm 16$ cm. Les valeurs d'humidité volumétrique du sol allaient de 0,70 à 0,95 et correspondaient au niveau de la nappe phréatique. Les taux d'évapotranspiration étaient, en moyenne, plus faibles dans les parcelles de mousse (223 mm) que dans celles de tourbe nue (259 mm) et celles de plantes vasculaires (281 cm). Le paillis réduit davantage l'évapotranspiration, car les taux les plus bas ont été obtenus dans les parcelles de mousses avec paillis (164 mm). La température du sol près de la surface a montré une tendance similaire, où les températures sous le couvert du paillis étaient, en moyenne, de 2 à 4 °C plus basses que celles des parcelles sans paillis. Une réduction de l'évapotranspiration et des températures inférieures du sol dans les parcelles avec paillis engendrent un microenvironnement favorable à l'établissement de la végétation et de la croissance. Ces résultats aideront dans l'évaluation initiale de l'écohydrologie du système, nécessaire pour évaluer le succès du projet *Suncor Pilot Fen*.

Mobility of contaminants from oil sands byproducts in a constructed fen peatland system

La mobilité des contaminants provenant des sous-produits des sables bitumineux dans un système de fens reconstruits

Reuven B. Simhayov¹ & Jonathan S. Price²

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada;

¹ email: rbsimhay@uwaterloo.ca

Abstract: A constructed fen peatland on a post-mined oil sands landscape in northern Alberta incorporates materials from the mining site into the constructed system. Peat is used for the fen, tailings sand is used for the upland and petroleum coke is used for a high permeability connecting basal layer. The use of byproducts of oil production, mainly tailings sand and petroleum coke as building materials for the fen requires an understanding of the transport and attenuation mechanisms of potential contaminants they may contain since they may impact the plants and microbial community of the fen. To meet this goal we need a prior understanding of the type of contaminants, their concentration and movement. Initial results indicate that naphthenic acids (NA's), vanadium (V) and sodium (Na) are likely to move through the system and impact the ecology of the fen. These contaminants are known to cause ecological stress and impair ecosystem function. NA's may disrupt the cell membrane and V can inhibit enzymatical processes that are part of nutrient uptake mechanism. Na can cause stress by increasing the osmotic potential in the root zone or by toxicity due to high ionic concentration. The incorporation of peat in the design of the system will cause attenuation and/or dispersion of contaminants that could reduce their potential impact.

Résumé : Une tourbière minérotrophe (fen) a été construite après la cessation de l'exploitation des sables bitumineux dans un paysage du Nord de l'Alberta. Elle a été créée à partir des matériaux provenant du site minier. La tourbe a été utilisée pour façonner la tourbière, les résidus de sable ont servi à créer les hautes terres et le coke de pétrole a été employé pour créer une couche basale de connectivité à haute perméabilité. L'utilisation de sous-produits de la production de pétrole (principalement des résidus de sable et du coke de pétrole) comme matériaux de construction pour la création d'un fen nécessite une compréhension des mécanismes de transport et d'atténuation des contaminants potentiels qu'ils peuvent contenir, car ils peuvent avoir des effets sur les plantes et la communauté microbienne de la tourbière. Pour répondre à cet objectif, nous devons avoir une connaissance préalable du type de contaminants, de leur concentration et de leurs mouvements. Les premiers résultats indiquent que les acides naphthéniques (AN), le vanadium (V) et le sodium (Na) sont susceptibles de se déplacer à travers le système et avoir un impact sur l'écologie de la tourbière. Ces contaminants sont connus pour causer un stress écologique et altérer les fonctions de l'écosystème. Les acides naphthéniques peuvent rompre la membrane cellulaire et le vanadium peut inhiber les processus enzymatiques qui font partie du mécanisme d'absorption des éléments nutritifs. Le sodium peut quant à lui causer un stress en augmentant le potentiel osmotique dans la zone racinaire ou par sa toxicité en raison de sa concentration ionique élevée. L'incorporation de la tourbe dans la conception du système amènera une certaine atténuation de ces impacts potentiels ou une dispersion des contaminants.

The wise use of peat and peatlands within oil sands production area

L'utilisation rationnelle de la tourbe et des tourbières dans la zone de production des sables bitumineux

Tatiana Minayeva¹, Maria Strack², Hans Joosten³, Andrey Sirin⁴, Arina P. Schrier-Uijl⁵ & Marcel Silvius⁶

^{1,6} Wetlands International; P.O.Box 471, Wageningen, 6700 AL, The Netherlands;

¹ email: tatiana.minaeva@wetlands.org;

² Department of Geography, University of Calgary, AB, Canada; ³ Botanical Institute, University of Greifswald, Germany;

⁴ Institute of Forest Science RAS, Moscow, Russia;

⁵ Nature Conservation and Plant Ecology, Wageningen University, the Netherlands

Extended abstract: Canadian oil sands production is associated with huge losses of peats and peatlands, which concerns scientists, environmentalists, and local communities.

We suggest that urgently a dialogue is required between peat scientists, environmentalists, the peat industry and the oil sands industry on the integrated management of peat and peatlands in the areas targeted by oil sands development in Alberta. This dialogue should focus on developing a research and implementation strategy to address five key items:

1. mapping of peatlands and assessment of their carbon stocks;
2. tracking of peat volumes over the entire project cycle (removal, movement, transitory storage, final destiny), including the assessment of carbon losses during handling;
3. development of innovative strategies and technologies to reduce peat carbon losses by integrated planning and targeted implementation;
4. development of concepts for the restoration of other ecosystem functions;
5. identification and development of political and economic incentives for preserving peatlands and their ecosystem functions, including carbon storage and sequestration.

Peatlands make up over 60% of the land currently designated for oil sands exploitation (Reine et al., 2002 after Rooney et al. 2012). Nevertheless the information on their distribution, diversity and peat depth is still insufficient. Production areas are usually located on the sloping zone between the watersheds and the Athabasca River, where extensive peatlands plays a key role in water retention and regulation. Peatlands of Athabasca watershed provide significant habitat and species diversity, including maintenance of global flyways. Furthermore the peatlands store significant amounts of organic carbon and support and are part of

biodiversity. The carbon stock is estimated to be 470 (M. Strack unpublished) to 530–1,650 tons (t) C ha⁻¹ (Beilman et al. 2008 after Rooney et al. 2012). The long term carbon sequestration rate determined in the Jack Pine Lease extension (M.Strack unpublished 2012) is 11-18 g C m⁻² yr⁻¹, whereas Bridgham et al. (2006) present values of 22.1 ± 9.9, 30.0 ± 5.0 and 38.4 ± 1.5 g C m⁻² yr⁻¹ for bogs, fens, and swamps, respectively. Carbon in wet/intact peatlands is stored virtually forever.

Oils sands exploitation completely removes the peatlands, destroying the local and regional hydrologic and biodiversity functions. The global climatic effect of the removal and relocation of the peat depends on the final fate of the peat carbon, i.e. to the extent the peat will:

- immediately or slowly oxidize unused on site,
- replace other fossil carbon stocks currently used for fuel or horticultural substrates ('peat moss'), or
- remain conserved in new soils and deposits (re)created in the framework of restoration and landscaping activities.

Based on the outcomes of the pilot projects and preliminary discussions with stakeholders possible solutions for avoiding and reducing negative environmental impacts could be found in: macro level spatial planning (including designating of no-go zones) based on ecosystem functions and services mapping; professional peat extraction and utilization for reclamation on the regional level (cooperation between various companies); carbon safe management of overburdens; applying peat only for wet restoration; introduction of restoration practices based on an ecosystem approach (e.g. restore functions, not only structures; apply restoration on different scales of the). The framework for implementation of those measures should involve international, national and local legislation and in

addition economic incentives, support and understanding of First Nations.

The listed strategies and potential technologies to avoid, reduce and mitigate losses in peatlands need significant investments from business, government and local communities which can be achieved only in the format of a wide dialogue based on solid scientific data and practical experience.

Résumé détaillé : L'exploitation des sables bitumeux au Canada est associée à des pertes énormes de tourbe et de tourbières, ce qui préoccupe les scientifiques, les environnementalistes et les communautés locales.

Nous croyons qu'il est urgent et nécessaire d'instaurer un dialogue entre les scientifiques, les environnementalistes, l'industrie de la tourbe et l'industrie des sables bitumeux sur la gestion intégrée de la tourbe et des tourbières dans les zones ciblées par l'exploitation des sables bitumeux en Alberta. Les parties prenantes de ce dialogue devraient concentrer leurs efforts sur l'élaboration d'une stratégie de recherche et de mise en œuvre qui répond à cinq éléments clés :

- 1) une cartographie des tourbières et l'évaluation de leurs stocks de carbone;
- 2) le suivi des volumes de tourbe sur le cycle de vie (l'extraction, le transport, le stockage temporaire, le destin final), y compris l'évaluation des pertes de carbone lors de la manipulation;
- 3) le développement de stratégies et de technologies innovatrices pour réduire les pertes de carbone des tourbières par une planification intégrée et une mise en œuvre ciblée;
- 4) le développement de concepts pour la restauration des autres fonctions de l'écosystème;
- 5) l'identification et le développement de mesures incitatives politiques et économiques pour la conservation des tourbières et de leurs fonctions écosystémiques, y compris le stockage et la séquestration du carbone.

Les tourbières représentent plus de 60 % des terres actuellement désignées pour exploitation des sables bitumeux (Reine et al. 2002, Rooney et al. 2012). Néanmoins, les données sur leur répartition, leur diversité et la profondeur de la tourbe sont encore insuffisantes. Les zones d'exploitation sont généralement situées en pente, entre les bassins versants et la rivière Athabasca, où les vastes tourbières jouent un rôle clé dans la rétention et la

régulation de l'eau. Les tourbières du bassin versant de l'Athabasca possèdent une diversité d'habitats et d'espèces et se situent le long des voies de migration. En outre, les tourbières emmagasinent des quantités importantes de carbone organique. Le stock de carbone est estimé à entre 470 (M. Strack non publié) et 530-1 650 tonnes C ha⁻¹ (Beilman et al. 2008, Rooney et al. 2012). Le taux de séquestration du carbone à long terme, déterminé par l'expansion du site de Jackpine (M. Strack non publié 2012), est de 11 à 18 g C m⁻² an⁻¹, alors que Bridgman et al. (2006) ont obtenu des valeurs de 22,1 ± 9,9, 30,0 ± 5,0 et 38,4 ± 1,5 g C m⁻² an⁻¹ pour les bogs, les fens et les marécages, respectivement. Le carbone des tourbières humides et intactes est pratiquement stocké à jamais.

L'exploitation des sables bitumeux supprime complètement les tourbières, détruisant ainsi les fonctions hydrologiques et réduisant la biodiversité à l'échelle locale et régionale. L'impact de l'élimination et de la relocalisation de ces tourbières sur les conditions climatiques mondiales va dépendre du sort final du carbone, c'est-à-dire dans la mesure où la tourbe :

- s'oxydera immédiatement ou lentement sur le site inutilisé,
- remplacera d'autres stocks de carbone fossile actuellement utilisés pour le carburant ou pour les substrats horticoles (« tourbe ») ou
- sera conservée dans de nouveaux sites ou dépôts créés dans le cadre d'une restauration ou de travaux d'aménagement.

Selon les résultats de projets pilotes et des discussions préliminaires avec les parties prenantes, des solutions possibles pourraient être envisagées pour éviter et réduire les impacts négatifs sur l'environnement : l'aménagement du territoire à l'échelle du paysage (notamment la désignation de zones interdites) basé sur les fonctions écosystémiques et la cartographie des services; l'extraction et l'utilisation adéquates de la tourbe pour une remise en état à l'échelle régionale (coopération entre les différentes entreprises); la gestion sécuritaire du carbone des morts-terrains; l'application de tourbe uniquement pour la restauration de milieux humides; l'introduction de pratiques de restauration basées sur une approche écosystémique (p. ex. : restaurer les fonctions et non seulement les structures ou restaurer à différentes échelles). Les législations internationales, nationales et locales, ainsi que des incitatifs économiques et le soutien des Nations Unies, devraient encourager la mise en œuvre de ces mesures.

Les stratégies énumérées ci-haut de même que les technologies potentielles permettant d'éviter, de réduire et d'atténuer la destruction de tourbières nécessitent d'importants investissements des entreprises, du gouvernement et de la communauté

locale. Celles-ci pourront être réalisées à condition qu'un dialogue basé sur des données scientifiques solides et une expérience pratique ait lieu entre les différentes parties prenantes.

Importance of depth and plant structure and composition for pond recolonization by arthropods in a restored fen

L'importance de la profondeur ainsi que de la structure et de la composition végétales pour la recolonisation des mares par les arthropodes dans un fen restauré

André-Philippe Drapeau Picard¹, Line Rochefort² & Maxim Larrivée³

^{1,2} Département de phytologie, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
¹ email: andre-philippe.drapeau-picard.1@ulaval.ca;

³ Insectarium de Montréal, 4581, rue Sherbrooke E., Montréal, QC, H1X 2B2, Canada

Abstract: The moss layer transfer technique, widely used for peatland restoration in North America, aims to facilitate plant cover re-establishment. Efficient in that regard, it fails to restore habitat heterogeneity that supports the biodiversity in natural peatlands. Pools are habitats with an associated characteristic fauna and flora. Pool creation in restored peatlands should increase habitat heterogeneity and thus, species diversity. For this project, 15 pools were created in a restored fen in the Bas-Saint-Laurent region. To assess how pools should be designed in order to facilitate arthropod recolonization, two water depths and tree vegetation types were tested. Arthropods were sampled within and around pools using funnel minnow and pitfall traps. Species richness of wolfspiders (Araneae: Lycosidae) and predacious diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae) will be compared between treatments.

Résumé : La technique du transfert muscinal, généralement appliquée pour la restauration des tourbières en Amérique du Nord, vise le retour d'un couvert végétal. Efficace en ce sens, elle ne permet toutefois pas de retrouver l'hétérogénéité des habitats qui supportent la biodiversité des tourbières naturelles. Les mares sont des habitats auxquels une faune et une flore caractéristiques sont associées. La création de mares dans les tourbières restaurées devrait y augmenter l'hétérogénéité des habitats, et ainsi la biodiversité. Pour ce projet, 15 mares ont été créées dans un fen restauré dans la région du Bas-Saint-Laurent. Pour déterminer comment les mares devraient être aménagées pour favoriser la recolonisation par les arthropodes, nous avons évalué la présence d'arthropodes à deux profondeurs et trois types de végétation. Les arthropodes ont été échantillonnés à l'intérieur et autour des mares à l'aide de nasses et de pièges-fosses. La richesse spécifique des araignées-loups (Araneae : Lycosidae) et des dytiques (Coleoptera : Dytiscidae) sera comparée entre les traitements.

Early rooting could favor cloudberry establishment in harvested peatland

L'enracinement précoce pourrait favoriser l'établissement de la chicouté en tourbières récoltées

Jade Boulanger Pelletier¹, Mathieu Quenum², Julie Bussièrès³, Line Rochefort⁴ & Line Lapointe³

^{1,3}Département de biologie, Université Laval, 1045, av. de la Médecine, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
¹email: jade.boulanger-pelletier.1@ulaval.ca;

²Coastal Zones Research Institute Inc., University of Moncton, Shippagan, NB, Canada;

⁴Département de phytiologie, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Abstract: Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) is a berry present naturally in ombrotrophic peatlands. Its cultivation in abandoned peatlands, in combination with restoration practices, could maintain economic activities on these sites. However, cloudberry cultivation presents some difficulties. Rhizome segments are the typical transplantation unit, but their low root density might explain the high mortality observed during the first growing season. To enhance rooting, two techniques were tested: planting transplants grown for one season in greenhouse in pots (plug plants) and fertilization of bare rhizomes at planting. A six-year survey indicated that despite a higher initial survival for plug plants, ramet density did not differ between plug plants and bare rhizomes after five growing seasons. A second experiment testing the application of different fertilizers at planting indicated that fertilizers enhanced root development on bare rhizomes the first year compared to those that did not received fertilization. According to the results of these two experiments, fertilization at planting appears a better choice than planting rooted transplants. This method is simple and reduces planting costs.

Résumé : La chicouté (*Rubus chamaemorus*) est un petit fruit qui pousse naturellement en tourbière ombrotrophe. Sa mise en culture dans les tourbières en fin d'exploitation, en complément à la restauration, permettrait de maintenir des activités économiques sur ces sites. Son implantation présente cependant quelques difficultés. La culture se fait à partir de segments de rhizomes, dont la faible densité racinaire pourrait expliquer les fortes mortalités observées l'année suivant la plantation. Afin d'améliorer l'enracinement des rhizomes, deux avenues ont été explorées : la plantation de rhizomes préalablement enracinés en serre dans des pots et l'application de fertilisants lors de la plantation de rhizomes nus. Un suivi sur six ans a montré que, malgré une survie initiale plus élevée des plants déjà enracinés par rapport aux rhizomes plantés sans racines, la densité de ramets est semblable pour les deux groupes après cinq saisons de croissance. Cependant, l'ajout de fertilisants au moment de la plantation a permis aux rhizomes nus de développer un système racinaire plus important au cours de la première saison de croissance que les rhizomes n'ayant reçu aucune fertilisation. Ces résultats suggèrent qu'il est plus judicieux d'opter pour une fertilisation lors de la plantation que de produire des plants en serres. Cette méthode est simple et réduit les coûts d'implantation.

Assessing physicochemistry, topography and plant communities following restoration on a linear disturbance at the Sainte-Eulalie peatland, Québec

Évaluation de la physicochimie, de la topographie et des communautés végétales à la suite de la restauration d'une perturbation linéaire à la tourbière de Sainte-Eulalie, Québec

Gabrielle Préfontaine-Dastous¹, Line Rochefort² & Marie-Claire LeBlanc²

^{1,2}Département de phytologie, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
¹email: gabrielle.prefontaine-dastous.1@ulaval.ca

Abstract: The dismantling and restoration success of an access road located under a hydroelectric power line in Sainte-Eulalie's peatland (Quebec), was monitored to assess the peatland re-establishment. Three sets of variables, 1) physicochemical conditions of the water table; 2) surrounding topography and 3) plant communities were studied during summer 2013, one year following restoration. 6 monitoring well transects perpendicular to the 3 km linear feature were sampled. On each transects, 12 samples were collected over 30 m from the center of the restored access road. 6 topography lines were also sampled along with 15 permanent plots designed for the vegetation surveys. Evaluation of restoration success was based on the comparison of water chemistry with the surrounding peatland, variation of topography in time and the moss layer recovery and vascular diversity relative with the plant communities present under the power line. Results showed a differential response to restoration according to the plant communities found in the natural environment. Despite these results, there is still a need to assess restoration success over a longer period of time. Monitoring should continue for this site for water physicochemical conditions, topography and vegetation may take more than a year to react to the dismantling of the access road.

Résumé : Cette étude visait à établir le succès de la restauration à la suite du démantèlement d'un chemin d'accès sous une emprise hydro-électrique à la tourbière de Sainte-Eulalie (Québec). Ce dernier a été mesuré par le biais : 1) des conditions physicochimiques de la nappe phréatique; 2) de la topographie; ainsi que 3) des communautés végétales ayant colonisé le chemin restauré, un an après les travaux. Six lignes de piézomètres ont été installées perpendiculairement à la section restaurée (3 km) de l'emprise. Sur chacune, 12 échantillons ont été collectés sur une distance de 30 m à partir du centre du chemin restauré. De plus, six lignes topographiques ont été établies et 15 parcelles permanentes ont servi à la réalisation des relevés de végétation. Le succès de la restauration a été déterminé par la comparaison entre les conditions physicochimiques de la nappe sous le chemin restauré et celles trouvées dans la tourbière naturelle. Par ailleurs, l'étude de la variation temporelle de la topographie visait à comprendre l'établissement du sol à la suite de la restauration. La reprise de la végétation a été caractérisée par le recouvrement de la strate muscinale et de la richesse spécifique en plantes vasculaires. Les résultats obtenus ont démontré une réponse différentielle à la restauration en fonction des groupements végétaux caractéristiques du milieu naturel. Il apparaît toutefois nécessaire d'effectuer le suivi de la restauration sur un intervalle temporel plus grand. En effet, les conditions physicochimiques, la topographie et les communautés végétales peuvent prendre plusieurs années à réagir aux travaux de restauration.

Modeling potential percolation losses from peat during dewatering of Victor diamond mine in the James Bay Lowland

Modélisation des pertes potentielles par percolation de la tourbe lors de l'assèchement de la mine de diamants Victor dans les basses-terres de la baie James

Mazda Kompanizare¹, Jonathan Price² & Pete N. Whittington³

^{1,2}Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; ¹email: mkompani@uwaterloo.ca;

³Department of Biology, University of Western Ontario, ON, Canada

Abstract: Dewatering of the Victor diamond mine in the James Bay lowlands has increased the discharge rate of the peat layer following depressurization of the bedrock, which increased the vertical gradient between the peat layer and bedrock. In this study the discharge rate of the peat layer was evaluated by calculating the potential percolation rate through the bottom of the peat layer to the bedrock and comparing it with the available surface recharge, precipitation minus evapotranspiration (P-E). The potential percolation rate is the downward flow rate through the marine sediment (MS) layer when the water is always available on the surface. It was numerically calculated through simulation of variably saturated groundwater flow around the mine, in Granny Creek watershed, by HYDRUS 3D. The simulation was conducted for Jan. 2005 to Dec. 2012, 2921 days, during six years of mine dewatering. The results showed that in the pre-mining condition (Dec. 2006) the average potential surface recharge was about 7^{-5} m/day (26 mm/y), of which 69 and 15% discharged to the Attawapiskat and Nayshkootayaow rivers, respectively. However, in the mining condition, on Dec 2012, the average potential surface recharge rate reached 7.7^{-4} m/day (281 mm/y), higher than the average P-E for the area of 7^{-4} m/day (260 mm/y). At this time, the area encompassed by a radial distance of ~4-5 km from the mine the percolation rate through the MS layer exceeded the average P-E reaching an average of ~730 mm/y. Due to the presence around the mine of exposed bedrock outcrops (bioherms) surrounded by a thinner or non-existent MS layer, there is a preferential flow path for percolation. These simulations suggest desiccation of the peat is more extensive than predicted by a relatively simpler mine dewatering simulation done prior to dewatering.

Résumé : L'assèchement de la mine de diamants Victor dans les basses terres de la baie James a entraîné une augmentation le taux de rejet d'eau de la couche de tourbe suivant une dépressurisation de la roche-mère, ce qui a augmenté le gradient

vertical entre la couche de tourbe et le substratum rocheux. Dans cette étude, le taux de rejet d'eau de la tourbe a été évalué en calculant le taux de percolation potentiel à travers le fond de la couche de tourbe jusqu'à la roche-mère et en le comparant avec la recharge de surface disponible (précipitations moins évapotranspiration : P-É). Le taux potentiel de percolation est le débit d'écoulement vers le bas à travers les sédiments marins de la couche lorsque de l'eau est toujours disponible à la surface. Il a été calculé numériquement par la simulation de l'écoulement variablement saturé des eaux souterraines autour de la mine, dans le bassin versant de Granny Creek, à l'aide d'HYDRUS 3D. La simulation a été réalisée pour la période de janvier 2005 à décembre 2012 (2 921 jours), au cours des six années d'assèchement de la mine. Les résultats ont montré qu'avant l'exploitation minière (décembre 2006), le taux de la recharge potentielle de surface moyen était d'environ 7^{-5} m/jour (26 mm/an), dont 69 et 15 % se sont écoulés vers les rivières Attawapiskat et Nayshkootayaow, respectivement. Cependant, pendant l'exploitation minière, en décembre 2012, le taux de la recharge potentielle de surface moyen a atteint $7,7^{-4}$ m/jour (281 mm/an), une valeur plus élevée que celle de la moyenne pour la zone (7^{-4} m/jour ou 260 mm/an). À cette époque, dans le secteur couvrant une distance radiale de ~4-5 km autour de la mine, le taux de percolation à travers la couche de sédiments marins a dépassé le la valeur de P-É moyenne, pour atteindre autour de ~730 mm/an. En raison de la présence d'affleurements rocheux exposés (biohermes) autour de la mine, qui sont entourés par une couche mince ou inexistante de sédiments marins, il existe un chemin d'écoulement préférentiel pour la percolation. Les simulations suggèrent que la dessiccation de la tourbe est plus importante que celle prévue par une simulation relativement simple de l'évacuation d'eau de la mine qui avait été faite avant l'assèchement.

Water dynamics and productivity of *Tomenthypnum* and *Sphagnum* mosses: Understanding the role of moss morphology on desiccation tolerance

La dynamique de l'eau et la productivité de Tomenthypnum et des sphaignes : quel est le rôle de la morphologie des mousses sur leur tolérance à la dessiccation?

Jonathan D. Goetz¹ & Jonathan Price²

^{1,2}Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; ¹ email: j2goetz@uwaterloo.ca

Abstract: Morphological structures of peatland mosses largely influence moss strategies of water retention and microclimate controls to maintain high water potential, critical for physiological functions. This study investigated how the different hydrophysical characteristics of *Tomenthypnum nitens* and *Sphagnum angustifolium* affect desiccation tolerance through investigation of moss moisture variability to environmental variables and their effects on productivity. Laboratory investigations indicate that both volumetric water content (θ) and productivity (*GEP*) decrease with water table depth (*wt*) for both mosses; with *Sphagnum* capitula retaining 10-20% more water (θ range of 0.18-0.32) than *Tomenthypnum* (0.07-0.16) due to greater capillary flow and pore connectivity with the *wt*. Consequently, *Sphagnum* capillary flow was sufficient to maintain high θ , thus water potential (ψ), for *GEP* processes with a -50 cm *wt* (average *GEP* of 0.2 g CO₂m⁻²d⁻¹), despite stressed environmental conditions. Weak pore connectivity of *Tomenthypnum* with the underlying peat reduced ψ to under -100 Mpa with a *wt* of -50 cm, essentially stopping all productivity (average *GEP* -0.3 g CO₂ m⁻²d⁻¹). However, under natural conditions *Tomenthypnum* colonies can retain precipitation (~8% of rainfall), dew (~0.4 mm/night) and distillation (~0.1 mm/night) to temporarily rewet the moss and maintain adequate ψ for physiological functions even under drought conditions. Conversely, capillary flow and high water retention capacity alone can provide *Sphagnum* capitula with adequate ψ to avoid desiccation and maintain physiological activity under drought conditions. This study helps understand the mechanisms of water supply and retention for different moss morphological structures and how those structures are designed to provide desiccation tolerance and/or avoidance.

Résumé : Les structures morphologiques des mousses des tourbières influencent largement leurs stratégies de rétention d'eau ainsi que les processus microclimatiques qui permettent de

maintenir un potentiel d'eau élevé, nécessaire pour la physiologie des mousses. Cette étude a examiné comment les différentes caractéristiques hydrophysiques de *Tomenthypnum nitens* et de *Sphagnum angustifolium* affectent leur tolérance à la dessiccation par une évaluation de la variabilité de l'humidité dans ces mousses par rapport à diverses variables de l'environnement et de leurs effets sur la productivité. Des résultats de laboratoire montrent que le contenu volumétrique en eau (θ) et la productivité (*P*) diminuent avec la profondeur de la nappe phréatique (*NP*) pour les deux mousses; les sphaignes avec capitules conservant 10 à 20 % plus d'eau (θ de 0,18 à 0,32) que *Tomenthypnum* (0,07 à 0,16) grâce à une meilleure circulation capillaire et à la connectivité des pores avec la *NP*. Par conséquent, l'écoulement capillaire des sphaignes était suffisant pour maintenir un niveau élevé de θ et un potentiel en eau (ψ) suffisant pour une productivité à une nappe phréatique de -50 cm (*P* moyenne de 0,2 g CO₂ m⁻² jour⁻¹), en dépit de conditions environnementales difficiles. La faible connectivité des pores de *Tomenthypnum* avec la tourbe sous-jacente a diminué le ψ sous -100 MPa à une *NP* de -50 cm, en arrêtant pratiquement toute productivité (moyenne de -0.3 g CO₂ m⁻² jour⁻¹). En conditions naturelles, les colonies de *Tomenthypnum* peuvent néanmoins conserver l'eau des précipitations (~8 % de la pluie), la rosée (~0,4 mm/nuite) et la distillation (~0,1 mm/nuite), permettant de remouiller temporairement la mousse et de maintenir un ψ adéquat pour ses fonctions physiologiques, et ce, même en cas de sécheresse. En revanche, l'écoulement capillaire et la grande capacité de rétention en eau peuvent fournir aux capitules de sphaignes un ψ suffisant pour éviter leur dessiccation et maintenir l'activité physiologique dans des conditions de sécheresse. Cette étude permet de mieux comprendre les mécanismes d'approvisionnement et de rétention en eau pour différentes structures morphologiques de mousses et la façon dont ces structures sont conçues pour permettre une tolérance et/ou évitement de la dessiccation.

CO₂, CH₄ and DOC budget from natural, harvested and restored peatlands in Lac-Saint-Jean and Côte-Nord regions, QC

Bilan de carbone (CO₂, CH₄ et DOC) des tourbières naturelles, en récolte et restaurées des régions du Lac-Saint-Jean et de la Côte-Nord, Québec

Valérie Lefrançois¹ Michelle Garneau² & Sylvain Jutras³

^{1,2} Département de géographie, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succursale Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3P8, Canada; ¹ email: valerielefrancois@hotmail.com;

³ Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, QC, Canada

Abstract: The project in partnership with Québec Peat Moss Producers Association (APTHQ) aims to quantify the carbon stocks prior to exploitation, measure the peatland contribution to carbon emissions and exports and evaluate the restoration efficiency. The research is carried out at Sainte-Marguerite-Marie and Pointe-Lebel peatlands. Three field campaigns were conducted over 2012 and 2013 growing seasons. The CO₂ exchange measured ranged from -47.8 to 27.5, from -11.4 to 17.6 and -2.2 to 41.1 g m⁻² day⁻¹ for natural bog, restored site and harvested peat respectively at LEB site. For SMM, the values range between -54.4 to 45.8 for natural bog, -30.8 to 24.1 for the restored and 0.4 to 43.2 for harvested sites. The mean values of CH₄ observed at LEB are 7.5 (0.3) and 10.2 (2.5) for natural, -1.3 (0.2) and -0.4 (0.3) for restoration and -1.5 (0.3) and 0.3 mg m⁻² day⁻¹ (0.40) for harvests in 2012 and 2013 respectively. The values for SMM are: 67.1 (11.6) and 92.3 for natural, -1.2 (0.3) -0.1 (0.4) for restored and -1 (0.3) and 1.5 g m⁻² day⁻¹ (0.4) for harvested peatlands. Finally, the average DOC concentrations measured during snowmelt are 8.9 (1.86) and 21.6 g C L⁻¹ (0.9) during 2013 summer at LEB main outflow.

Résumé : La recherche est réalisée en partenariat avec l'Association des producteurs de tourbe horticole du Québec (APTHQ). Elle vise à quantifier le stock de carbone pré-exploitation, à expliquer la contribution des tourbières aux émissions et exportations de carbone, et à évaluer l'efficacité de la restauration. Le projet est réalisé aux tourbières de Sainte-Marguerite-Marie (SMM) au Lac Saint-Jean et de Pointe-Lebel (LEB) sur la Côte-Nord. Trois campagnes de terrain se sont échelonnées pendant les saisons de croissance 2012 et 2013. L'échange de CO₂ mesuré sur le terrain varie de -47,8 à 27,5, de -11,4 à 17,6 et de -2,2 à 41,1 g m⁻² jour⁻¹ pour la tourbière naturelle, restaurée et en récolte respectivement sur le site LEB. Pour SMM, les valeurs s'étendent de -54,4 à 45,8 pour la tourbière naturelle, de -30,8 à 24,1 pour celle restaurée et de 0,4 à 43,2 pour les sites en récolte. Les valeurs moyennes de CH₄ observées à LEB sont 7,5 (0,3) et 10,2 (2,5), -1,3 (0,2) et -0,4 (0,3) pour la restauration et de -1,5 (0,3) et -0,3 mg m⁻² jour⁻¹ (0,40) pour sites en récolte respectivement en 2012 et 2013. Les valeurs pour SMM sont : 67,1 (11,6) et 92,3 pour la tourbière naturelle, -1,2 (0,3) et -0,1 (0,4) pour la restaurée ainsi que -1 (0,3) et -1,5 mg m⁻² jour⁻¹ (0,4) pour les récoltes. Enfin, les concentrations moyennes de COD mesurées lors de la fonte nivale sont de 8,9 g C L⁻¹ (1,86) et de 21,6 (0,9) lors de l'été 2013 à l'exutoire principal de la tourbière de LEB.

Geophysical investigation of biogenic gas content in restored peatlands of Western Canada

Évaluation géophysique de la teneur en gaz biogénique dans les tourbières restaurées de l'Ouest canadien

Kisa Mwakanyamale¹ & Maria Strack²

^{1,2} Department of Geography, University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, T2N 1N4, Canada;
¹ email: kisa010@gmail.com

Abstract: Drainage of peatland for extraction is known to change the greenhouse gas dynamics by increasing emissions of CO₂ and decreasing CH₄ efflux. Very little is known about subsurface CH₄ dynamics and how they re-establish post-extraction and post-restoration. Ground penetrating radar (GPR) increasingly is used to noninvasively characterize dynamics of biogenic free-phase gas (FPG) below the water table in peatlands. Previous GPR studies of biogenic FPG dynamics involved investigating the accumulation, spatial distribution, temporal variation, and volume of biogenic FPG in peatlands. We demonstrate how the common-midpoint (CMP) GPR survey provides information on vertical distribution of biogenic FPG content in two restored peatlands of Alberta, Canada. Spatial variability in gas accumulation is also investigated by comparing the two sites; Wandering River and Seba Beach, at different age after restoration. The GPR data are integrated with the direct measurements of CH₄ fluxes from the peatlands. Velocity analysis of the CMP data yields estimated trends in the FPG content of the peat column. These results highlight the possibility of higher FPG content trapped into the deeper (≥ 1 m) peat layer in the Seba Beach site (<1 year after restoration). However, we see an overall high FPG content in the Wandering River site (5 – 7 years after restoration). Spatial variability in FPG content is also consistent with variability in CH₄ fluxes between the sites. Our results suggest that, for these sites, water table elevation is the major factor controlling the spatial variation of FPG accumulation along the peat column.

Résumé : Le drainage des tourbières nécessaire pour les activités d'extraction de la tourbe peut modifier la dynamique des gaz à effet de serre en augmentant les émissions de CO₂ et en diminuant les flux de CH₄. Peu d'études se sont intéressées à la dynamique du CH₄ sous la surface et à son rétablissement après les travaux d'extraction et de restauration. La technologie de géoradar (*ground penetrating radar*) est une méthode non invasive de plus en plus utilisée pour caractériser la dynamique des gaz biogéniques sous leur forme libre (GPL) sous la nappe phréatique des tourbières. Les études antérieures avec les géoradars sur les GPL ont porté principalement sur l'accumulation, la répartition spatiale, la variation temporelle et le volume de gaz biogéniques en phase libre dans les tourbières. Nous avons démontré qu'un relevé par géoradar du point milieu commun peut fournir des renseignements sur la répartition verticale de la teneur en gaz biogéniques libres dans deux tourbières restaurées de l'Alberta (Canada). La variabilité spatiale de l'accumulation de gaz a également été étudiée en comparant deux sites, Wandering River et Seba Beach, qui ont été restaurés à des années différentes. Les données du GPR ont été associées à des mesures directes de flux de CH₄ provenant de tourbières. L'analyse de la vitesse des rendements de données du point milieu commun a permis d'estimer les tendances dans la teneur en GPL de la colonne de tourbe. Les résultats mettent en évidence la possibilité d'une teneur élevée en gaz biogéniques en phase libre à une profondeur de tourbe de ≥ 1 m au site de Seba Beach (<1 an après la restauration). Cependant, la teneur globale en GPL est élevée pour le site de Wandering River (5 à 7 ans après la restauration). De plus, la variabilité spatiale de la teneur en GPL correspond à la variabilité des flux de CH₄ pour les deux sites. Les résultats suggèrent que, pour les sites à l'étude, le niveau de la nappe phréatique est le principal facteur qui influence les variations spatiales d'accumulation des gaz biogéniques en phase libre dans la colonne de tourbe.

CO₂ emissions from off-site horticultural peat samples

Les émissions de CO₂ provenant d'échantillons de tourbe horticole hors site

Christophe Jenkins¹, Michelle Garneau² & Shari Hayne³

^{1,2} Département de géographie, Université du Québec à Montréal (UQAM), C.P. 8888, Succursale Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3P8, Canada;

¹ email: christophe.jenkins@hotmail.com;

³ Pollutant Inventories and Reporting Division, Environment Canada, Gatineau, QC, Canada

Abstract: The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories present a methodology and parameters to estimate the emissions from the end-use horticultural peat products. These parameters have to be evaluated for Canada. The present study has the principal objective to quantify the carbon content of different horticultural peat products from laboratory analysis. In total, 26 samples of commercial peat products have been analysed. Loss-on-ignition analysis was used to determine water content, bulk density and organic matter content. Carbon/nitrogen ratios have also been measured. Additionally, samples were incubated in phytotrons from the biology department at UQAM. Samples were incubated at 3 different temperatures (15, 23 and 30°C) and two humidity percentages (30 and 85%) to evaluate the potential decomposition rate of the different products. Carbon dioxide (CO₂) emissions were measured using an IRGA analyzer over a period of two months at a rate of twice a week for the first two weeks and once a week thereafter. Preliminary results show a difference in the bulk densities and carbon content between the peat and mixes with perlite and/or vermiculite. In fact, there is less carbon in the mixes. In addition, the C/N ratios differ according to the geographic origin of the samples across Canada. Results of the incubations will allow determination of potential peat decay rates, as well as identify the most important environmental parameters for CO₂ emissions.

Résumé : Les lignes directrices du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre présentent une méthodologie et des paramètres afin d'estimer les émissions provenant de l'utilisation des produits de tourbe. Ces paramètres doivent être évalués pour le Canada. Dans cette optique, la présente étude a comme objectif principal la quantification du contenu en carbone de différents produits horticoles de la tourbe à partir d'analyses faites en laboratoire. Au total, 26 échantillons des produits de tourbe commerciaux ont été analysés. Les analyses effectuées ont été celles de la perte au feu pour déterminer la teneur en eau, la densité apparente ainsi que la teneur en matière organique. Le rapport carbone/azote des échantillons a aussi été réalisé. De plus, des échantillons ont été incubés dans les phytotrons du département de biologie de l'UQAM. Les incubations ont été réalisées à trois températures différentes (15, 23 et 30 °C) et deux pourcentages d'humidité (30 et 85 %) afin d'évaluer le taux de décomposition potentiel des différents produits. Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) ont été mesurées à l'aide d'un analyseur IRGA. Les mesures ont été effectuées sur une période de deux mois à raison de deux fois par semaine pour les deux premières semaines et d'une fois par semaine par la suite. Les résultats préliminaires montrent une différence au niveau de la densité sèche des différents produits ainsi que de la teneur en carbone entre les échantillons de tourbe pure et ceux mélangés avec de la perlite et/ou vermiculite. En effet, il y a moins de carbone dans les échantillons mélangés. De plus, le rapport C/N est différent selon la provenance des échantillons à l'échelle canadienne. Les résultats d'incubation vont permettre de déterminer un taux de décomposition potentiel de la tourbe, ainsi que d'identifier le paramètre environnemental le plus important dans les émissions de CO₂.

The impact of peatland afforestation on carbon exchange in Western Canada

L'impact du reboisement des tourbières sur les échanges de carbone dans l'Ouest canadien

Tania García Bravo¹, Maria Strack² & Line Rochefort³

^{1,2} Department of Geography, University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, T2N 1N4, Canada;

¹ email: tgarcia@ucalgary.ca;

³ Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC, Canada

Abstract: Peatland ecosystems play an important role in the global carbon cycle, storing 30% of the global soil carbon (C) stock. The C storage function in this type of wetland is damaged by the extraction of peat. The C storage capacity of cutover peatlands could be restored by forest plantation, particularly in Western Canadian peatlands. Due to a dry local climate, undisturbed peatlands in Western Canada often have a high density of black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P). Thus afforestation may be an appropriate land-use for cutover peatlands in Western Canada. This study determines the effect of afforestation on a cutover peatland's carbon balance.

Four levels of fertilizer dose were applied to improve tree growth in a cutover peatlands at Paxson, AB. Seven years following black spruce plantation, the impact of peatland afforestation on the carbon balance was estimated considering primary production based on black spruce biomass; and carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) fluxes from bare peat oxidation. Given that previous hydrological conditions of the water table near the surface had not recovered and that the original peat-accumulating vegetation no longer remained. The site is a source of C, primarily in the form of CO₂ by soil respiration. However, fluxes released to the atmosphere might partially offset by C fixed in forest biomass. This study provides information on C exchange and will be useful in land-management decisions on peatland restoration techniques where carbon stocks and greenhouse gases are considered.

Résumé : Les écosystèmes des tourbières jouent un rôle important dans le cycle global du carbone (C) par le stockage de 30 % du carbone des sols mondiaux. La fonction de stockage de C de ce type de milieu humide est réduite par l'extraction de la tourbe. La capacité de stockage de carbone des tourbières résiduelles pourrait être rétablie par des plantations forestières, en particulier dans les tourbières de l'Ouest canadien. En raison d'un climat local sec, les tourbières non perturbées de l'Ouest canadien présentent souvent une haute densité d'épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P). Ainsi, le boisement peut être une utilisation des terres appropriée pour les tourbières résiduelles de l'Ouest canadien. Cette étude détermine l'effet de boisement sur le bilan du carbone des tourbières.

Quatre niveaux de doses de fertilisation pour majorer la croissance des arbres ont été utilisés dans une tourbière résiduelle, à Paxson, en Alberta. Sept ans après la plantation des épinettes noires, l'impact du boisement des tourbières sur le bilan du carbone a été estimé à partir de la production primaire de biomasse des épinettes noires et à partir des flux de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄) vers l'atmosphère à la suite de l'oxydation de la tourbe nue. Ainsi, la position de la nappe phréatique sur le site est restée profondément sous la surface et la végétation originelle accumulatrice de tourbe ne s'est pas maintenue. Le site constitue donc une source de C, principalement en forme de CO₂, par la respiration du sol. Cependant, les gaz à effet de serre émis pourraient être partiellement compensés par la capture du C dans la biomasse forestière. Cette étude fournit des informations sur les échanges de C dans les plantations forestières et sera utile ultérieurement dans les décisions d'aménagement du territoire.

Comparison of strawberry production in open fields and in soilless raised bed through system

Comparaison de la production de fraises en plein champ et hors-sol sur butte

Julien Cormier¹, Jacques Gallichand², Jean Caron² & Carole Boily²

^{1,2} Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;

¹ email: julien.cormier.1@ulaval.ca;

Abstract: The strawberries plants are affected by root diseases caused by persistent pathogens in the soil. Growers currently use fumigation for control. Soilless culture eliminates the need for fumigant and crop rotation. In soilless culture, the growing medium is more homogeneous than the soil, which facilitates the management of irrigation. The goal of the experiment was to determine the production potential of neutral day strawberry in raised bed trough system (RABET) using a soilless substrate in Québec. The experiment was set in a commercial production field at Île d'Orléans. A RABET treatment using a mix of peat was compared to a control treatment in soil. The following variables were measured: plant growing development, marketable yield, fruit quality, volume of water applied. The irrigations were triggered by soil water potential. The soilless treatment has a yield increase of 18% compared to the control treatment. The irrigation water use efficiency was increased by 10% compared to the control treatment. The marketable yield could be increased with improved fertilization management. The experiment will be repeated in the summer of 2014 to validate these results.

Résumé : La culture de la fraise est affectée par des maladies racinaires causées par des pathogènes persistants présents dans le sol. Les producteurs utilisent actuellement la fumigation comme moyen de lutte. La culture hors-sol permet d'éliminer le besoin de fumigeant et la rotation des cultures, et ce milieu de culture est plus homogène que le sol, ce qui facilite la gestion des irrigations. L'objectif de l'expérience était de déterminer le potentiel de production de la fraise à jours neutres en système hors-sol sur butte au Québec. Un dispositif en bloc aléatoire à l'échelle de production commerciale a été mis en place à l'île d'Orléans. Un traitement hors-sol sur butte avec substrat tourbeux a été comparé à un traitement témoin conventionnel en sol. Les variables suivantes ont été mesurées : croissance des plants, rendement vendable, qualité des fruits, volume d'eau appliqué. Le déclenchement des irrigations était basé sur le potentiel matriciel du sol. La culture hors-sol a permis une augmentation de rendement de 18 % par rapport au traitement témoin. L'efficacité d'utilisation de l'eau appliquée a été améliorée de 10 % par rapport au traitement témoin. Des gains de rendement supplémentaires sont envisageables avec une gestion améliorée de la fertilisation. L'expérience sera répétée à l'été 2014 pour valider les résultats.

Vegetation trials on a restored well-pad in a northern Alberta peatland: Assessing vegetation recovery, biodiversity and efficiency of different donor material

Essais de revégétalisation sur une plateforme de forage restaurée dans une tourbière du nord de l'Alberta : évaluation de la reprise de la végétation, de la biodiversité et de l'efficacité des matériaux du site d'emprunt

Gabrielle Préfontaine-Dastous¹, Bin Xu² & Line Rochefort³

^{1,3} Département de phytologie, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada;
¹ email: gabrielle.prefontaine-dastous.1@ulaval.ca;

² NAIT Boreal Research Institute, Peace River, AB, Canada

Abstract: Peatland reclamation for *in Situ* pad following oil and gas production in Alberta is yet a challenge to overcome. Treatments to restore hydrology and vegetation on abandoned pads are still experimental. In this study, we monitored the relative efficiency of 3 donor sites characterized by different moss communities along with 2 controls (bare peat and mulch only). 40 permanent plots were sampled during summer 2013 to assess cover percentage for every species present. The vegetation recovery was significantly dependent of the previous pad removal techniques (3) used to expose the peat buried during the pad construction. We used the smaller number of ruderal species, the highest peatland plants cover and highest moss cover in order to assess the most successful vegetation recovery. Though the “bare peat” vegetation control appeared conducive to vegetation recovery following these two first variables, it showed no sign of any recovery for the moss layer. Moreover, the total richness was the lowest in the “bare peat” trial. We thus conclude that the donor site characterized by *Sphagnum* species was the most conducive to a successful vegetation recovery under the pad removal techniques “mixed clay inversion” and “peat inversion”. The use of straw proved to be of a significant importance for the moss layer recovery, which is fundamental to restore a functional peatland.

Résumé : La restauration des plateformes de forage *in situ* de l'industrie pétrolière des sables bitumineux en Alberta fait face à de nombreux défis techniques. Les traitements visant le rétablissement des conditions végétales et hydrologiques typiques des milieux humides à la suite de l'abandon des plateformes sont encore expérimentaux. Le but de cette étude était de déterminer les caractéristiques des sites d'emprunt les plus susceptibles de rétablir une végétation tourbicole sur les plateformes abandonnées. Les relevés de végétation réalisés à l'été 2013 dans 40 parcelles permanentes ont permis de déterminer l'efficacité relative de trois sites d'emprunt aux assemblages muscinaux distincts comparativement à deux témoins (tourbe nue et tourbe nue recouverte de paille). Les résultats obtenus démontrent que la reprise de la végétation était significativement dépendante de la technique auparavant employée pour enfouir l'horizon minéral exposé par la construction de la plateforme. La richesse spécifique en espèces rudérales, le recouvrement en espèces tourbicoles ainsi que le couvert muscinal ont été employés afin d'évaluer le succès des traitements de végétation. Bien que la reprise de la végétation vasculaire sur le témoin « tourbe nue » se soit avérée efficace, ce traitement ne permet pas le retour de la strate muscinale après un an. Le site d'emprunt caractérisé par une forte proportion de sphaignes s'est avéré être le plus efficace pour rétablir la strate muscinale. Par ailleurs, les résultats obtenus démontrent l'importance de la paille pour la croissance des bryophytes sur une plateforme à restaurer.

Methane dynamics of undisturbed fens in oil sands region of Alberta, Canada

La dynamique du méthane de fens non perturbés dans la région des sables bitumineux de l'Alberta (Canada)

Md. Sharif Mahmood¹ & Maria Strack²

^{1,2} Department of Geography, University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, T2N 1N4, Canada;

¹email: msmahmoo@ucalgary.ca

Abstract: Peatland may cover more than 50% of the landscape in some sections of the oil sands region of boreal Alberta. As part of the operation all oil sands operators must restore their leased lands to a state with similar ecosystem capabilities of the undisturbed landscape. Thus, information about ecosystem function in baseline reference ecosystems is needed to compare to the reclaimed landscape. This study focused on methane (CH₄) flux and pore water CH₄ concentration of three different natural undisturbed peatland ecosystems (poor fen, rich fen and saline fen) in the oil sands region near Fort McMurray, Alberta, Canada. The main objective of this study was to understand the controls on surface and subsurface CH₄ dynamics, which can be used for success monitoring of reconstructed fen ecosystems. We used the chamber technique to measure the surface CH₄ flux and subsurface samplers to collect pore water for determination of dissolved CH₄ concentration. Results indicate that poor fen had the higher pore water CH₄ concentration and CH₄ flux, followed by rich fen. However, relatively low CH₄ flux compared to subsurface CH₄ stock suggests that CH₄ produced in the subsurface is either oxidized or exported with groundwater flow. The CH₄ flux of the saline fen was almost zero likely due to high sulphate concentration. However, the subsurface CH₄ analysis found that a small amount of CH₄ is produced. Thus, from these results we suggest that the CH₄ dynamics at reclaimed site will be mostly controlled by vegetation, pore water chemistry and water table characteristics.

Résumé : Les tourbières peuvent couvrir plus de 50 % du paysage dans certains secteurs de la région des sables bitumineux de l'Alberta boréal. À la fin de l'exploitation du bitume, toutes les compagnies de sables bitumineux doivent faire en sorte que les terres reviennent à un état d'écosystèmes similaires à ceux du paysage non perturbé. Ainsi, l'information sur les fonctions des écosystèmes dans les écosystèmes de référence est nécessaire pour évaluer le paysage reconstruit. Cette étude a porté sur les flux de méthane (CH₄) et sur les concentrations de CH₄ dans l'eau interstitielle de trois écosystèmes différents de tourbières naturelles non perturbées (fens pauvre, riche et salin) dans la région des sables bitumineux près de Fort McMurray (Alberta, Canada). L'objectif principal de cette étude était de comprendre ce qui influence la dynamique du CH₄ en surface et sous la surface, afin d'aider à évaluer le succès de la reconstruction des écosystèmes de fens. Nous avons utilisé la technique des chambres fermées pour mesurer les flux de CH₄ et des échantillons d'eau interstitielle pour déterminer la concentration de CH₄ dissous. Les résultats indiquent que le fen pauvre présente la concentration de CH₄ de l'eau interstitielle et les flux de CH₄ les plus élevés, suivis par le fen riche. Toutefois, les flux relativement faibles mesurés de CH₄ comparés aux stocks CH₄ sous la surface suggèrent que le CH₄ produit sous la surface est soit oxydé ou exportés avec l'écoulement des eaux souterraines. Les flux de CH₄ du fen salin étaient presque nuls, probablement en raison de la haute concentration en sulfates. Toutefois, l'analyse du CH₄ sous surface a permis de constater qu'une petite quantité de CH₄ est produite. Ainsi, à partir de ces résultats, nous suggérons que la dynamique du CH₄ au niveau des écosystèmes reconstruits est influencée en grande partie par la végétation, la chimie de l'eau interstitielle et les caractéristiques de la nappe phréatique.

Dissolved organic carbon dynamics at natural and constructed fens in the oil sands region near Fort McMurray, Alberta

Dynamique du carbone organique dissous de fens naturels et reconstruits dans la région des sables bitumineux près de Fort McMurray, en Alberta

Bhupesh Khadka¹ & Maria Strack²

^{1,2} Department of Geography, University of Calgary, 2500 University Dr. NW, Calgary, AB, T2N 1N4, Canada;
¹email: bkhadka26@hotmail.com

Abstract: Northern peatlands play an important role in the global carbon cycle by sequestering carbon in organic matter, releasing significant amounts of greenhouse gases and supplying dissolved organic carbon (DOC) to downstream ecosystems. Oil sands extraction in boreal Alberta disturbs large areas of peatland, particularly fens, and reclamation strategies are under investigation. Construction of peatlands in the reclaimed landscape will result in DOC production and export.

The objective of this study is to evaluate functioning of a constructed fen comparing with natural fens based on concentration, quality and export of DOC. Three diverse natural fens (poor, rich and saline) and one constructed fen near Fort McMurray, AB were studied. Water samples collected from these sites were analysed for DOC concentration and quality by measuring absorbance at 250 nm, 254 nm, 365 nm, 400nm, 465 nm and 665 nm wavelengths. Absorbance ratios were determined as an index of the relative size and aromatic nature of DOC. Saline fen had the highest DOC concentration followed by poor fen, whereas the rich and constructed fens had lower concentrations.

This research will help to improve our understanding on DOC dynamics at reclaimed fen helping to develop effective management strategies to maximize carbon sequestration.

Résumé : Les tourbières nordiques jouent un rôle clé dans le cycle du carbone à l'échelle mondiale, parce qu'elles séquestrent du carbone dans la matière organique, libèrent des quantités non négligeables de gaz à effet de serre et approvisionnent en carbone organique dissous (COD) les écosystèmes en aval des cours d'eau. L'extraction des sables bitumineux dans la région boréale de l'Alberta perturbe les vastes tourbières, particulièrement les fens, et les stratégies de restauration sont encore à l'étude. L'aménagement de tourbières sur les terres en réhabilitation va engendrer une production et une exportation de COD.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le fonctionnement des fens reconstruits par rapport aux fens naturels, en se basant sur la concentration, la qualité et l'exportation du COD. Trois types de fens naturels (pauvre, riche et salin) et un fen reconstruit près de Fort McMurray ont été étudiés. Des échantillons d'eau prélevés à chacun des sites ont été analysés pour connaître la concentration et la qualité du COD en mesurant l'absorbance à des longueurs d'onde de 250, 254, 365, 400, 465 et 665 nm. Des ratios d'absorbance ont ensuite été utilisés pour déterminer la taille relative et la nature aromatique des COD. Le fen salin avait la plus forte concentration en COD, suivi du fen pauvre, tandis que le fen riche et le fen reconstruit avaient la plus faible concentration.

Cette étude va permettre de mieux comprendre la dynamique du COD dans les fens reconstruits afin de mettre au point des stratégies de gestion efficaces pour maximiser la séquestration du carbone.

Controlling tip burn damage by an optimal root water uptake: the case of Romaine Lettuce in organic soils

*Le contrôle de la brûlure par la pointe par une absorption d'eau optimale des racines :
le cas de la laitue romaine dans les sols organiques*

Yann Périard¹, Jean Caron², Jonathan A. Lafond² & Sylvain Jutras³

^{1,2} Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, 2425, rue de l'Agriculture, Québec, QC, G1V 0A6, Canada; ¹ email: yann.periard-larrivee.1@ulaval.ca;

³ Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, QC, Canada

Abstract: Lettuce production is of major importance in southwestern Quebec organic soils. This crop is known to be highly sensible to hydric stress which leads to physiological disorders, such as tip burn, and subsequently to yield losses. Tip burn is caused by an inadequate water and calcium fluxes during transpiration. Maintaining a good transpiration of a lettuce requires an optimal root water uptake, especially during days of high evapotranspiration. Irrigation management should be based on a precise knowledge of both plant water needs and soil characteristics in order to control adequately an optimal root water uptake. The aim of this study was to use a numerical model to investigate links between root water uptake and tip burn occurrence in Romaine lettuce grown in organic soils and to determine at which soil matric potential irrigation should be initiated. Water fluxes in the root zone were simulated with Hydrus 2D/3D (Šimůnek et al. 2008¹) using measured soil hydraulic properties and weather conditions. The model results showed that soil hydraulic conductivity in the root zone was sufficient to meet plant water requirements down to a matric potential of -10 kPa. Field trials revealed that as soon as a cumulative hydric deficit of 3 mm relative to crop water requirements was reached, tip burn developed rapidly. Hence, the simulations supported the view that insufficient water fluxes are dynamically linked to tip burn in lettuce. A model integrating field data and weather forecasts could therefore be used to anticipate water stress and reduce yield losses in Romaine lettuce due to tip burn.

Résumé : La production de laitue est d'une importance majeure dans les sols organiques du sud-ouest du Québec. Cette culture est reconnue pour être très sensible au stress hydrique qui conduit à des troubles physiologiques, tels que la brûlure de la pointe, ce qui provoque des pertes de rendement important. La brûlure de la pointe est causée par une insuffisance des flux d'eau et de calcium lors de la transpiration. Le maintien d'une

bonne transpiration nécessite une absorption optimale de l'eau par les racines, surtout pendant les jours à forte demande d'évapotranspiration. La gestion de l'irrigation devrait être fondée sur une connaissance précise des besoins en eau des plantes et des caractéristiques du sol, afin de contrôler de manière adéquate une absorption optimale de l'eau par les racines. Le but de cette étude était d'utiliser un modèle numérique pour étudier la relation entre l'absorption d'eau par les racines et la brûlure de la pointe dans la laitue romaine cultivée en sols organiques et de déterminer à quel potentiel matriciel du sol l'irrigation devrait être démarrée. Les flux d'eau dans la zone racinaire ont été simulés avec Hydrus 2D/3D (Šimůnek et al. 2008¹ en utilisant les propriétés hydrauliques du sol mesurées et des conditions météorologiques. Les résultats des simulations montrent que la conductivité hydraulique du sol dans la zone racinaire était suffisante pour satisfaire les besoins en eau de la plante lorsque le potentiel matriciel de -10 kPa était maintenu. Les essais sur le terrain ont démontré que dès qu'un déficit hydrique cumulé de 3 mm par rapport aux besoins en eau des cultures a été atteint, la brûlure de la pointe se développe rapidement. Un modèle intégrant des données des conditions hydriques du sol et les prévisions météo pourrait donc être utilisé pour anticiper le stress hydrique et de réduire les pertes de rendement dans la laitue Romaine en raison de brûlure de la pointe.

¹ Šimůnek, J., M.T. van Genuchten and M. Šejna. 2008. Development and Applications of the HYDRUS and STANMOD Software Packages and Related Codes. *Vadose Zone J.* 7: 587-600. doi:10.2136/vzj2007.0077.

Simulating groundwater-peatland interactions in depression and slope peatlands in southern Quebec

Une simulation des interactions des eaux souterraines dans des tourbières de dépression et de pente dans le sud du Québec

Anne Quillet¹, Marie Larocque² & Claudio Paniconi³

^{1,2} GEOTOP, Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, succ. Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3P8, Canada; ¹ email: quillet.anne@courrier.ugam.ca;

³ Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre Environnement, Québec, QC, Canada

Abstract: It is crucial to understand hydrogeological interactions between aquifers and peatlands in order to grasp the influence of aquifers in peatland water budgets, to understand the role of groundwater in the evolution of organic matter deposition, and to quantify how a peatland can sustain groundwater levels in a superficial aquifer. These questions have rarely been addressed in literature and there is currently no understanding of which process dominates aquifer-peatland exchanges in different geomorphological settings. The main purpose of the study was to use groundwater flow modeling to answer these questions in two contrasted geological contexts of southern Quebec (Canada). Field data is used to create 2D numerical models in Modflow to simulate flow between the shallow groundwater and the peatland on two peatland transects considered representative of the overall variability observed at the field sites. The models are first calibrated to reproduce measured heads and head gradients. In order to assess typical flow patterns and exchanges, a sensitivity analysis of the model are performed to identify which parameters and processes control the exchanged fluxes. Results show that for depression peatlands, exchanged aquifer-peatland fluxes occur on short distances near the peatland border. For slope peatlands, exchanged fluxes are distributed further inside the peatland. Overall, local hydrostratigraphy as well as peat and mineral deposits hydraulic properties influence aquifer-peatland exchanges.

Résumé : La compréhension des interactions aquifères-tourbières est indispensable en vue de connaître l'influence des aquifères sur les bilans hydriques des tourbières, de comprendre le rôle de l'eau souterraine sur l'évolution des dépôts de matière organique et afin de quantifier les processus permettant aux tourbières de maintenir le niveau des eaux souterraines dans l'aquifère superficiel. Ces questions n'ont été que peu abordées dans la littérature. De plus, les processus influençant les échanges aquifères-tourbières dans les différents contextes géomorphologiques demeurent mal connus. L'objectif principal de cette étude est d'améliorer la compréhension de ces processus en modélisant les flux d'eau souterraine dans deux contextes géologiques contrastés du sud du Québec (Canada). Des données de terrain sont utilisées pour créer un modèle numérique 2D dans Modflow et simuler les flux entre les eaux souterraines superficielles et les tourbières sur deux transects considérés comme représentatifs de la variabilité observée sur le terrain. Dans un premier temps, ces modèles sont calibrés afin de simuler adéquatement les charges hydrauliques mesurées et les gradients de charge. Dans un deuxième temps, une analyse de sensibilité permet d'identifier les paramètres et les processus contrôlant les directions générales et les échanges de flux typiques. Les résultats montrent que dans le cas des tourbières de dépression, les échanges aquifères-tourbières se produisent sur de courtes distances en bordure de la tourbière. Pour les tourbières de pente, les flux échangés sont répartis dans la tourbière. De façon générale, l'hydrostratigraphie locale ainsi que les propriétés hydrauliques de la tourbe et du minéral influencent les échanges aquifère-tourbière.

Exploring airborne LiDAR data for the detection of lagg boundary

L'exploration des données aériennes LiDAR pour la détection des limites des lags

Mélanie Langlois¹ & Jonathan Price²

^{1,2} Department of Geography & Environmental Management, University of Waterloo, 200 University Ave West, Waterloo, ON, N2L 3G1, Canada; ¹ email: mlangloi@uwaterloo.ca

Abstract: Peatland boundaries are at the base of the decision making process when it comes to their conservation and management. Typically, they are mapped as crisp, absolute feature and the transitional lagg zone – the ecotone found between a raised bog and the surrounding mineral land – is usually overlooked. In this study, we aim 1) to explore the potential of data derived from aerial LiDAR datasets to detect and locate lags and lagg boundaries, and 2) to consider the spatial distribution of lags around raised bog peatlands. The delineation capacity of 5 variables was evaluated; ground elevation (topography), vegetation elevation, topographic wetness index, and spatial frequency of both vegetation and ground LiDAR returns. Looking for dissimilarity (edge-detection, split moving window analysis), we found no one variable to accurately depict both edges of the lagg. Some indicators however, were better at predicting the bog-lagg boundary (i.e. vegetation height), and others at finding the lagg-mineral land boundary (i.e. topography). In contrast, the similarity analysis (cluster, k-means) gave more decisive influence to the topographic wetness index. When the lagg was confined between the bog and the adjacent upland, it took a linear form, parallel to the peatland's edge. However, when the adjacent mineral land was flat or even sloping away, the lagg spatial distribution was discontinuous and intermittent around the bog. Our results suggest that it is possible, at least for confined transition, to predict the lagg's likely location around a raised bog.

Résumé : La délimitation des tourbières est à la base du processus de décision en ce qui concerne leur gestion et leur conservation. Habituellement, ces milieux sont cartographiés de façon absolue, en omettant la zone du lagg – l'écotone présent entre le bog et la terre minérale qui l'entoure. Cette étude explore d'abord la possibilité de repérer et localiser le lagg et les frontières du lagg à partir de données dérivées d'un relevé aérien au LiDAR, et ensuite de considérer sa distribution spatiale autour des tourbières ombrotrophes. La capacité de délimitation de cinq variables est évaluée, soit l'élévation du sol (topographie), la hauteur de la végétation, l'index topographique d'humidité et la fréquence spatiale des retours LiDAR de végétation et de sol. L'analyse de dissemblance (fenêtre mobile) n'identifie aucune variable capable de localiser les frontières du lagg. Par contre, certains indicateurs sont de meilleurs dépisteurs de la limite bog-lagg (p. ex. : la hauteur de la végétation), et d'autres de la limite lagg-terre minérale (p. ex. : la topographie). Pour sa part, l'analyse de similarité (regroupement, *k-means*), donne plus d'importance à l'index topographique d'humidité. Dans les cas où le lagg est confiné entre le bog et les terres avoisinantes, il prend une forme linéaire et parallèle aux limites de la tourbière. Toutefois, quand le terrain adjacent est plat ou même en pente négative, la distribution spatiale du lagg est sporadique et difficile à déterminer. Les résultats de cette étude suggèrent qu'il est en effet possible, du moins pour les tourbières confinées par des terres hautes, de prédire les endroits les plus probables à la formation et au maintien d'un lagg.

Routes to go to the Hôtel Classique from La Laurentienne building:



