

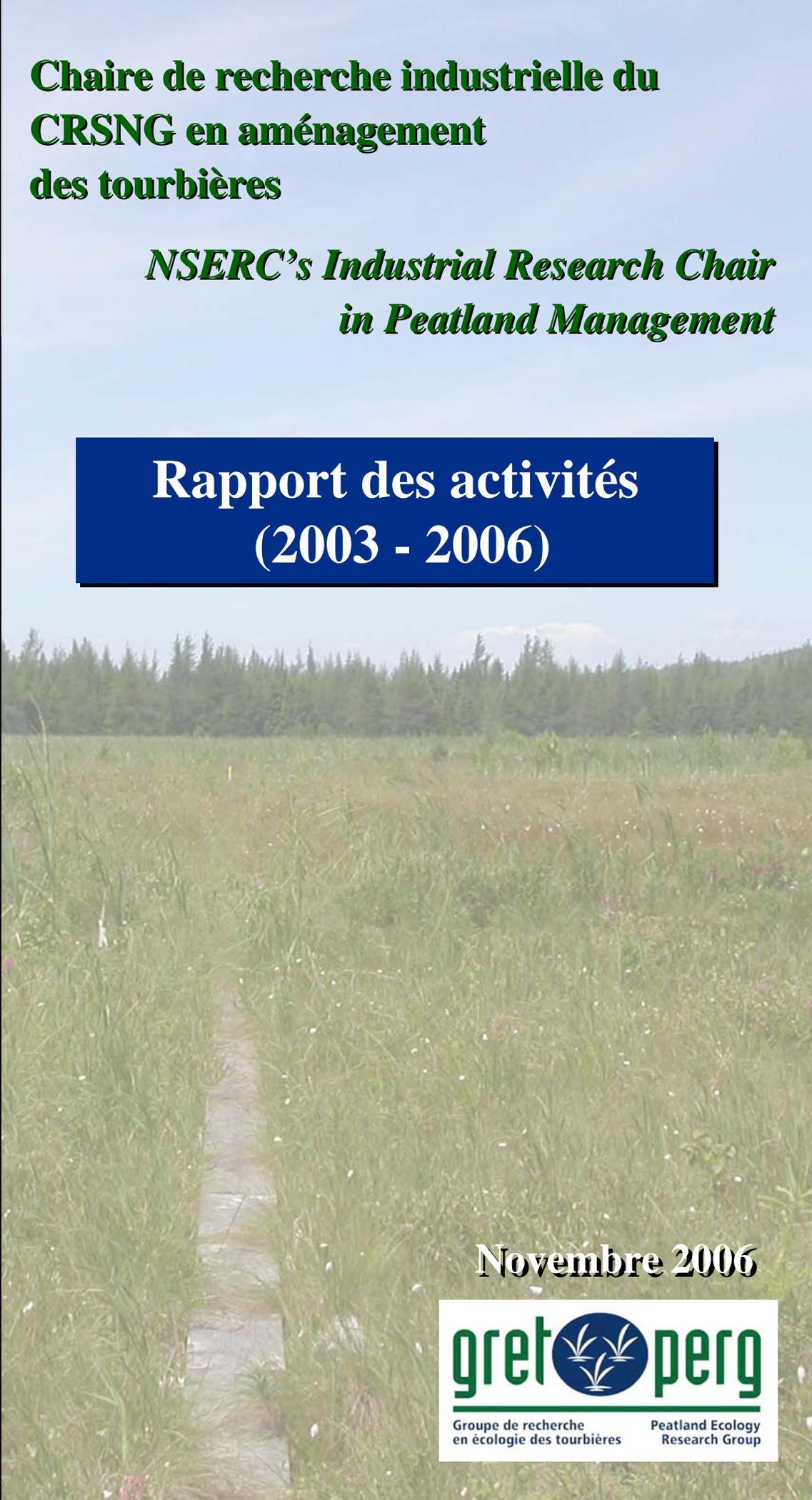


# Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières

*NSERC's Industrial Research Chair  
in Peatland Management*



## Rapport des activités (2003 - 2006)



Novembre 2006



**gret perg**

Groupe de recherche  
 en écologie des tourbières
 
 Peatland Ecology  
 Research Group

# CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DU CRSNG EN AMÉNAGEMENT DES TOURBIÈRES

## Rapport des activités 2003 – 2006

### *NSERC'S INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR IN PEATLAND MANAGEMENT*

#### 2003-2006 Activity Report

#### **Préparé par :**

Stéphanie Boudreau  
Line Rochefort

Coordonnatrice de la chaire, Université Laval  
Titulaire de la chaire en aménagement des tourbières  
Dép. phytologie, Université Laval

#### **Avec la collaboration de :**

Blanche Dansereau,  
André Desrochers  
Line Lapointe  
Claude Lavoie  
Monique Poulin  
Jonathan S. Price  
J. Michael Waddington

Dép. phytologie, Université Laval  
Centre d'étude de la forêt, Université Laval  
Dép. biologie, Université Laval  
Dép. d'aménagement, Université Laval  
Dép. phytologie, Université Laval  
Dept. of geography, University of Waterloo  
Geography & Geology, McMaster University

Ainsi que tous les autres membres du Groupe de recherche en écologie des tourbières

#### **Remis à :**

Gerry Hood  
Camille Daigle  
Denis Mallet  
Martin Fafard  
Gilles Haché  
Rudel Rioux  
Daniel Dupuis  
James E. Modugno  
Claude Samson  
Clarence Breau  
Gabriel Lambert  
Jacques Thibault

Canadian Sphagnum Peat Moss Association (CSPMA)  
ASB Greenworld  
Cie de Tourbe Fafard  
Fafard et frères ltée  
La Mousse acadienne (1979) ltée  
Les Tourbes Nirom inc.  
Les Tourbières Berger inc.  
Modugno-Hortibec  
Premier Horticulture ltée  
Sun Gro Horticulture inc.  
Tourbières Lambert inc.  
Ministère des Ressources naturelles et Énergie, N.-B.

3 Novembre 2006





## Table des matières / *Table of content*

---

\* La première langue utilisée dans les titres des sections indique la langue dans laquelle a été rédigée la section.

Table des matières / <i>Table of content</i> .....	iii
Liste des figures / <i>List of figures</i> .....	vii
Liste des tableaux / <i>List of tables</i> .....	vii
I. Introduction / <i>Introduction</i> .....	1
II. Sommaire exécutif.....	3
III. Projets de recherche / <i>Research Projects</i> .....	7
1. Évolution à long terme des communautés végétales à la tourbière de Bois-des-Bel / <i>Long-term evolution of plant communities at Bois-des-Bel restored peatland</i> .....	9
2. <i>Carbon dioxide exchange in a restored peatland</i> / Échange gazeux en tourbière restaurée.....	11
3. Estimation de la teneur en eau, de la biomasse aérienne et de l'indice de superficie foliaire d'une tourbière restaurée à l'aide de réflectance spectrale / <i>Water content, LAI and above-ground biomass estimation with reflectance over a restored peatland</i> .....	14
4. Flux de CO <sub>2</sub> , conditions hydrologiques et réflectance spectrale en tourbière ombrotrophe boréale / <i>CO<sub>2</sub> exchange, hydrological conditions and ground spectral reflectance of bog plant communities</i> .....	17
5. Impact de la restauration sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques d'un écosystème de tourbière ombrotrophe / <i>Ecological restoration of a post-harvested Sphagnum peatland : impact on physicochemistry and microbiology</i> .....	19
6. Cycles biogéochimiques dans les tourbières ombrotrophes : amélioration du suivi de la restauration écologique / <i>Biogeochemical cycles in ombrotrophic peatlands: upgrading ecological restoration monitoring</i> .....	21
7. Interactions plantes-microbes dans les tourbières ombrotrophes : amélioration du suivi de la restauration écologique / <i>Plant-microbe interactions in ombrotrophic peatlands: upgrading ecological restoration monitoring</i> .....	24
8. Biodiversité et structure des communautés de la mésofaune des tourbières naturelles et restaurées du Bas-Saint-Laurent (Bois-des-Bel)/ <i>Mesofauna biodiversity and community structure in natural and restored peatlands of St. Lawrence lowlands (Bois-des-Bel)</i> ...26	
9. La diversité faunique et floristique après restauration des mares de Bois-des-Bel / <i>Biodiversity after pool restoration at Bois-des-Bel</i> .....	28
10. Les communautés végétales des mares de tourbières naturelles et restaurées / <i>Plant communities in natural and restored peatland pools</i> .....	30
11. <i>Natural colonization of abandoned sedge-peat sites</i> / Colonisation naturelle des tourbières abandonnées avec tourbe de type minérotrophe.....	32
12. <i>Reintroduction techniques for the fen restoration of mined peatlands in Eastern Canada</i> / Techniques de réintroduction pour la restauration de fens.....	34

13. <i>Regeneration niche of fen vegetation / La niche de régénération de la végétation des fens</i> .....	36
14. Classification des communautés forestières présentes dans les bordures de tourbière / <i>Peatland marginal forest community classification</i> .....	38
15. Restauration de communautés forestières présentes dans les bordures de tourbière / <i>Peatland marginal forest community restoration</i> .....	40
16. <i>Wet meadow creation: a reclamation option for Alberta's peatlands? / Restauration de prairie humide : une option de réaménagement pour les tourbières de l'Alberta?</i> .....	43
17. <i>Hydrological restoration of a block-cut peatland: Cacouna Bog / Restauration hydrologique d'une tourbière anciennement exploitée par coupe par blocs</i> .....	45
18. Restauration d'une tourbière anciennement récoltée par blocs : le remouillage permet-il le retour des sphaignes? / Restoration of block-cut peatlands: does rewetting allow <i>Sphagnum</i> mosses to grow back?.....	47
19. <i>Moisture limits to Sphagnum productivity in restored peatlands / Contraintes hydriques à la productivité des sphaignes dans les tourbières restaurées</i> .....	48
20. <i>Effect of peatland rewetting on methane flux / Effet du remouillage des tourbières sur les flux de méthane</i> .....	51
21. Restauration d'une tourbière contaminée par l'eau salée : sélection des espèces et fertilisation / <i>Restoration of a peatland contaminated by sea water: Species selection and fertilization</i> .....	53
22. <i>Revegetation and salt tolerance in plants / Revégétation et tolérance des plantes au sel</i> 56	
23. <i>Using Time Domain Reflectometry (TDR) to evaluate hydrological aspects and salt dynamics in peat / Aspects hydrologiques et dynamiques du sel dans la tourbe</i> .....	58
24. Création d'un marais d'eau douce / <i>Creation of a fresh water marsh</i> .....	60
25. La fertilisation est elle importante pour l'établissement des plantes et le succès de la restauration? / <i>Effect of phosphorus on plant establishment and restoration success</i> .....	62
26. Interventions correctives pour améliorer le succès en cours de restauration / <i>Adaptive management to improve restoration success</i> .....	65
27. Importance du choix des espèces réintroduites sur le succès de la restauration / <i>Species composition of donor site as a factor explaining restoration success</i> .....	67
28. Suivi à long terme du succès de la restauration / <i>Long-term monitoring of restoration success</i> .....	69
29. Dynamique et impact du bouleau envahisseur dans les tourbières aspirées / <i>The dynamics and impact of invasive birch in vacuum-mined peatlands</i> .....	71
30. Dynamique à long terme de la linaigrette envahissante et du bouleau envahisseur dans les tourbières aspirées / <i>The long term dynamics of invasive cotton-grass and birch in vacuum-mined peatlands</i> .....	73
31. Régénération spontanée des tourbières abandonnées / <i>Spontaneous regeneration of abandoned peatlands</i> .....	75

32. Recolonisation des tourbières du sud-est du Québec par les oiseaux / <i>Avian recolonization of peatlands of southeast Québec</i> .....	77
33. Effet de l'hydrologie et du substrat d'une tourbière abandonnée sur la croissance de la chicouté / <i>Hydrology and substratum effect on cloudberry growth in an abandoned peatland</i> .....	79
34. Pratiques culturales de la chicouté en tourbière naturelle et résiduelle / <i>Cloudberry cultural methods in natural and mined peatland</i> .....	83
35. Plantation d'arbustes à petits fruits sur tourbière résiduelle / <i>Berry shrubs plantation on mined peatlands</i> .....	85
36. Essai de plantation de la Camarine noire ( <i>Empetrum nigrum</i> L.) sur tourbière résiduelle/ <i>Black crowberry (Empetrum nigrum</i> L.) <i>plantation on mined peatlands</i> .....	89
37. Fertilisation initiale et nutrition des plantations d'essences forestières sur tourbe résiduelle / <i>Fertilisation and nutrition of forest tree plantations on residual peat</i> .....	90
38. Refertilisation de plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin / <i>Refertilization of black spruce and tamarack plantations</i> .....	94
39. Effet de l'aulne et du bouleau utilisés comme espèces compagnes et de deux fertilisants sur l'implantation de trois conifères plantés sur tourbe résiduelle / <i>The effect of alder and birch used as companion species and of two fertilizers on the implantation of three conifers planted on residual peat</i> .....	96
40. Suivi des plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin à Saint-Bonaventure / <i>Monitoring of the Saint-Bonaventure black spruce and tamarack plantations</i> .....	98
41. Production de biomasse de sphaigne à la station expérimentale de Shippagan / <i>Sphagnum farming at Shippagan experimental station</i> .....	101
42. Initiation de la structure présente dans les tourbières boréales : facteurs abiotiques et biotiques / <i>Structure initiation in boreal peatlands : abiotic and biotic factors</i> .....	106
43. <i>Developing new substrates with Sphagnum fibres</i> / Développement de nouveaux substrats de croissance avec des fibres de sphaignes.....	109
IV. Annexes / <i>Appendices</i> .....	112
Annexe 1 – Objectifs de la Chaire de recherche industrielle en aménagement des tourbières / <i>Appendix 1 – Scientific objectives of Industrial Research Chair in peatland management</i> .....	114
Annexe 2 – Liste des sites restaurés et des parcelles permanentes inventoriées de 2003 à 2006 pour le suivi à long terme du succès de la restauration / <i>Appendix 2 – List of restored sites and permanent plots monitored from 2003 to 2004 for the assessment of long-term restoration success</i> .....	115
<i>Appendix 3 – Synthesis of all research projects, presented by partners, for 2003-2006 field seasons</i> / Annexe 3 – Synthèse des différents projets de recherche classés par partenaires, pour les années 2003 à 2006.....	117



## Liste des figures / List of figures

---

Figure 1 : Corrélation entre la teneur en eau du sol quotidienne moyenne et l'indice lié à la teneur en eau <i>Relative Depth Index</i> (RDI) .....	15
Figure 2 : Corrélation entre la biomasse vivante de vasculaire (sèche) et l'indice <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI) pour les communautés d' <i>Eriophorum</i> et de <i>Carex</i> , dans chaque collet pris individuellement.....	16
Figure 3 – Recouvrement (%) des mousses et des plantes vasculaires cinq ans après la mise en place d'une expérience à grande échelle sur l'efficacité d'une fertilisation phosphatée appliquée avant ou après les autres étapes de restauration. Les travaux de restauration et les traitements ont été fait à l'automne 2000, à Maissonnette (NB). Les données ont été prises à l'automne 2005.....	64
Figure 4 – Couvert végétal 3 ans après l'application de mesures correctives visant à améliorer l'établissement de la végétation dans un site en cours de restauration depuis 1997 mais où les problèmes de soulèvement gélival sont importants. Le terme « mousses hautes » réfère aux mousses comme <i>Polytrichum strictum</i> tandis que le terme « mousses basses » réfère à des mousses comme le <i>Dicranelle cerviculata</i> .....	66
Figure 5. Pourcentage de survie des différentes origines végétales pour la plantation de 2005, après une année de croissance. QC : Population de Pointe-Lebel; NB : Population du Nouveau-Brunswick (Acadie); FL : Cultivar Fjellgull; FD : Cultivar Fjordgull.....	81
Figure 6 – Effet sur cinq ans de la fertilisation initiale sur la taille (hauteur en cm) des arbres plantés à l'été 2000 à Saint-Bonaventure (QC). La fertilisation a été appliquée localement au moment de la plantation. La dose de base est de 245g/plant de 3,4 – 19 - 29.2 (N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O).....	100
Figure 7 : Recouvrement en sphaignes après une saison de croissance dans la première zone de production mise en place en 2004 .....	104

## Liste des tableaux / List of tables

---

Tableau 1 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants d' <i>Aronia melanocarpa</i> à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.....	86
Tableau 2 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants de <i>Sambucus canadensis</i> à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.....	87
Tableau 3 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants d' <i>Amelanchier alnifolia</i> à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.....	87
Tableau 4 – Traitements de fertilisation testés sur les Épinettes noires et les Mélèzes laricins dans l'expérience à Pointe-au-Père.....	91



## I. Introduction / Introduction

---

Depuis mai 2003, les projets du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) se poursuivent grâce à la *Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières*. Douze partenaires industriels contribuent directement à cette chaire de recherche, sans oublier toutes les autres compagnies qui contribuent par le biais de l'Association canadienne de mousse de sphaigne.

Ce rapport fait le bilan des activités de recherche qui ont eu lieu depuis le début de la chaire, soit des quatre dernières saisons de terrain (2003 à 2006). Il remplace et complète donc le précédent rapport (rapport d'activités 2003 et 2004). Rappelons qu'un rapport administratif sera aussi remis en août 2007 au Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) ainsi qu'à nos partenaires, faisant état des progrès réalisés durant la chaire, de la formation des étudiants et des activités de transferts et diffusion.

Dans le présent rapport, les activités sont présentées par projet. Ainsi, pour chaque projet, vous trouverez : la liste des chercheurs impliqués (**l'auteur** ayant rédigé le compte-rendu du projet est souligné en gras), les sites où s'est déroulé le projet, les partenaires industriels directement impliqués dans le projet grâce à leurs contributions en nature (prêt de terrain, équipement, etc.), les autres collaborateurs impliqués dans le projet, l'échéancier prévu, la problématique précédant le projet de recherche, les objectifs spécifiques du projet, ainsi que l'objectif de la chaire dans lequel se situe le projet, la méthodologie employée, une brève présentation des résultats du projet et finalement, les publications déjà parues ou en préparation en lien avec le projet.

Un rappel des objectifs de la *Chaire de recherche industrielle du CRSNG en aménagement des tourbières* se trouve en Annexe 1. De plus, on présente à l'Annexe 3 une synthèse des différents projets, classés par partenaires directement impliqués grâce à leurs contributions en nature. Il est utile de rappeler que tous les partenaires industriels contribuent d'une façon ou d'une autre à tous les projets de recherche par le financement des salaires des étudiants et des professionnels de recherche impliqués. Ainsi, peu importe dans quel site d'étude une expérience se déroule ou quel partenaire est directement impliqué, les résultats sont ultimement de propriété commune et peuvent être mis en application par tous. Plus particulièrement, c'est avec la participation de tous que nous pouvons poursuivre les activités aux stations de recherche de Bois-des-Bel (restauration d'un écosystème fonctionnel à long terme) et de Shippagan (station expérimentale sur la culture de la sphaigne). Sans la synergie entre chercheurs et partenaires, ces recherches d'intérêt international ne pourraient avoir lieu.

*Since May 2003, the research carried out by the Peatland Ecology Research Group (PERG) has continued within the NSERC's Industrial Research Chair in Peatland Management. Twelve industrial partners are directly contributing to the Research Chair while several other peat companies are contributing through the Canadian Sphagnum Peat Moss Association.*

*This report summarizes the research activities that have been undertaken since the beginning of the Research Chair and covers the four last field seasons (2003 – 2006). It replaces and complements the previous report (2003-2004 Activity report). An administrative report will also be prepared in August 2007 for the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) as well as our partners.*

*All activities are presented by project, according to the following structure: a list of involved researchers (the **author** who has written the project report is highlighted in bold), the sites where the project is or has been carried out, industrial partners directly involved in the project by in-kind contributions (field support, equipment, etc.), other collaborators involved in the project, planned timetable, problematic that has led to the project elaboration, the specific objectives as well as the link to the Industrial Research Chair objectives, a short description of the methodology used, a brief presentation of results and finally, publications linked to the project.*

*A summary of the Industrial Research Chair objectives can be found in appendix 1. Moreover, Appendix 3 presents a synthesis of all projects, presented by partners directly involved in the project by direct contribution. Please remind that all industrial partners are contributing in a way or another to all research projects such as support for the salary of students and research assistants. In this way, no matter which sites are being used for the project or which partners are directly involved, the results are ultimately commonly owned and can be applied by all. This is especially true for Bois-des-Bel and Shippagan research stations, where the participation of all partners is crucial to achieve the objectives of the research. Without the synergy between researchers and partners, this research could not be possible.*

## II. Sommaire exécutif

---

De nombreux projets de recherche se sont déroulés depuis l'instauration de la Chaire de recherche en aménagement des tourbières, comme on peut le constater par le nombre de projets présentés dans ce rapport (plus de 43 projets!). Voici, plus succinctement, les progrès que nous avons accomplis depuis mars 2003.

### **Axe 1 : Restauration écologique des tourbières après récolte de la tourbe**

Bois-des-Bel en est maintenant à sa 7<sup>e</sup> année suivant les travaux de restauration. Le succès de la restauration y est impressionnant, tant pour le nouveau visiteur que pour le spécialiste. La végétation y est bien installée, largement dominée par des espèces de tourbière. Dans les inventaires de l'été 2005, on recensait au moins une espèce de sphaigne dans 60 % des 7000 points d'échantillonnage sur le site restauré. Les sphaignes forment d'ailleurs un tapis de plus en plus épais. Cette productivité végétale, ainsi que le remouillage de la tourbière qui diminue l'oxydation de la tourbe, permettent un emmagasinage de plus en plus grand du CO<sub>2</sub>.

Les variables microbiologiques ont été étudiées comme critère potentiel pour évaluer le succès de la restauration, étant donné leur rôle majeur dans la décomposition de la matière organique. On note le retour naturel de la biomasse microbienne et de l'activité microbienne à Bois-des-Bel selon un gradient de valeurs où naturel > restauré > non restauré. Les mesures physicochimiques des tissus végétaux se sont aussi révélées informatives des relations entre les plantes et le système. Les niveaux d'éléments nutritifs foliaires des plantes sur le site restauré ont rapidement atteint des niveaux similaires à ceux des plantes en conditions naturelles, alors que les échantillons issus de la section non restaurée présentent des carences en éléments nutritifs évidentes, année après année. La restauration a aussi permis de reconstituer un écosystème proche de celui du milieu naturel de référence au niveau de la mésofaune.

Les mares créées à Bois-des-Bel ont rapidement été colonisées par les insectes, avec une dominance d'espèces qui fréquentent naturellement les tourbières au Québec. Par contre, la composition en espèces d'amphibiens diffère entre les mares de Bois-des-Bel et les mares naturelles. La même chose est observée au niveau de la végétation car les plantes typiques de bord de mares, qui augmentent la diversité végétale des tourbières naturelles, ne colonisent pas les mares restaurées sans intervention humaine. Nous devons donc introduire activement ce type de végétation sur le bord des mares restaurées. L'approche canadienne de restauration des tourbières (réintroduction par fragment, protection avec paillis) semble prometteuse pour restaurer les bords de mares si elle est adaptée à ce type de milieu et aux espèces associées aux mares.

Qu'advient-il de nos tourbières abandonnées par le passé lorsque aucune action de restauration n'est entreprise? Est-ce que les successions végétales habituelles s'installent, par exemple, comme après un feu? C'est pourquoi nous avons évalué l'état de recolonisation des tourbières abandonnées de l'Est du Canada, 10 ans après un premier constat que le GRET avait fait en 1994 et 1995. Ceux-ci nous avaient appris que la végétation typique des tourbières ne recolonisait pas naturellement les sites après 10 à 20 ans d'abandon des activités de récolte. Grâce aux nouveaux inventaires, nous souhaitons étudier l'évolution de la recolonisation naturelle dans le temps et évaluer l'importance du paysage ainsi que des facteurs locaux et historiques.

Dans une optique de restauration de fens (tourbières minérotrophes), des inventaires ont aussi été menés au Canada et aux États-Unis dans les tourbières dont la tourbe a été récoltée jusqu'à la couche minérotrophe (sedge peat). En général, les espèces typiques des fens ne recolonisent pas les sites abandonnés, ce qui démontre l'importance de les réintroduire activement dans les projets de restauration. Des expériences de réintroduction ont d'ailleurs permis de démontrer que l'approche de restauration développée par le GRET (réintroduction par fragment, protection avec paillis) peut aussi être adaptée pour restaurer des communautés typiques de fens. Cependant, une attention particulière doit être portée aux conditions hydrologiques et aux espèces ciblées pour la restauration.

Il existe diverses situations où la restauration d'un site abandonné en tourbière ombrotrophe n'est pas la meilleure option ou ne peut pas être réalisée par la réintroduction de mousses de sphaigne. Outre la restauration de fens mentionnée plus haut, d'autres approches sont explorées : la restauration de communautés forestières typiques des bordures de tourbières, la restauration de tourbières affectées par l'eau salée, la restauration de tourbières anciennement récoltées par blocs et la restauration de prairies humides.

Le but ultime de la restauration est de promouvoir le retour d'un écosystème fonctionnel, et ce, dans une échelle de temps raisonnable (10 à 20 ans). Dans le cas des tourbières, ce processus peut être long et seul un suivi à long terme peut permettre de mesurer le retour de certaines fonctions et de confirmer la pérennité de la restauration. Nous disposons d'une variété de sites restaurés dont le suivi remonte, dans certains cas, à 1994. Des suivis à long terme permettront de comprendre les facteurs responsables du succès ou non de la restauration. Parmi les problèmes pouvant entraver la restauration, notons celui du soulèvement gélique. Ce dernier pourrait être contré par l'application de fertilisant à base de phosphate, favorisant l'établissement rapide de bryophytes comme le *Polytrichum strictum* qui stabilisent le substrat. Mais encore faut-il que cette espèce soit présente dans le matériel introduit. La décision de fertiliser doit demeurer spécifique à chaque site et ne devrait être considérée que si les autres conditions garantes du succès de la restauration sont présentes car cela ne peut compenser, par exemple, pour un remouillage déficient.

Un autre problème qui nous occupe est celui des invasions par des espèces indésirables. L'envahissement par le bouleau est particulièrement important dans les sites tourbeux les plus secs. Il ne s'agit que d'un phénomène temporaire ne durant que quelques décennies mais qui peut avoir un impact sur les pertes d'eau par transpiration d'une tourbière. La linaigrette est aussi une espèce qui présente un potentiel d'envahissement dans les tourbières aspirées qui ont été abandonnées ou qui ont été restaurées depuis peu. Comme pour le bouleau, il semble que ce phénomène soit temporaire.

## **Axe 2 : Réaménagement des tourbières après récolte de la tourbe**

Lorsque diverses contraintes limitent les possibilités de restauration écologique, le réaménagement des tourbières, notamment la culture de petits fruits ou la plantation d'arbres, s'avère une alternative intéressante.

La chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) est une plante circumpolaire à grand intérêt commercial pour ses fruits, surtout en Fennoscandie. Au Canada, une culture de ce fruit adaptée aux tourbières permettrait de revitaliser certaines régions aux prises avec des problèmes économiques et d'envisager une autre vocation pour les tourbières abandonnées. Plusieurs recommandations ressortent des projets réalisés sur la Côte-Nord. Pour une bonne implantation de la chicouté, une attention particulière doit être portée à

la sélection du site car la chicouté se développe mal sur les sites ayant été compactés par la machinerie ou sur les sites possédant un taux d'humification élevé (> H4). La deuxième recommandation porte sur le paillis, ou plutôt sur la combinaison restauration et culture de la chicouté. La présence de paillis a eu un effet négatif sur l'établissement d'une plantation de chicouté. Il serait donc préférable de planter la chicouté trois ans avant la restauration, afin que la chicouté s'implante en absence de paille, ou trois ans après, lorsqu'il y a une plus faible quantité de paille. La sélection d'un clone local et la multiplication des cultivars norvégiens au Canada sont des avenues à explorer car les populations sauvages sont moins performantes. Nous avons aussi appris quelles étaient la longueur du rhizome, la profondeur et la saison de plantation les plus avantageuses pour favoriser l'établissement d'une plantation de chicouté. Cependant, la culture de la chicouté à grande échelle n'est pas envisageable actuellement étant donné les taux de survie encore trop faibles, et beaucoup de recherches restent à faire pour en arriver à une culture rentable de la chicouté.

Toujours dans l'optique d'évaluer le potentiel agronomique des petits fruits dans les tourbières abandonnées après extraction de la tourbe, trois espèces d'arbustes fruitiers ont été plantées dans des champs abandonnés selon différents traitements de fertilisation (dose et mode d'application) et de paillis. Les trois espèces sont : l'Amélanchier à feuilles d'aulne (*Amelanchier alnifolia*), l'Aronia (*Aronia melanocarpa*) et le Sureau du Canada ou Sureau blanc (*Sambucus nigra* ssp. *canadensis*). Des trois espèces d'arbustes à petits fruits, l'Aronia est celle ayant le meilleur potentiel agronomique sur tourbière résiduelle. Le Sureau, s'il n'est pas étouffé par des mauvaises herbes, est aussi une espèce intéressante. Par contre, l'Amélanchier utilisé dans cette expérience n'est pas adapté aux conditions rencontrées dans les tourbières résiduelles. Peu importe l'espèce, une fertilisation minimale est essentielle pour garantir une bonne croissance des arbustes et un bon rendement en fruits. L'utilisation d'un paillis de polyéthylène noir permet de contrôler adéquatement les mauvaises herbes, ce qui améliore la croissance des plants, surtout de l'Amélanchier et du Sureau. Il n'est cependant pas essentiel pour une espèce comme l'Aronia, tolérante aux mauvaises herbes.

La plantation d'arbres est une autre alternative intéressante pour le réaménagement des tourbières. Toutefois, une fertilisation localisée au moment de la plantation est primordiale afin que les arbres s'implantent avec succès. Une formulation adéquate doit contenir une source d'azote facilement accessible lors de la première saison de croissance pour permettre une croissance rapide de la partie aérienne et du système racinaire des arbres. Il est aussi important que le fertilisant utilisé contienne une quantité suffisante de phosphore et de potassium pour assurer la croissance des arbres lors des saisons subséquentes. Il est cependant nécessaire d'effectuer un suivi de la croissance des arbres afin de déterminer la durée de l'effet de la fertilisation initiale et d'identifier si une nouvelle fertilisation sera nécessaire. En effet, des carences nutritionnelles sont apparues moins de quatre ans suivant la fertilisation initiale dans des plantations de mélèzes et d'épinettes.

### **Axe 3 : Production de biomasse de sphaigne**

Le statut de la tourbe en tant que ressource renouvelable ou non renouvelable demeure un sujet de questionnement et de discussion chez les industriels et les défenseurs de l'environnement. Toutefois, le produit extrait pourrait avoir une valeur ajoutée en le combinant avec une matière définitivement renouvelable issue de la production de sphaigne provenant d'une ferme. L'objectif premier de ce volet était de développer un site expérimental dédié à la recherche sur la production de fibres de sphaigne dans une tourbière abandonnée à la suite de la récolte de la tourbe par blocs. La topographie de terre-pleins et de tranchées typique de ces tourbières coupée par blocs offre une opportunité d'expérimenter

les techniques associées à la culture de la sphaigne. Des travaux d'aménagement pour l'accès au site et pour la mise en place des zones expérimentales se sont déroulés en 2004 et en 2006. On a d'ailleurs profité de la préparation du site pour faire des essais mécanisés de récolte de fibres (sphaignes accumulées depuis l'abandon).

Les fibres de sphaigne possèdent d'excellentes propriétés physiques pouvant améliorer les substrats à base de tourbe de plus faible qualité ou pouvant même remplacer certaines composantes des substrats, tel que les agrégats.

Finalement, notez que la liste complète des publications du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) est régulièrement mise à jour et peut être trouvée à l'adresse suivante : [http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr\\_publications.html](http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr_publications.html). Plusieurs articles peuvent être téléchargés en format .pdf.

### **III. Projets de recherche / *Research Projects***

---



# **1. Évolution à long terme des communautés végétales à la tourbière de Bois-des-Bel** */ Long-term evolution of plant communities at Bois-des-Bel restored peatland*

---

## CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Monique Poulin</b>	Professeure adjointe, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval
Jin Zhou	Professionnel de recherche, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 1999 – 2008 (ou plus)

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE : 1.1.1 ET 1.3.1 (cf. Annexe 1)

## PROBLÉMATIQUE :

Au début du projet, la tourbière de Bois-des-Bel (BDB) représentait 11,5 hectares (ha) de surface exploitée et abandonnée depuis plus de vingt ans. En 1999 et 2000, 8,4 ha ont été restaurés selon les techniques développées par le GRET. Le reste sert de zone de comparaison (témoin).

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

Les objectifs généraux pour ce projet sont décrits dans le rapport final (1999-2003) du GRET, ainsi que sur notre site Internet ([http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr\\_projets\\_05.htm](http://www.gret-perg.ulaval.ca/fr_projets_05.htm)). Plus spécifiquement, pour 2003 à 2006, les objectifs étaient de :

- 1) Comparer les assemblages d'espèces floristiques de la tourbière restaurée au site de comparaison non restauré;
- 2) Comparer les assemblages d'espèces floristiques de la tourbière restaurée à un écosystème de référence, en l'occurrence la portion non exploitée de la tourbière de BDB;
- 3) Vérifier la présence de tous les groupes végétaux fonctionnels de tourbière (sphaignes, éricacées, herbacées);
- 4) Mesurer la capacité du système à accumuler de la biomasse;
- 5) Évaluer le retour de la biodiversité du site (plantes, insectes, amphibiens, oiseaux, petits mammifères) et la comparer à celle trouvée en milieu naturel.

## MÉTHODOLOGIE :

Les étapes de restauration effectuées à l'automne 1999 et 2000 sont décrites en détails dans le rapport final du projet CRSNG 1999-2003. Des données ont été prises avant l'exécution des travaux afin d'obtenir un portrait de la situation originale, ainsi qu'à chaque année subséquente. Les paramètres mesurés incluent : l'hydrologie, les caractéristiques physiques du dépôt de tourbe (épaisseur, topographie, etc.), la chimie de l'eau et de la tourbe, la microbiologie, les flux de carbone et le couvert végétal. Un Système d'Information Géographique (SIG) a été mis en place pour procurer une plateforme commune à l'ensemble des données.

Plus spécifiquement de 1999-2006, les données suivantes ont été prises :

- La présence des espèces végétales sur une grille systématique de 6 900 points (juillet 1999, 2001, 2003 et 2005);
- Le couvert de la végétation dans plus de 40 parcelles permanentes (fin août de 1999 à 2006);
- La biomasse végétale (70 échantillons pour les secteurs restaurés et témoin; octobre 2000 à 2005).

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES :

Un couvert végétal dominé par des espèces de tourbières est maintenant bien développé à BDB. En 1999, le site se caractérisait principalement par de la tourbe avec quelques prêles, éricacées et linaigrettes éparses. En 2001, la surface était plutôt dominée par le polytric, une mousse pionnière aidant à stabiliser le substrat de tourbe. C'est à cette même époque que les sphaignes ont commencé à s'établir sur les surfaces restaurées, en étant présentes à 36 % des points d'échantillonnage, comparativement à 43 % pour le polytric. Les sphaignes occupent maintenant largement les surfaces restaurées. Nous avons en effet recensé au moins une espèce de sphaigne dans 60 % des points d'échantillonnage en 2005. Malgré un lent départ, les plantes vasculaires se sont par la suite montrées plus abondantes. En 2003, la linaigrette dense (*Eriophorum vaginatum*) a colonisé en masse le site en s'installant à 27 % des points d'échantillonnage comparativement à 3 % en 2001. Cette espèce est toujours en croissance puisqu'on en a recensé 46 % en 2005. Les éricacées ont quant à elles encore plus tardé à s'établir que les autres plantes vasculaires. C'est en 2005 qu'elles ont pris leur envol avec la moitié des points d'échantillonnage occupés par au moins une des 12 espèces d'éricacées. En comparaison avec le site de référence (tourbière naturelle), certaines strates, telles les éricacées et les arbres, sont toujours en début de succession alors que d'autres, telles les sphaignes, ont presque atteint la fréquence trouvée en milieu naturel.

Le site de comparaison (témoin) est, pour sa part, resté plus ou moins le même d'année en année, caractérisé surtout par de la tourbe nue, des éricacées et quelques îlots d'épinettes. Les éricacées ont néanmoins pris un peu d'ampleur au fil des ans grâce à l'effet continu du drainage. La sphaigne est toujours absente de ce secteur, ce qui confirme les choix de restauration après l'abandon des activités de récolte de tourbe.

L'accumulation totale de biomasse dans la zone restaurée a augmenté presque linéairement depuis 1999. Elle était de 1100 g/m<sup>2</sup> en 2004, soit dix fois plus que dans la zone de comparaison. Les mousses autres que les sphaignes étaient les plus abondantes (46 % de la biomasse totale). La biomasse des sphaignes était jusqu'en 2003 très faible mais a fortement grimpé en 2004 pour atteindre 313 g/m<sup>2</sup>, soit 29 % de la biomasse totale. On remarque d'ailleurs à l'œil nu l'ampleur qu'ont pris les tapis de sphaigne sur le site depuis 2004. Les données prises en 2005 sont présentement en traitement mais nous nous attendons à une autre augmentation importante de la biomasse des sphaignes. La biomasse des plantes vasculaires a par ailleurs augmenté fortement entre 2001 et 2003 mais semble se stabiliser depuis 2004. Elle constituait alors 28 % de la biomasse totale.

PUBLICATIONS :

Mazerolle, M., M. Poulin, C. Lavoie, L. Rochefort, A. Desrochers & B. Drolet. 2006. Animal and vegetation patterns in natural and man-made bog pools: implication for restoration. *Freshwater Biology* 51: 333-350.

Zhou, J., M. Poulin & L. Rochefort. En préparation. Vegetation monitoring after peatland restoration. Soumission prévue en décembre 2006.

D'autres publications sont aussi prévues au cours des prochaines années.

## 2. Carbon dioxide exchange in a restored peatland / Échange gazeux en tourbière restaurée

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

Melissa Greenwood M.Sc. Student, McMaster University  
**J.M. Waddington** Supervisor, McMaster University

STUDY SITE: Bois-des-Bel peatland (QC)

INDUSTRIAL PARTNERS: Joint project with all partners

OTHER COLLABORATORS: Jonathan Price (University of Waterloo),  
Monique Poulin and Line Rochefort (Université Laval)

PLANNED TIMETABLE: 2004 –2006

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.1.4 (see Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

Natural peatlands are important components in the global carbon cycle (Gorham, 1991)<sup>1</sup>, storing ~33% of the global soil carbon. These ecosystems represent a net long-term sink (23-28 g C m<sup>-2</sup>y<sup>-1</sup>) of atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), however, climate and land-use change are impacting this important biogeochemical function of peatlands. For example, harvested peatlands become persistent sources of atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) following abandonment.

Nevertheless, peatland restoration techniques have been developed to bring back a natural, carbon-accumulating ecosystem by raising the water table to promote *Sphagnum* peat-forming species. Recent research conducted at a restored peatland in eastern Québec using eddy covariance measurements has shown a significant increase in CO<sub>2</sub> fluxes to the atmosphere three years post-restoration. This increase could be due to a variable vegetative surface, variable moisture conditions and straw mulch used in the restoration process. However, unpublished scaled chamber data from this same site shows smaller increases in the carbon fluxes to the atmosphere over the same period. This apparent deviation between the two measurement methods arises from large differences in respiration.

Therefore, a comparison of eddy covariance and chamber techniques is necessary to develop confidence and to assess the accuracy in the measured CO<sub>2</sub> fluxes. With reference to restored peatlands, it is essential to assess when these sites will be fully “restored” from a carbon balance perspective. As such, by comparing the fluxes obtained by independent methods and determining the processes governing CO<sub>2</sub> exchange will aid in the understanding of carbon dynamics in restored peatlands. This research will ultimately provide the knowledge necessary towards modeling the carbon balance at restored peatlands.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To characterize temporal and spatial variability of CO<sub>2</sub> fluxes at a restored peatland ecosystem; specifically examining the CO<sub>2</sub> exchange between different vegetation types;
- 2) To determine dominant ecohydrological processes controlling CO<sub>2</sub> exchange in restored peatlands;
- 3) To develop a method to adequately scale chamber measurements to the ecosystem level;

---

<sup>1</sup> Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1(2): 182-195.

- 4) To compare and to contrast the differences between chamber and tower measurements of CO<sub>2</sub> flux in a restored peatland ecosystem;

#### METHODOLOGY:

For the 2004 field season, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) fluxes were measured using the chamber method from July 19 to August 3. During this intense field campaign, 34 collars were installed and net ecosystem exchange measurements were made from these permanent collar locations daily. Chamber measurements were made from collar locations encompassing the main vegetation and surface coverages in the restored and comparison site. At least three collars of each surface type and community were used to ensure representative flux measurements.

The temporal variability of the CO<sub>2</sub> fluxes was assessed by conducting two diurnal flux runs at a selection of collar locations over the sampling period (July 24-25 and July 29-30). Air temperature, peat temperature and volumetric moisture content (VMC) were recorded at each collar during sampling. These instantaneous measurements of soil temperature and VMC will be used to establish empirical relationships with total respiration.

Spatial variability of CO<sub>2</sub> fluxes from the restored site was addressed using a 15 x 15 m grid located in a relative homogeneous section of the peatland. CO<sub>2</sub> fluxes were measured at every 3 m within the grid, with a total of 36 sampling locations, on August 2.

At the end of the study period in mid-August, belowground biomass and soil cores were removed below each permanent collar location sampled in the 2004 field season for laboratory analysis.

#### RESULTS:

Peat respiration decreased in the restored site post-restoration, which was partially due to the rewetting. However, the seasonal averages peat respiration from both the restored and cutover sites were not significantly different from each other. Subsequently, rates of gross ecosystem production have increased over the same period due to the emerging vegetative cover, with seasonal mean net ecosystem exchange fluxes for both herbaceous and moss vegetation displaying significant improved net CO<sub>2</sub> fixation with time post restoration. Light response curves showing the relationship between gross ecosystem production of CO<sub>2</sub> (GEP) and photosynthetically active radiation (PAR) indicate that both the apparent quantum efficiency and the maximum GEP ( $A_{max}$ ) increased with time post-restoration.

Chamber flux measurements upscaled to the ecosystem level based on the percent cover of each plant species, indicate that the restored site, both one and two years post-restoration (2000, 2001) was a net sink of CO<sub>2</sub> over the study season (May-October), storing ~13.5 and 20.2 g C m<sup>-2</sup> respectively. Over the same study seasons, the cutover site remained a large source of CO<sub>2</sub>, releasing ~136.8 and 83.0 g C m<sup>-2</sup> in 2000 and 2001 respectively.

Biomass measurements suggest that the restored site is storing substantial amounts of carbon in above and belowground biomass five years post-restoration. Total biomass estimates at the restored site ranged from 2227.23 g m<sup>-2</sup> for *Carex canescense* to 489.32 g m<sup>-2</sup> for *Polytrichum strictum*, corresponding to a mean annual NPP of 222.72 g C m<sup>-2</sup> and 48.99 g C m<sup>-2</sup> respectively.

Previous studies conducted using the eddy covariance micrometeorological technique at Bois-des-Bel (Petrone *et al.* 2003)<sup>2</sup> have shown a significant increase in carbon dioxide fluxes to the atmosphere three years post-restoration. The net ecosystem exchange post restoration is approximately double the rates of CO<sub>2</sub> fluxes pre-restoration despite active restoration techniques. The first and second year post-

---

<sup>2</sup> Petrone, R.M., J.M. Waddington & J.S. Price. 2003. Ecosystem-scale flux of CO<sub>2</sub> from a restored vacuum harvested peatland. *Wetlands Ecology and Management* 11: 419-432.

restoration seasonal NEE averages are  $\sim 480 \text{ g C m}^{-2}$  and  $\sim 470 \text{ g C m}^{-2}$  respectively. This increase in flux post restoration was suggested to occur due to the lack of a carbon fixing vegetative surface resulting in limited production and highly variable moisture conditions that may have increased  $\text{CO}_2$  decomposition in addition to decomposing straw mulch present on the site. However, NEE flux results presented in this study suggest that during the growing season, Bois-des-Bel is returning to a net sink of atmospheric  $\text{CO}_2$ . Chamber estimates which have been upscaled to the ecosystem level based on the percent cover of each plant species/land classification, indicate that the restored site, both one and two years post-restoration (2000, 2001) is a net sink of  $\text{CO}_2$  over the study season (May-October), storing  $\sim 13.5 \text{ g C m}^{-2}$  and  $20.2 \text{ g C m}^{-2}$  respectively. However, over the same study seasons, it is evident that the comparison site still remains a large source of  $\text{CO}_2$ , releasing  $\sim 136.8 \text{ g C m}^{-2}$  and  $83.0 \text{ g C m}^{-2}$  in 2000 and 2001 respectively. Consequently, these results indicate active ecosystem scale restoration techniques conducted at Bois-des-Bel have the potential to return the system to a net sink of atmospheric  $\text{CO}_2$  within a few study seasons. The resultant increased storage of  $\text{CO}_2$  post-restoration can be attributed in part by a reduction in peat respiration via active rewetting, in addition to the significant increase in ecosystem productivity from an evolving vegetative cover.

#### CONCLUSION:

Results of this research suggest that active ecosystem scale restoration techniques have the potential to return cutover peatlands to a net sink of atmospheric  $\text{CO}_2$  within three to five years. The resultant increased storage of  $\text{CO}_2$  post-restoration can be attributed in part by a reduction in peat respiration via active rewetting, in addition to the significant increase in ecosystem productivity from an evolving vegetative cover.

#### PUBLICATIONS:

- Greenwood, M. J. 2005. The effects of restoration on  $\text{CO}_2$  exchange in a cutover peatland. M.Sc. Thesis, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.
- Kellner, E., A. J. Baird, M. Oosterwoud, K. Harrison & J. M. Waddington. 2006. The effect of temperature and atmospheric pressure on methane ( $\text{CH}_4$ ) ebullition from near-surface peats. *Geophysical Research Letters*, 33, L18405, doi:10.1029/2006GL027509.
- Petrone, R.M., J.S. Price, H. von Waldow & J. M. Waddington. 2004. Effects of a changing surface cover on the moisture and energy exchange of a restored peatland. *Journal of Hydrology*, 295: 198-210.
- Waddington, J.M., M. J. Greenwood, R. M. Petrone & J. S. Price. 2003. Mulch decomposition impedes recovery of net carbon sink function in a recently restored peatland. *Ecological Engineering*, 20(3): 199-210.

### **3. Estimation de la teneur en eau, de la biomasse aérienne et de l'indice de superficie foliaire d'une tourbière restaurée à l'aide de réflectance spectrale / *Water content, LAI and above-ground biomass estimation with reflectance over a restored peatland***

---

CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Jacinthe Letendre**  
Monique Poulin  
Line Rochefort

Étudiante 2<sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval  
Directrice, professeure adjointe, Université Laval  
Co-directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires

AUTRES COLLABORATEURS : Mike Waddington et Melissa Greenwood (McMaster University)  
([cf. projet 2](#))

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Juillet 2004 – septembre 2004

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.1 et 1.1.4 (cf. Annexe 1)

PROBLÉMATIQUE :

Ce projet explore les possibilités d'utilisation d'indices spectraux extraits de données de réflectance en hyperspectral comme outils d'estimation pour des variables d'importance dans le suivi du succès de la restauration. Les variables ciblées sont la teneur en eau du sol (tourbe et/ou mousses), la biomasse et la surface foliaire de la végétation.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Tester la relation entre la teneur en eau du sol (tourbe et/ou mousses) et un indice spectral lié à la teneur en eau;
- 2) Tester la relation entre diverses composantes de la biomasse aérienne et un indice spectral lié à la structure et à la pigmentation de la végétation (le NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) reconnu dans la littérature pour cet usage;
- 3) Tester la relation entre l'indice de surface foliaire (LAI) et l'indice NDVI reconnu également pour cet usage dans la littérature.

MÉTHODOLOGIE :

Les variables de cette étude ont été mesurées en utilisant le dispositif expérimental mis en place par Melissa Greenwood dans son étude des flux de CO<sub>2</sub> ([cf. projet 2](#)).

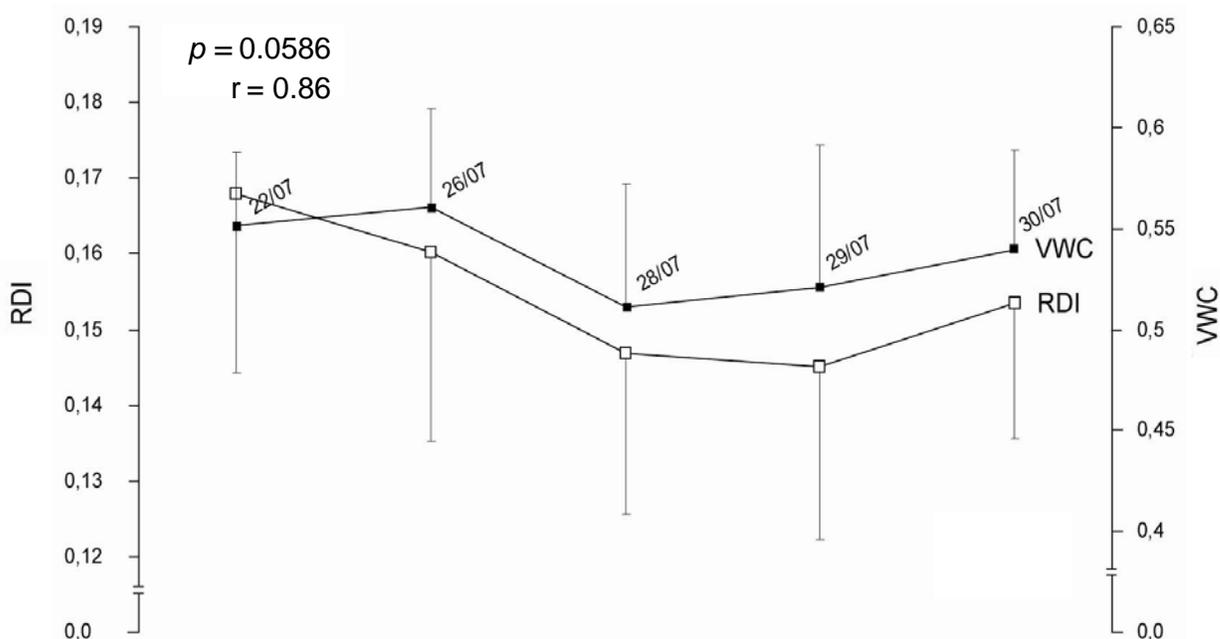
Lors de cinq journées de mesure (les 22, 26, 28, 29 et 30 juillet 2004), la teneur en eau du sol (VWC) a été mesurée à l'intérieur de six collets (60 cm x 60 cm) à l'aide d'un TDR (Campbell). Simultanément, la réflectance spectrale a été mesurée à l'aide d'un spectroradiomètre.

En août 2004, la biomasse accumulée depuis la restauration a été récoltée dans 24 collets. Au même moment, l'indice de surface foliaire de la végétation de ces 24 collets a été mesuré à l'aide d'un *SunScan Canopy Analysis System* (Delaat-T Devices). La végétation a ensuite été triée en laboratoire pour estimer la biomasse selon diverses catégories : par espèce et par partie de la plante (ex. parties chlorophylliennes

et ligneuses, etc.). Ces variables ont été mises en relation avec les indices spectraux calculés à partir des mesures de réflectance prises les 28 et 29 juillet sur chaque collet.

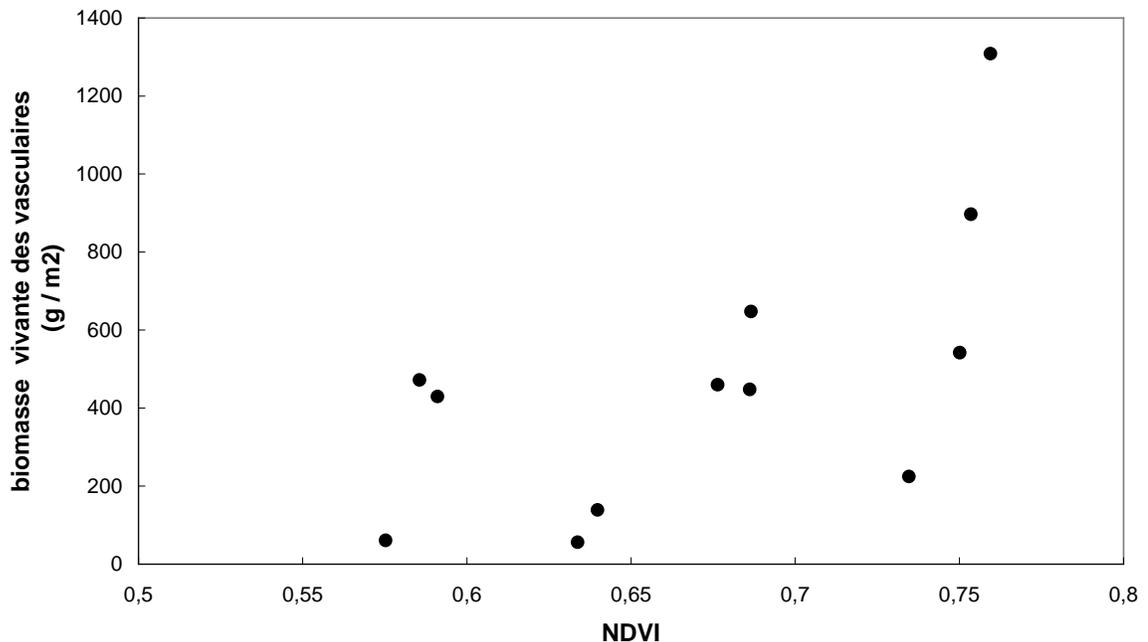
## RÉSULTATS :

L'expérience a permis de conclure que la fluctuation journalière dans la teneur en eau du sol sur le site n'est pas corrélée significativement à la réflectance spectrale mais qu'elle s'en approche (indice RDI, *Relative Depth Index*; Figure 1). La courte période d'échantillonnage peut être une cause de la grande variation des valeurs.



**Figure 1 : Corrélation entre la teneur en eau du sol quotidienne moyenne et l'indice lié à la teneur en eau *Relative Depth Index* (RDI)**

L'expérience a néanmoins permis de constater que l'indice spectral NDVI était corrélé à la biomasse vivante des plantes vasculaires ( $r = 0,63$ ;  $P = 0,028$ ) pour les collets dominés par une végétation de *Carex* et d'*Eriophorum* (Figure 2). La relation était la même pour la biomasse totale de vasculaires. En incluant dans cette même relation les collets dominés par des sphaignes, des polytrics ou des éricacées, la corrélation n'était plus significative. Pour l'indice de surface foliaire, la corrélation n'est pas significative mais s'en approche encore une fois pour les communautés dominées par les *Carex* ou les *Eriophorum* ( $r = 0,57$ ;  $P = 0,055$ ).



**Figure 2 : Corrélation entre la biomasse vivante de vasculaire (sèche) et l'indice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pour les communautés d'*Eriophorum* et de *Carex*, dans chaque collet pris individuellement**

#### CONCLUSION :

L'utilisation d'indices spectraux pour évaluer divers paramètres structuraux de la végétation est bien répandue dans certains domaines tels que l'agriculture. L'objectif de cette étude était d'utiliser les indices spectraux en tant qu'outils dans les programmes de suivi du succès de la restauration végétale. Il s'est avéré que la biomasse et la superficie foliaire n'était corrélée à l'indice spectral NDVI que pour les communautés de *Carex* et d'*Eriophorum*. Dans l'optique d'un travail à grande échelle, en incluant l'ensemble des communautés dans la même relation, la réflectance semble être un outil peu utile considérant notamment le comportement différent des sphaignes. Par ailleurs, la corrélation entre la teneur en eau du sol et la réflectance spectrale (RDI) n'était pas non plus significative. En conclusion, l'usage de la réflectance telle qu'appliquée ici semble trop variable pour être utilisé à grande échelle pour des sites restaurés. Par contre, d'autres utilisations sont possibles en tourbières naturelles (cf. projet 4).

## **4. Flux de CO<sub>2</sub>, conditions hydrologiques et réflectance spectrale en tourbière ombrotrophe boréale / CO<sub>2</sub> exchange, hydrological conditions and ground spectral reflectance of bog plant communities**

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Jacinthe Letendre</b>	Étudiante 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Monique Poulin	Directrice, professeure adjointe, Université Laval
Line Rochefort	Co-directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDE : Pointe-Label (QC), laboratoires de Tourbières Berger et de l'U. Laval

PARTENAIRES: Premier Horticulture; Tourbières Berger.

AUTRES COLLABORATEURS : Mike Waddington (McMaster University)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Septembre 2004 – décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.1 et 1.1.4 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Une approche simplifiée pour produire des estimés à grande échelle des flux de CO<sub>2</sub> en milieu naturel consiste à établir des relations directes entre les différentes composantes des flux et des indices spectraux extraits de données de réflectance en hyperspectral. Ces relations sont généralement propres à chaque écosystème.

L'objectif de cette étude est d'établir une relation entre les flux de CO<sub>2</sub> (l'échange écosystémique net de CO<sub>2</sub> et la photosynthèse brute) et certains indices spectraux pour une tourbière naturelle ombrotrophe boréale. Afin de pallier au problème encouru par les propriétés spectrales particulières aux sphaignes et d'améliorer cette relation, le projet propose d'étudier également la réponse des indices spectraux aux changements de conditions hydrologiques des tapis muscinaux. Les opportunités offertes par l'utilisation d'indices spectraux sont ainsi explorées plus en profondeur.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Tester le degré d'association entre les conditions hydrologiques d'une tourbière ombrotrophe (la teneur en eau volumique en surface et la profondeur de la nappe phréatique) et un indice spectral lié à la teneur en eau. Cet indice est présélectionné lors d'une expérience en laboratoire pour sa capacité à répondre à la teneur en eau des sphaignes;
- 2) Tester sur une tourbière ombrotrophe la relation entre la photosynthèse brute et l'échange écosystémique net de CO<sub>2</sub> et divers indices spectraux liés à la végétation (pigmentation, structure de la végétation, etc.), ou à une combinaison d'indices alliant conditions hydrologiques et structure de la végétation.

### MÉTHODOLOGIE :

Une expérience en laboratoire portant sur la relation entre la teneur en eau des sphaignes et la réflectance spectrale s'est tenue dans les laboratoires de l'Université Laval. D'ailleurs, une expérience préliminaire avait été réalisée au cours de l'été précédent (2004) dans les laboratoires de la compagnie Berger pour définir le protocole. Douze échantillons de quatre espèces de sphaignes (*Sphagnum rubellum*, *S. fuscum*, *S. magellanicum* et *S. fallax*) ont été récoltés le 17 septembre 2005 et ont été laissés à sécher pour 180 heures dans un cabinet de croissance. Toutes les 12 heures, des mesures de teneur en eau et de réflectance spectrale (spectroradiomètre) ont été prises.

Sur le site d'étude de Pointe-Lebel, 14 collets (carrés de métal de 60 cm x 60 cm) servant aux mesures de flux de carbone ont été installés du 27 au 29 avril 2005 en suivant une répartition aléatoire stratifiée en fonction du couvert des vasculaires. À chacune des trois périodes d'échantillonnage (du 6 au 11 juillet, du 9 au 15 août et du 11 au 16 septembre 2005), les variables suivantes étaient mesurées pour chacun des 14 collets : les flux de CO<sub>2</sub> à l'aide d'une chambre, la réflectance spectrale à l'aide d'un spectroradiomètre, la teneur en eau et la profondeur de la nappe phréatique.

## RÉSULTATS:

L'expérience en laboratoire a montré de fortes corrélations ( $r$  de Pearson variant entre 0,92 et 0,99) entre plusieurs indices spectraux et la teneur en eau pour les quatre espèces de sphaignes. Ainsi, l'indice offrant les plus fortes corrélations pour les espèces présentes au site de Pointe-Lebel (*Water Index*) a été retenu afin de l'utiliser pour évaluer les conditions hydrologiques sur le terrain et améliorer les relations entre les flux de CO<sub>2</sub> et certains indices spectraux.

Au site de Pointe-Lebel, l'indice retenu, le *Water Index*, s'est avéré être corrélé à la profondeur de la nappe phréatique pour diverses communautés végétales (platière à sphaignes, buttes d'éricacées, etc.). Par contre, il n'était corrélé à la teneur en eau que pour les platières à sphaignes.

Toujours au site de Pointe-Lebel, plusieurs indices ont permis d'établir des relations linéaires significatives avec l'échange écosystémique net de CO<sub>2</sub> et la photosynthèse brute. Toutefois, les ajustements de ces relations n'étaient pas très élevés ( $r^2$  oscillant entre 0,15 et 0,57). Néanmoins, l'ajustement atteint dans ces relations dépasse largement ce qui a été rapporté dans la littérature jusqu'à ce jour pour ce type de relation en tourbière. L'usage d'un indice combiné unissant l'indice communément utilisé pour ce type de relation (le *Normalized Difference Vegetation Index*) à un indice portant sur la teneur en eau (*Water Index*) ou l'utilisation d'indices ciblant la chlorophylle (*Chlorophyll Index*) ou l'activité de certains pigments (*Photochemical Reflectance Index*) a permis d'améliorer la relation entre les flux de CO<sub>2</sub> et les indices spectraux par rapport aux résultats rapportés dans la littérature.

## CONCLUSION :

La production de carte des flux de CO<sub>2</sub> à grande échelle à partir de relations statiques établies entre des indices spectraux et les mesures de flux permettra d'améliorer nos connaissances sur les échanges de CO<sub>2</sub> se produisant actuellement dans des tourbières étendues ou éloignées. À l'heure actuelle, ce bilan n'est que très partiellement connu. Que se soit par les liens statistiques directs entre les flux et les indices spectraux, tels que proposés dans notre étude, ou par les possibilités offertes par l'existence de relations également entre la profondeur de la nappe phréatique et les indices spectraux, cette étude s'inscrit dans une approche qui vise à combler les lacunes de nos connaissances sur le cycle du carbone dans les tourbières boréales susceptibles d'être bouleversé par les changements climatiques.

## PUBLICATIONS :

Letendre, J. Thèse de maîtrise en préparation, dépôt prévu à la mi-novembre 2006.

Letendre, J., M. Poulin, & L. Rochefort. Article en préparation. Applications of ground-based derived spectral indices to estimate hydrological conditions and CO<sub>2</sub> fluxes in a boreal peatland. Date prévue de soumission : janvier 2006.

## **5. Impact de la restauration sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques d'un écosystème de tourbière ombrotrophe / *Ecological restoration of a post-harvested Sphagnum peatland : impact on physicochemistry and microbiology***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Roxane Andersen</b>	Étudiante 3 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
André-Jean Francez	Co-directeur, professeur, Université de Rennes 1 (France)
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires; Tourbières Berger via une bourse CRSNG-Industries à l'étudiante et les analyses de laboratoire.

ÉCHÉANCIER RÉALISÉ : Septembre 2003 - janvier 2005.

Ce projet a débuté en septembre 2003 dans le cadre d'une maîtrise en Biologie végétale. Étant donné l'intérêt soulevé par les résultats ainsi que le potentiel du projet à être davantage développé, il a été intégré dès janvier 2005 dans un projet de doctorat en biologie végétale à la suite d'un passage accéléré au doctorat. Il constitue désormais le premier chapitre de la thèse de R. Andersen.

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.5 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Dans un contexte de restauration écologique, il est nécessaire d'effectuer un suivi de différentes variables pour être en mesure d'évaluer le retour des processus fondamentaux de l'écosystème et ainsi pouvoir déterminer le succès ou l'échec des interventions effectuées. Un tel suivi devrait inclure des mesures sur le couvert végétal, l'hydrologie, les cycles des éléments nutritifs, la physicochimie et la microbiologie. Ce projet porte sur les deux derniers groupes de variables qui, bien qu'ils soient essentiels au bon fonctionnement de ce type d'écosystème, demeurent peu documentés.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Vérifier si la restauration modifie les propriétés physicochimiques en comparaison avec un système non restauré et un système non perturbé;
- 2) Déterminer si la restauration agit sur le compartiment microbien du sol en changeant sa taille, sa structure et sa composition ainsi que les activités qui y sont associées;
- 3) Identifier les paramètres les plus intéressants à utiliser pour le suivi de projets semblables.

### MÉTHODOLOGIE :

Les échantillons ont été prélevés à deux périodes (3 et 4 juin 2003 et 6 et 7 octobre 2003) dans la tourbière restaurée et dans la section abandonnée (témoin) adjacente sur le site de Bois-des-Bel, de même que dans la tourbière naturelle avoisinante. Deux profondeurs correspondant à des niveaux d'aération différents (aérobie ou anaérobie) ont été retenues pour la microbiologie et trois pour la physicochimie.

Les analyses ont été effectuées dans les laboratoires de la compagnie Berger pour la physicochimie (pH, conductivité, cations de base, micro-éléments) et dans les laboratoires de l'Université de Rennes 1 (France) pour la microbiologie (biomasse microbienne, activité globale, activités spécifiques).

Plus de détails concernant la méthodologie sont disponibles dans les articles scientifiques (voir section publication).

#### RÉSULTATS :

La biomasse microbienne est sensible aux conditions physicochimiques de la tourbe (degré de décomposition, qualité de la matière organique, concentration en cations de base) et semble affectée par une limitation en éléments nutritifs (P, N et K) dans la partie restaurée et non restaurée. La dénitrification et la méthanogénèse sont faibles dans tous les cas. La biomasse microbienne et l'activité microbienne présentent un gradient 'naturel > restauré > non restaurée', alors que les variables physicochimiques ne distinguent pas significativement le site non restauré du site restauré.

#### CONCLUSIONS :

Les variables microbiologiques ont une importance capitale pour le processus de tourbification dans les tourbières ombrotrophes étant donné leur rôle majeur dans la décomposition de la matière organique. Pour cette raison, les variables microbiologiques ont un caractère plus dynamique que les variables physicochimiques de la tourbe et ont un meilleur potentiel comme critères de suivi.

#### PUBLICATIONS :

Andersen, R., A.-J. Francez & L. Rochefort. 2005. The physicochemical and microbial status of a restored bog in Québec: identification of relevant criteria to monitor success. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 1375-1387.

Andersen, R. 2005. La restauration de tourbières ombrotrophes au Québec : le point de vue microbiologique. *Le Naturaliste Canadien* 130: 25:31.

Andersen, R. En préparation. *Cycles biogéochimiques et interactions plantes microbes dans les tourbières ombrotrophes : amélioration du suivi de la restauration écologique*. Thèse de doctorat, biologie végétale, Université Laval, Québec. Dépôt prévu en décembre 2007.

## **6. Cycles biogéochimiques dans les tourbières ombrotrophes : amélioration du suivi de la restauration écologique / *Biogeochemical cycles in ombrotrophic peatlands: upgrading ecological restoration monitoring***

---

CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Roxane Andersen**  
André-Jean Francez  
Line Rochefort

Étudiante 3<sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval  
Co-directeur, professeur, Université de Rennes 1 (France)  
Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires; Tourbières Berger via une bourse CRSNG-Industries à l'étudiante et les analyses de laboratoire.

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Avril 2005 – décembre 2007

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.5 (cf. Annexe 1)

PROBLÉMATIQUE :

Les microorganismes, par leur intervention dans la décomposition, jouent un rôle central dans l'immobilisation du carbone organique, le recyclage et la disponibilité des nutriments (N, P et K) et la productivité de l'écosystème. La quantité et la disponibilité des éléments nutritifs et minéraux dans les plantes, dans l'eau et dans la tourbe peuvent être mesurées par des analyses physicochimiques et peuvent en quelque sorte prendre le pouls de l'écosystème restauré. Cependant, les coûts engendrés par de telles analyses peuvent rapidement devenir lourds à supporter, c'est pourquoi il est essentiel de déterminer quelle information peut réellement être extraite de ce genre de données afin d'en optimiser la collecte et l'analyse des échantillons.

Les tourbières boréales naturelles jouent également un rôle important dans les cycles biogéochimiques, entre autre par leur capacité à emmagasiner le carbone atmosphérique. Les différentes réactions microbiennes, les réactions d'oxydoréduction et les conditions particulières retrouvées dans l'acrotelme et dans le catotelme permettent la dégradation de la biomasse végétale, l'accumulation de la matière organique ainsi que la séquestration de carbone sous forme de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub>, et de carbone organique dissout (COD). La restauration, parce qu'elle transforme radicalement la structure de l'écosystème perturbé en réhabilitant un compartiment végétal capable de photosynthèse, risque de modifier du même coup toute la dynamique du carbone par rapport aux sites non restaurés dénués de végétation. Un bilan détaillé de tous les compartiments associés au recyclage du carbone permettra de vérifier cette hypothèse.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Comparer la distribution des éléments nutritifs (C, N, P, K, Ca et Mg) dans les profils d'une tourbière restaurée et abandonnée;
- 2) Déterminer l'influence des modifications apportées par la restauration sur le cycle biogéochimique du carbone.

## MÉTHODOLOGIE :

### Physicochimie et recyclage des éléments nutritifs :

- Des échantillons de **tissus** (*Chamaedaphneae calyculata*, *Sphagnum spp.*, *Polytricum strictum*) et de **tourbe** ont été récoltés une fois par année en automne entre 2000 et 2005 (6 ans x 1 série d'échantillons par année) dans les sites restaurés et non restaurés. Pour les tissus, des échantillons ont également été recueillis dans la section naturelle adjacente à la tourbière de Bois-des-Bel.
- Des échantillons d'**eau** ont été récoltés quatre fois par année entre 2000 et 2005 durant les mois de mai, juillet, septembre et octobre. Les échantillons provenaient des mares de la section restaurée, des canaux hydrologiques à la sortie du site restauré et du site non restauré adjacent, ainsi que des piézomètres répartis dans les trois sections (restaurée, non restaurée et naturelle) pour un total de 17 échantillons.
- Les échantillons ont été analysés pour le contenu en éléments nutritifs (N, P et K), minéraux (Ca, Mg, Na et Cl) et en micronutriments (Fe, Mn et Cu).

### Cycle du Carbone :

En 2003, soit quatre saisons de croissances après le début des travaux de restauration, un échantillonnage exhaustif a permis de recueillir des données sur :

- les échanges de carbone minéral (CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>) entre la tourbière et l'atmosphère;
- le compartiment associé au carbone organique (microbien, soluble et récalcitrant) dans la tourbe;
- le COD exporté par la tourbière;
- la biomasse végétale (production primaire).

Donc, des mesures ont été associées à chacun des compartiments impliqués dans le cycle biogéochimique du carbone. Les données ont été recueillies séparément dans le cadre de différents projets mais seront analysées ensemble pour répondre spécifiquement à cet objectif « théorique ».

## RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES ET RÉSULTATS ATTENDUS:

### Physicochimie et recyclage des éléments nutritifs :

L'analyse de la physicochimie des tissus a révélé une réponse variable entre les différents types de plantes. Les divers mécanismes d'absorption et les besoins variables des plantes peuvent expliquer ce phénomène. Malgré les différences, toutes les plantes semblent répondre positivement à la fertilisation au phosphate comme le démontre une augmentation significative de la concentration foliaire de cet élément suivant l'application du fertilisant lors de la restauration. Les niveaux d'éléments nutritifs foliaires des plantes sur le site restaurés ont rapidement atteint des niveaux similaires à ceux des plantes en conditions naturelles, alors que les échantillons issus de la section non restaurée présentent des carences en éléments nutritifs évidentes, année après année. L'évolution du contenu en éléments minéraux et nutritifs dans l'eau de surface se rapproche de celui des tissus des plantes, mais certains éléments, notamment le Ca, le Na et le Cl, demeurent à des niveaux beaucoup plus élevés dans la section restaurée que dans les conditions naturelles.

L'analyse de la base de données de la physicochimie de la tourbe a révélé que c'est le compartiment qui évolue le plus lentement et que, même plusieurs années après la restauration, la tourbe qui se trouve sous la végétation est encore largement décomposée et carencée en éléments nutritifs. La teneur en éléments minéraux y est par ailleurs supérieure aux valeurs normalement associées aux tourbières ombrotrophes naturelles. De plus, il semble que les éléments totaux n'apportent pas d'information pertinente et pourraient être laissés de côté dans les analyses futures.

### **Cycle du Carbone :**

Bien qu'une grande partie des résultats soit déjà analysée, il manque encore certaines bases de données pour compléter le portrait du cycle du carbone pour l'année 2003. Jusqu'à maintenant, il est possible d'affirmer que, outre la différence attendue entre les compartiments de production primaire (biomasse), la composition du compartiment organique, particulièrement du compartiment microbien, tend déjà à se différencier suivant la restauration. Il est clair que des différences sont également attendues au niveau de l'émission/absorption de méthane et de CO<sub>2</sub>. Quant au COD, la présence accrue de microorganismes dans la tourbe restaurée pourrait définitivement en affecter la quantité et la composition. Ces deux dernières bases de données (carbone minéral et COD) sont les deux éléments qui manquent pour compléter l'analyse. Ils seront fournis par le laboratoire du Dr. Mike Waddington.

### **CONCLUSION :**

Les mesures de physicochimie sur les tissus se sont révélées les plus informatives des relations entre les plantes et le système pour le moment. Les différences entre les réponses des plantes permettent de croire que le suivi ne devrait pas se limiter à une espèce, mais que différents « modèles » d'espèces clés devraient être ciblés pour l'échantillonnage. L'analyse de l'eau de surface permet d'apporter de l'information complémentaire et devrait également être maintenue dans un programme de suivi de sites restaurés. Cependant, l'analyse de la physicochimie de la tourbe n'a pas apporté beaucoup d'information sur la dynamique de l'écosystème suivant la restauration, sinon que la néoformation de tourbe est un processus lent.

### **PUBLICATIONS :**

Andersen, R. & L. Rochefort. Article en préparation. Water, peat and vegetation chemistry in a restored ombrotrophic peatland: six years of monitoring. Soumission prévue pour décembre 2006.

Andersen, R., L. Rochefort, M. Waddington & A.-J. Francez. Article en préparation. Carbon accumulation in restored peatlands: the Bois-des-Bel case study. Soumission prévue pour mars 2007.

## **7. Interactions plantes-microbes dans les tourbières ombrotrophes : amélioration du suivi de la restauration écologique / *Plant-microbe interactions in ombrotrophic peatlands: upgrading ecological restoration monitoring***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Roxane Andersen</b>	Étudiante 3 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Markus Thormann	Collaborateur, Northern Forestry center, Alberta
André-Jean Francez	Co-directeur, professeur, Université de Rennes 1 (France)
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires; Tourbières Berger via une bourse CRSNG-Industries à l'étudiante et les analyses de laboratoire.

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Juin 2005 – décembre 2007

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.5 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Plutôt que de seulement regarder l'impact de la restauration (quoi), il est aussi important de déterminer la nature de cet impact (comment) en comparant les communautés microbiennes associées à différentes structures de végétation en surface.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Comprendre comment la composition végétale en surface interagit avec la structure et la composition des communautés microbiennes sous-jacentes;
- 2) Comparer le profil fonctionnel des communautés microbiennes trouvées en conditions aérobies et anaérobies sous diverses communautés végétales.

### MÉTHODOLOGIE :

À l'intérieur de la section restaurée de BDB, trois communautés caractéristiques de la séquence temporelle observée de manière générale en restauration ont été sélectionnées. Ces communautés ont été retenues parce qu'elles sont : i) intéressantes pour leur implication potentielle dans la formation des gradients microtopographiques; ii) importantes pour leur relation avec la décomposition, la respiration du sol et l'émission de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> dans l'atmosphère; et iii) un élément clé pour évaluer si le fait de ramener une mosaïque de végétation par la restauration permet également le retour d'une mosaïque de microorganismes (biodiversité).

Les profondeurs sont choisies de manière à créer un gradient 'anaérobie < aérobie (ancien) < aérobie (nouveau)' dans le profil restauré (profil vertical). Ces profondeurs fonctionnelles permettront aussi de caractériser les potentiels de décomposition et les groupes microbiens impliqués à différentes profondeurs – et donc pour différentes qualités de litière.

### Design expérimental :

Conditions (6)	Profondeurs (2 ou 3)
Naturel	Aérobie
Non restauré	Ancien
Restauré	Nouveau (s'il y a lieu)
Éricacées + Polytric	Anaérobie
Sphaignes + Herbacées	
Sphaignes + Éricacées	

**Variabes mesurées :** deux campagnes d'échantillonnage (juin 2006 et octobre 2006)

- Structure des communautés microbiennes - PLFAs (mesurés en GC + MS) à l'Université de Poitiers avec Laurent Grasset et le Dr. André-Jean Francez (France).
- Profil fonctionnel des communautés microbiennes - CLPPs (Ecoplates) avec le Dr. Markus N. Thormann (Alberta).
- Analyses physicochimiques :
  - Qualité de la litière (composés carbonés);
  - N, P, K, Ca, Mg, Na et Cl solubles de la tourbe;
  - pH, conductivité électrique et niveau de la nappe phréatique.
- Relevés de végétation (% de recouvrement par espèce).

### RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES OU ATTENDUS:

Les résultats seront connus à partir de novembre 2006 pour le profil fonctionnel (CLPPs) et en février 2007 pour le profil structural (PLFAs). Il est attendu que les mosaïques de végétation les plus complexes devraient supporter un plus grand nombre et une plus grande diversité de microorganismes, et que les horizons et/ou les sections avec les litières et la tourbe de plus faible qualité seront les moins colonisés par les microorganismes. On s'attend en outre à une colonisation fongique de plus en plus importante avec l'augmentation de la qualité du carbone disponible et de la présence de racines. Ces résultats pourront également être utilisés pour aider à expliquer les taux de décomposition qui seront mesurés dans des communautés similaires au cours des prochaines années. Ils pourront également être comparés à des expériences semblables effectués en Europe dans des écosystèmes semblables, également à la suite de la restauration écologique.

### PUBLICATIONS :

Andersen, R., L. Rochefort, M. Thormann & A.-J. Francez. Article en préparation. *Titre à déterminer*.  
Soumission prévue pour septembre 2007.

## **8. Biodiversité et structure des communautés de la mésofaune des tourbières naturelles et restaurées du Bas-Saint-Laurent (Bois-des-Bel)/ *Mesofauna biodiversity and community structure in natural and restored peatlands of St. Lawrence lowlands (Bois-des-Bel)***

---

CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Daniel Salomon**  
Line Rochefort

Chercheur post-doctoral, Université Laval  
Professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDES : Bois-des-Bel

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 – mai 2005

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.5 (cf. Annexe 1)

PROBLÉMATIQUE :

La restauration des milieux naturels perturbés est toujours évaluée par la reprise et l'évolution du couvert végétal. Mais une évaluation du travail de restauration ne peut pas se limiter à cet aspect et doit prendre en compte l'ensemble du système écologique. Dans cette optique de travail, nous abordons l'aspect faunique du sol (mésofaune) comme indicateur biologique du succès de la restauration.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Mesurer le retour de la mésofaune, son établissement, sa biodiversité et la structure de la communauté faunique en fonction de la densité du couvert végétal, de sa richesse en espèces et des propriétés chimiques de l'eau;
- 2) Proposer des critères objectifs d'évaluation du succès de la restauration d'une tourbière à partir de la mésofaune.

MÉTHODOLOGIE :

Des échantillons de sol ont été récoltés mensuellement, de juillet à octobre 2004, dans trois zones de la tourbière de Bois-des-Bel : zone non restaurée, zone restaurée et zone naturelle ouverte.

Il est communément admis que la majorité de la faune du sol vit dans les dix premiers centimètres et qu'il est possible de décrire les communautés en fonction des différents horizons. L'échantillonnage s'est donc aussi fait en fonction des deux couches suivantes : 0 à 4 cm et 4 à 8 cm par rapport à la surface du sol.

Le tri et l'identification des arthropodes ont été effectués après extraction, à la loupe binoculaire et au microscope.

RÉSULTATS:

Les changements dans les communautés faunistiques apparaissent très vite après les travaux de restauration. La zone restaurée montre une communauté très diversifiée en cinq ans seulement, et cette communauté est très proche de la communauté de la zone naturelle. La densité de la mésofaune reste cependant plus faible que dans la zone naturelle.

CONCLUSION :

Les travaux de restauration effectués ont permis de reconstituer un écosystème proche de celui du milieu naturel de référence sur le plan de la mésofaune et de la végétation. Les paramètres chimiques sont cependant très différents entre les zones perturbées et la zone naturelle.

PUBLICATION :

Salomon, D. & L. Rochefort. Article en préparation. Ecological restoration of a peat bog: Evolution and structure of soil mesofauna. Date prévue de soumission : décembre 2006.

## 9. La diversité faunique et floristique après restauration des mares de Bois-des-Bel / *Biodiversity after pool restoration at Bois-des-Bel*

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS:

Marc Mazerolle	Chercheur post-doctoral, Université Laval
<b>Monique Poulin</b>	Professeure adjointe, Université Laval
Claude Lavoie	Professeur agrégé, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval
André Desrochers	Professeur titulaire, Université Laval
Bruno Drolet	Professionnel de recherche (jusqu'en 2003)

SITE D'ÉTUDE : Bois-des-Bel (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS: Projet commun à tous les partenaires

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 1999 – 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.2 et 1.3.3 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Un des objectifs de la restauration des tourbières est de recréer un milieu naturel diversifié. Les techniques employées jusqu'à présent ont été orientées vers l'établissement d'un couvert végétal afin de favoriser l'évolution des communautés végétales typiques de tourbières ombrotrophes. Néanmoins, les mares constituent un habitat particulier contrastant avec le reste d'une tourbière naturelle. Certains assemblages d'espèces végétales se trouvent uniquement en pourtour des mares. Pour la faune, les mares représentent un habitat et un lieu de reproduction essentiels à certaines espèces. La création de mares peut donc participer largement à la diversité des sites restaurés et contribuer à la biodiversité régionale.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

L'objectif général du projet était de reconstituer des **mares** sur les surfaces qui avaient subi l'extraction de tourbe, afin d'évaluer la faisabilité de la création de mares ainsi que les retombées du point de vue de la biodiversité. Plus spécifiquement, depuis 2000 :

- 1) Recenser les amphibiens dans les mares de Bois-des-Bel;
- 2) Recenser les arthropodes;
- 3) Caractériser la diversité végétale des mares de Bois-des-Bel.

### MÉTHODOLOGIE :

Huit mares (12 m x 6 m) ont été creusées lors des travaux de restauration en 1999. Les mares sont rectangulaires avec une rive abrupte au Sud et une rive à pente faible au Nord. En 2000 et 2001, des plantes ont été réintroduites en bordure et en îlots flottants dans quatre des huit mares. Une cartographie détaillée du profil bathymétrique effectuée en 2001 et nos observations subséquentes nous indiquent que les mares présentent une grande stabilité physique et que les berges ne s'érodent pas.

La diversité et le nombre d'individus ont été évalués pour les amphibiens (2000 à 2003 et 2006), les coléoptères aquatiques (Dytiscidae; 2000 à 2003) et les odonates (libellules et demoiselles; 2001, 2002). Des relevés de végétation ont été effectués en 2000, 2001 et 2003. Plus précisément, les données suivantes ont été prises :

- abondance et diversité des arthropodes dans les mares de Bois-des-Bel;
- diversité des odonates dans les mares de Bois-des-Bel;
- abondance et diversité des amphibiens dans les mares de Bois-des-Bel;
- abondance et diversité de la végétation au pourtour des mares de Bois-des-Bel.

#### RÉSULTATS ET CONCLUSIONS :

Les mares ont rapidement été colonisées par les insectes. Neuf des douze espèces de coléoptères aquatiques recensées dans les mares de Bois-des-Bel étaient des espèces associées aux tourbières. En ce qui concerne les odonates, 33 espèces ont été identifiées sur le site. L'assemblage en espèces d'odonates qu'on trouve dans les mares artificielles est dominé par des espèces qui fréquentent naturellement les tourbières au Québec (30 des 33 espèces).

Pour les amphibiens, trois espèces ont été capturées au stade de têtards ou d'individus métamorphosés : la Grenouille des bois (*Rana sylvatica*), la Grenouille verte (*Rana clamitans*) et le Crapaud d'Amérique (*Bufo americanus*). Des spécimens adultes ont été trouvés seulement en 2003 (*R. sylvatica* et *R. clamitans*). Le nombre de têtards pour la Grenouille des bois et le Crapaud d'Amérique était de une à cinq fois plus grand dans les mares restaurées que dans les mares naturelles. Similairement, le nombre d'adultes de Grenouille verte était trois fois plus grand dans les mares restaurées que dans les mares naturelles alors que le nombre de Grenouille des bois était similaire à celui trouvé en milieu naturel. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que le pH de l'eau des mares de BDB est plus élevé que les valeurs trouvées normalement en milieu naturel. La composition en espèces d'amphibiens différait donc entre les mares de BDB et les mares naturelles. Entre autres, le Crapaud d'Amérique fût le premier à coloniser les mares de BDB alors qu'il n'est pas présent dans les mares naturelles. À l'inverse, la Grenouille léopard (*Rana pipiens*), présente dans les mares naturelles, n'a pas été trouvée à Bois-des-Bel. Des travaux subséquents dans les mares de BDB en 2006 ont révélé que la Grenouille des bois et la Grenouille verte se reproduisent encore sur le site.

La végétation introduite aux étés 2000 et 2001 est, dans certains cas, toujours présente sur le site. Particulièrement, les îlots flottants d'éricacées ont persisté et les sphaignes d'eau ont même pris de l'expansion, certaines mares étant maintenant recouvertes presque complètement de *Sphagnum cuspidatum*. Par contre, les colonies d'espèces associées aux bords à pente faible n'ont pas pris d'expansion et dans certains cas, ont même disparu. D'ailleurs, en analysant les relevés de végétation effectués en 2003, on a observé que la végétation des mares ayant fait l'objet de réintroduction n'était pas différente de celle des mares n'ayant pas reçu de transplantations végétales. Comparativement au milieu naturel, le couvert de la strate arbustive haute (>30 cm) était similaire, toutefois le couvert de la strate arbustive basse (<30 cm), de la végétation submergée, émergée et flottante ainsi que le couvert de sphaignes étaient plus bas dans les mares restaurées que naturelles. La quenouille (*Typha latifolia*) est une espèce étrangère aux mares en milieu naturel mais a colonisé rapidement les mares de BDB.

#### PUBLICATIONS :

- Mazerolle, M., M. Poulin, C. Lavoie, L. Rochefort, A. Desrochers & B. Drolet. 2006. Animal and vegetation patterns in natural and man-made bog pools: implications for restoration. *Freshwater Biology* 51: 333-350.
- Mazerolle, M. & M. Poulin. Article soumis. Persistence and colonization as measures of success in bog restoration for aquatic invertebrates: a question of detection. *Freshwater Biology*.

## **10. Les communautés végétales des mares de tourbières naturelles et restaurées / *Plant communities in natural and restored peatland pools***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Natacha Fontaine</b>	Étudiante 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Monique Poulin	Directrice, professeure adjoint, Université Laval
Line Rochefort	Co-directrice, professeure titulaire, Université Laval

### SITES D'ÉTUDES :

Tourbières en restauration : Sainte-Marguerite-Marie et Bois-des-Bel (QC); Pokesudie (NB)  
Tourbières naturelles : Sainte-Marguerite-Marie, L'Ascension, Dosquet, Grande-Plée Bleue, Rivière-Ouelle et Pointe-Label (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Fafard & Frères, SunGro Horticulture, Tourbières Lambert, Premier Horticulture

### AUTRES COLLABORATEURS :

Florent Chiasson (Les Gestions de Tourbière ltée)  
Philippe Boucher et Lisette Ross (Canards Illimités Canada)  
François Quinty (Planirest Environnement)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Janvier 2005 – décembre 2007

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.1.2 ET 1.3.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

En restauration écologique, la conservation de la biodiversité est un des principaux objectifs à long terme. À ce titre, l'hétérogénéité des habitats de tourbières augmente la biodiversité de ce milieu. La restauration de certains microhabitats comme les mares de tourbière devient donc essentielle à la restauration écologique des tourbières. Néanmoins, la formation des mares de tourbière est un processus complexe encore mal compris des scientifiques. Leur restauration constitue donc un grand défi, spécialement en ce qui concerne l'établissement de la végétation typique de bords de mares.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Augmenter nos connaissances sur les communautés de plantes associées aux mares de tourbières
- 2) Développer une méthode pour introduire des communautés associées aux bords de mares en tourbières restaurées.

### MÉTHODOLOGIE :

Au printemps et à l'été 2005, nous avons fait des inventaires dans des tourbières naturelles pour mesurer l'impact des mares sur la diversité des tourbières. Nous avons également fait un inventaire dans la tourbière restaurée de Bois-des-Bel pour voir si la végétation associée aux mares colonisait spontanément le bord des mares restaurées sans intervention humaine.

Quatre expériences de réintroduction au pourtour des mares ont également été mises en place en milieu restauré. Ces expériences testent l'efficacité de deux techniques de réintroduction pour les communautés de bord de mares, soient une introduction par fragments (comme dans l'approche canadienne de

restauration des tourbières; ratios d'introduction de 1 : 5 et 1 : 10) et une introduction par transplants. Ainsi, nous avons introduit par fragments : *Sphagnum papillosum*, *S. fallax*, *S. cuspidatum*, *Cladopodiella fluitans* et un mélange de plantes provenant d'une ancienne cannebergière. Nous avons également introduit des transplants de *Salix* sp. et de *Myrica gale*. Divers traitements ont aussi été testés, comme l'ajout de paillis comme protection, différents ratios d'introduction, la distance au bord de la mare et la grosseur des fragments. L'efficacité des techniques d'introduction a été évaluée à l'automne 2005 et 2006 (mesures de recouvrement, de survie et de croissance).

#### RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES :

Les mares augmentent la diversité végétale des tourbières naturelles. Par contre, les communautés associées aux mares ne colonisent pas les mares restaurées même après sept ans si elles ne sont pas introduites activement.

Les résultats préliminaires concernant la réintroduction des communautés de bord de mare montrent que certaines espèces poussent mieux que d'autres. *Sphagnum papillosum* semble être une sphaigne propice à la réintroduction lors de la restauration de mares, puisqu'elle couvrait 30 % des parcelles expérimentales après seulement une saison de croissance. *S. cuspidatum* avait un couvert moyen de 19 % et *S. fallax* de 12 %. Les données sont en cours d'analyse mais il semble que *Cladopodiella fluitans* s'établisse mieux lorsqu'elle est protégée par de la paille. La survie des arbres et des arbustes transplantés sera évaluée cet automne mais les résultats semblent prometteurs.

#### CONCLUSION :

Les plantes typiques de bord de mares, qui augmentent la diversité végétale des tourbières naturelles, ne colonisent pas les mares restaurées sans intervention humaine. Nous devons donc introduire ce type de végétation activement sur le bord des mares restaurées. L'approche canadienne de restauration des tourbières (réintroduction par fragment, protection avec paillis) semble prometteuse pour restaurer les bords de mares si elle est adaptée à ce type de milieu et à la végétation associée aux mares. L'introduction de transplants d'arbres et d'arbustes pourrait être une technique complémentaire pour recoloniser les bords de mares.

#### PUBLICATIONS :

Fontaine, N., M. Poulin & L. Rochefort. Article en préparation. Vegetation diversity of natural and restored peatland pools. Date prévue de soumission : décembre 2006.

Fontaine, N., M. Poulin & L. Rochefort. Article en préparation. Experimental trials for restoring plant communities associated with peatland pools. Date prévue de soumission : décembre 2007.

Fontaine, N. En préparation. La diversité végétale et la restauration des mares de tourbière. Mémoire (M. Sc. biologie végétale), Département de phytologie, Université Laval, Québec. Dépôt prévu : décembre 2007.

## **11. Natural colonization of abandoned sedge-peat sites / Colonisation naturelle des tourbières abandonnées avec tourbe de type minérotrophe**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

**Martha Graf**  
Line Rochefort

Ph.D. Student, Université Laval  
Director, professeure titulaire, Université Laval

### STUDY SITES:

Québec: Chemin-du-Lac, Saint-Bonaventure, Saint-Fabien, Saint-Henri, Saint-Charles de Bellechasse and Saint-Modeste; New Brunswick: Kent, Inkerman and Rexton; Manitoba: Giroux; Alberta: Northstar Peat, Sungro and Kreminiuk's peatland; Minnesota, USA: Power-O-Peat, Michigan Peat, Peat Inc. and Hawke's Peat.

INDUSTRIAL PARTNERS: Joint project with all partners

OTHER COLLABORATORS: Dr. Tom Malterer and Kurt Johnson (Natural Resources Institute, Duluth, Minnesota)

PLANNED TIMETABLE: September 2004 - August 2006

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.1 et 1.3.4 (see Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

In order to assess the urgency of restoration, the no-action alternative must be explored. This can be accomplished by examining the abandoned sites where no restoration has been carried out. We studied the natural succession of 28 peatlands that had been harvested to the minerotrophic layer and where no active restoration measures had been carried out. Furthermore, the most important ecosystem functions, in this case the accumulation of peat, should be evaluated for the naturally re-colonized sites. In order to do this we compared the ability of natural fen species and the species that spontaneously colonize fen sites to accumulate peat. The goal of this research is to characterize the natural succession and the peat-accumulating function of abandoned, mined, sedge-peat sites.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) *To characterize abandoned fen sites for their abiotic factors and the plant communities which spontaneously colonize them.*

A description of abiotic and biotic factors of abandoned sites was formed by surveying the minerotrophic abandoned sites of Canada and in the state of Minnesota, USA. A comparison of abandoned sites at different stages in their natural succession indicates whether and to what degree the fen plants return to the sites.

- 2) *To study the peat-forming characteristic of the frequent colonizer of abandoned fen sites.*

The ability of the spontaneous colonizers of minerotrophic sites to produce peat will be examined. The decomposition rates of several colonizing plants are compared with typical fen plants under the hydrological conditions of a restoration site and a natural fen site. This information is used to quantify the importance of species and hydrology on peat accumulation and to understand to what extent the colonizing plants are capable of producing peat.

## METHODOLOGY:

A detailed survey for the abandoned fen sites was carried out. These sites were characterized by their climate (precipitation), the amount of time since abandonment, the depth of peat, pH, mineral composition, bulk density, soil moisture, water table depth and species composition.

Surveys were carried out during summers 2004 and 2005. Decomposition bags were installed in September 2004 in the abandoned peatland of Chemin-du-Lac and a natural peatland about 15 km to the South.

## RESULTS AND CONCLUSIONS:

The findings of this study show that: i) for the most part, species typical of fens do not spontaneously return to the abandoned, vacuum-harvested peatlands with minerotrophic residual peat. However, typical wetland species such as *Scirpus cyperinus* do spontaneously recolonize these sites. ii) A high water table and a thin residual peat layer are the environmental factors which are most conducive to the return of wetland species. iii) *Carex* and/or *Sphagnum* species were shown to be recalcitrant species. They should be emphasized when species are reintroduced because these species dominate natural fens, yet are mainly absent on harvested peatlands with residual minerotrophic peat.

## PUBLICATIONS:

Graf, M, L. Rochefort & M. Poulin. Submitted paper. The spontaneous regeneration of abandoned fens of Canada and Minnesota, USA. Submitted to Wetlands.

Graf, M. In preparation. The Fen Restoration of Harvested Peatlands of Canada. Ph.D. thesis. Dép. phytologie, Université Laval, Québec, Canada. Expected deposit in March 2007.

## **12. Reintroduction techniques for the fen restoration of mined peatlands in Eastern Canada / Techniques de réintroduction pour la restauration de fens**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

**Martha Graf**  
Line Rochefort

Ph.D. Student, Université Laval  
Director, professeure titulaire, Université Laval

STUDY SITES: Chemin-du-Lac and Saint-Modeste (QC)

INDUSTRIAL PARTNERS: Premier Horticulture and Tourbières Berger

PLANNED TIMETABLE: May 2004 - May 2007

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.1 (See Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

In North America, very little research has been carried out on the restoration of fens. Increasingly, peat industries are faced with the task of restoring abandoned sites where the environmental conditions closely resemble those of a fen; however, these restoration techniques have yet to be explored. The goal of this research is to look at restoration techniques for fen plant communities on vacuum-mined peatlands in Quebec.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

To test two vegetation reintroduction techniques, the top-spit method developed for bog restoration and the hay transfer method developed for fen restoration in Europe.

### METHODOLOGY:

Vegetation reintroduction techniques were tested on the Chemin-du-Lac and Berger sites. Eight treatments were tested to reintroduce species abundant in natural fens but which do not spontaneously colonize the abandoned peatlands. The goal is vegetation dominated by *Carex* and fen bryophytes. The first treatment was top-spit reintroduction technique carried out in early spring of 2004. Two hay-transfer methods were tested: one with a donor: recipient ratio of 1:1, and a second with a 1:10 ratio. The 1:1 ratio is the optimal ratio used in Europe and the 1:10 ratio is the ratio used for the top-spit reintroduction method. Two top-spit treatments were installed in mid-summer, at the same time as the hay-transfer introduction, to isolate the effect of the timing. One top spit introduction included a phosphate fertilizer and a second was without a phosphate fertilizer. Three control treatments were installed. The first control was a straw and fertilizer treatment with no vegetation reintroduction, the second control was a straw treatment with no fertilizer and no reintroduction and the last control was no fertilizer, no straw and no plant reintroduction.

The plants were collected from natural fens.

Throughout the summer the water level and soil-water tension were measured weekly. Plant establishment was monitored in September 2005 and 2006.

#### RESULTS AND CONCLUSIONS:

The vegetation reintroduction experiment show preliminary success; in some areas, the *Sphagnum* percentage reached 95%. However, the *Sphagnum* cover varies greatly depending on the hydrology of the site. Although the percentage covers vary, *Sphagnum* has succeeded in regenerating on all the plots where it was reintroduced. There was also a higher diversity of fen vascular plants on these plots.

The top-spit method has proven effective for reintroducing fen bryophytes and vascular plants. The hay-transfer method has shown less success, as no *Sphagnum* have regenerated on these plots and although some *Carex* did succeed in establishing themselves, the percentage cover and species richness was lower than on the plots where the top-spit method was used.

#### PUBLICATIONS:

The results of this study will be published in an article and will be included in the doctoral thesis of Martha Graf. The first draft of this thesis will be completed in March 2007.

### 13. *Regeneration niche of fen vegetation / La niche de régénération de la végétation des fens*

---

#### INVOLVED RESEARCHERS:

**Martha Graf**  
Line Rochefort

Ph.D. Student, Université Laval  
Director, professeure titulaire, Université Laval

STUDY SITE: Chemin-du-Lac (QC)

INDUSTRIAL PARTNERS: Premier Horticulture

PLANNED TIMETABLE: May 2004 - December 2006

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.1 (See appendix 1)

#### PROBLEMATIC:

The goal of this experiment was to examine the regeneration niche of fen plants and the possible use of nurse plants for fen restoration. We have found that abandoned peatlands with residual fen peat are quickly spontaneously re-colonized (cf. [project 11](#)). We wanted to find out whether the plants that re-colonize the peatlands will help or hinder the establishment of introduced fen plants. In other words, should restoration occur directly after abandonment or should we wait for the spontaneous vegetation to establish before active restoration measures are carried out?

#### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To test the regeneration niche of nine fen bryophytes through a greenhouse experiment.
- 2) To investigate the use of nursing plants to facilitate the establishment of fen species and to find general characteristics for fen nursing plants.

#### METHODOLOGY:

The goal of the greenhouse experiment was to find out under which conditions typical fen bryophytes are capable of regeneration. An experiment was set up under controlled conditions to test the regeneration success of 9 fen bryophytes under different water levels and with and without the effect of shade.

In order to test the same species in the field an experiment was set up using the same fen bryophytes. We aimed to evaluate the ability of some common pioneer plants of sedge-peat sites to facilitate the establishment of the reintroduced fen plants. According to a survey of abandoned minerotrophic sites near the restoration site, three frequent pioneer plants found on minerotrophic sites are: (a) *Scirpus cyperinus*, (b) *Equisetum arvense* and (c) *Polytrichum strictum*. These plants represent three distinct vegetation structures which allow us to test the effect of vegetation structure on the facilitation of fen species. *Scirpus cyperinus* exhibits a large tussock-forming structure, *Equisetum arvense* is an example of a middle-sized structure and *Polytrichum strictum* is a moss species. Monoculture plots of *Scirpus cyperinus* and *Equisetum arvense* were created through transplanting (June 2004) because these species are relatively abundant on the restoration site. A carpet of *Polytrichum strictum* was established by introducing moss fragments collected from a natural peatland in the local area (June 2004). The seeds of five *Carex* species as well as 8 fen bryophytes were introduced to each of the treatment plots (a, b, and c as described above as well as a control plot and a plot with straw cover) in fall 2004 or spring 2005.

Plant inventories were carried out in September 2005 and October 2006.

## RESULTS AND CONCLUSIONS:

The greenhouse experiment showed that a relatively high water table, but not flooded conditions were the most conducive to bryophyte regeneration. Also, 8 of the 9 fen species did better under shaded conditions. The species *Pleurozium schreberi* and *Warnstorfia exannulata* were extremely sensitive and only grew in shaded conditions. The three *Sphagnum* species showed to be the most robust with the highest overall percentage covers and the highest for harshest treatments (dry, not-shaded treatments). *Polytrichum strictum* was the only species that grew as well in the light conditions as in the shaded conditions, as was expected because this is pioneer species. This was also the only moss that preferred drier conditions.

From the data gathered in 2005 and 2006 it appears that the fen mosses benefit from the nurse plants, as they show a higher percentage cover under the shade of the large *Scirpus* tussocks. This affirms the results from the greenhouse experiment, showing that the shaded treatments had higher percentage covers. However, the *Carex* species showed the lowest percentage cover on the *Scirpus* plots. To encourage a cover of *Carex* and fen bryophytes, it appears that the best course of action would be to reintroduce the *Carex* species directly after abandonment and the fen bryophytes after the vascular plants have established.

## PUBLICATIONS:

The results of this study will be published in an article and will be included as a chapter in the doctoral thesis of Martha Graf. The first draft of this thesis will be completed in March 2007.

## **14. Classification des communautés forestières présentes dans les bordures de tourbière / *Peatland marginal forest community classification***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Louis Fortin** Étudiant 3<sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval  
**Line Rochefort** Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDES : Tourbières naturelles au Nouveau-Brunswick

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projets communs à tous les partenaires

AUTRES COLLABORATEURS : Institut de recherche sur les zones côtières, Shippagan, (NB)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Août 2005 – mars 2008

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.2.1 ET 1.3.4 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Le but de la restauration des tourbières est de recréer les conditions et un point de départ pour la succession végétale permettant d'atteindre une végétation typique de tourbières ombrotrophes. Les espèces typiques des tourbières naturelles se retrouvent regroupées dans plusieurs habitats formant des communautés végétales diverses. Jusqu'à maintenant, les recherches se sont concentrées sur la restauration des habitats ouverts caractéristiques du centre des tourbières bombées. Étant donné que la plupart des tourbières naturelles sont caractérisées par une zone de transition entre le paysage environnant, très souvent la forêt, et la tourbière elle-même, il est donc intéressant de développer une approche pour recréer cet habitat de transition dans les tourbières résiduelles.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Définir les plus fréquentes communautés végétales de bordures de tourbière;
- 2) Déterminer les caractéristiques physicochimiques associées à ces communautés végétales.

### MÉTHODOLOGIE :

Un inventaire détaillé sera réalisé afin de comprendre et de décrire les différentes communautés végétales de bordure de tourbière. Cet inventaire permettra d'identifier les espèces clés de chaque communauté et d'y associer des facteurs environnementaux expliquant leur présence. Afin de réaliser cet inventaire, des parcelles d'échantillonnage (24 m<sup>2</sup>) seront localisées dans les bordures forestières de toutes tourbières ayant un chemin d'accès.

Pour chaque parcelle d'échantillonnage, la composition et la structure des communautés végétales seront notées, et des paramètres physicochimiques (pH, éléments nutritifs disponibles, degré de décomposition, etc.) seront évalués.

- Mai et juin 2006 : Collecte d'information (terrain et informatique) pour créer une base de données informatique (Système d'Information Géographique);
- 24 juillet au 4 août 2006 : Validation de la méthode d'inventaire à l'aide de l'équipe de terrain du GRET;
- Automne 2006 : Mise au point de la méthode d'inventaire sur le terrain;

- Juillet et août 2007 : Inventaire des bordures de tourbières naturelles;
- Automne 2007 : Analyses des résultats à l'aide de statistiques multivariées permettant de classer les parcelles en groupes similaires.

#### RÉSULTATS ATTENDUS ET CONCLUSION:

Au terme de ce projet, nous pensons qu'il sera possible de sélectionner des communautés végétales adaptées aux conditions environnementales trouvées dans les bordures des tourbières résiduelles.

Le développement de la restauration d'habitats diversifiés est très important puisqu'il permet d'accroître la biodiversité d'un site. De plus, les secteurs abandonnés de bordure de tourbières résiduelles sont parfois très près du sol minéral, influençant donc directement la chimie et les conditions de restauration. La restauration des habitats de bordure de tourbières est une solution très intéressante pour ces secteurs qui autrement seraient très difficiles à restaurer avec les connaissances actuelles.

#### PUBLICATIONS:

Les résultats de ce projet constitueront le premier chapitre de la thèse de doctorat de Louis Fortin.

## **15. Restauration de communautés forestières présentes dans les bordures de tourbière / *Peatland marginal forest community restoration***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Louis Fortin** Étudiant 3<sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval  
**Line Rochefort** Directrice, Professeure titulaire, Université Laval

### SITES D'ÉTUDES :

Tourbières en production au Nouveau-Brunswick : Pointe-Sapin (#324E), Kent (#41), Inkerman Ferry (#529), Inkerman (#532), Saint-Raphaël (#576), Portage (#578 et #580), Miramichi (#3), Coteau Road (#568) et Baie Sainte-Anne (#337)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : ASB Greenworld, Compagnie de Tourbe Fafard, Mousse Acadienne et Sungro Horticulture

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Octobre 2005 – septembre 2008

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.2.1 ET 2.2 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Peu de recherches abordent la restauration de la zone de transition entre la tourbière et la forêt. Ces zones de transition présentent des conditions physicochimiques (liées à la proximité du sol minéral) et hydrologiques particulières ainsi qu'une diversité d'espèces végétales plus forestières. Étant donné qu'un des buts de la restauration est de rétablir une végétation typique de tourbières ombrotrophes et que plusieurs secteurs abandonnés se trouvent en bordure de tourbières, il est proposé de développer des techniques pour restaurer cet habitat de transition.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Déterminer si les espèces de bryophytes trouvées dans la zone de transition tourbière-forêt peuvent être introduites et s'établir dans les sites abandonnés;
- 2) Définir des méthodes de réintroduction et déterminer la capacité de régénération de différentes espèces trouvées dans la zone de transition tourbière-forêt;
- 3) Vérifier si les arbres peuvent agir comme plantes compagnes et favoriser l'établissement des bryophytes.

### MÉTHODOLOGIE :

#### *Expérience # 1 – Régénération en serre d'espèces végétales de transition tourbière-forêt :*

Certaines bryophytes présentes sous un couvert forestier sont adaptées à une croissance à l'ombre. Le but de cette expérience est de vérifier si la présence d'ombrage est déterminante pour l'établissement de ces espèces. De plus, les zones d'emprunt forestières où sont récoltées ces bryophytes sont très denses en plantes vasculaires, donc en récoltant le matériel végétal pour la réintroduction, on y récolte aussi une banque de graines variée. Un second objectif est de vérifier si les plantes vasculaires s'établissent en même temps que les bryophytes.

Deux types de matériel végétal ont été récoltés dans deux communautés végétales de bordures forestières de tourbière. La première communauté est dominée par les sphaignes (ex. *Sphagnum magellanicum*)

tandis que la deuxième est dominée par les mousses brunes (ex. *Pleurozium schreberi* et *Dicranum* ssp.). Le matériel végétal a été récolté sur une profondeur de 15 à 20 cm.

L'expérience s'est déroulée en serre (Université Laval). Les deux types de matériel ont été réintroduits sur de la tourbe, dans des bacs en plastique de 25 cm x 50 cm. Deux degrés d'ombrage ont été testés : ombrière à 68 % d'obstruction et sans ombrière.

- 19 janvier 2006 : Mise en place du dispositif dans la serre de l'université Laval;
- 21 mars, 5 et 20 avril 2006 : Mesure des pourcentage de recouvrement des bryophytes et décompte des vasculaires;
- Hiver 2007 : Analyse des données et rédaction.

#### *Expérience # 2 – Restauration d'un habitat forestier typique des bordures de tourbières :*

Une expérience a été mise en place à la tourbière de Coteau Road (Mousse acadienne) afin d'explorer l'adaptabilité de la méthode canadienne de restauration des tourbières dans le cas d'habitats forestiers typiques des bordures de tourbières, en combinant réintroduction de mousses forestières et plantation d'arbres. Quatre traitements ont été testés : 1) arbres, 2) bryophytes, 3) bryophytes + arbres et 4) bryophytes + arbres + fertilisation.

Pour les traitements incluant des arbres, des plants d'épinette noire de fortes dimensions (350 cc) ont été plantés à une densité de 1 m x 1 m et fertilisés (26,66 g/plant de 10-24-21). Pour les bryophytes, un ratio de 1 : 10 a été utilisé pour la réintroduction des propagules (communauté dominée par *Pleurozium schreberi*, *Dicranum* ssp. et *Sphagnum magellanicum*) et le tout a été protégé par un paillis de paille. Pour le traitement avec fertilisation, 15 g/m<sup>2</sup> de roche phosphatée a été appliqué à la volée.

- Automne 2005 : Mise en place des parcelles avec les bryophytes et la paille;
- 5 au 8 juin 2006 : Plantation et fertilisation d'épinettes noires;
- 20 juin 2006 : Fertilisation des bryophytes à la roche phosphatée (pour le traitement 4);
- 18 septembre 2006 : Mise en place de puits hydrologiques pour mesurer la nappe d'eau;
- Automne 2006 et 2007 : Mesure du succès d'établissement (% de recouvrement par espèce), de la survie et de la croissance des arbres;
- Été 2007 : Suivi de la nappe d'eau durant la prochaine saison de croissance.

#### *Expérience #3 – Établissement des bryophytes en fonction de la variabilité physicochimique des sites à restaurer*

Pour restaurer des bordures de tourbières, il est important de mieux comprendre la régénération des mousses forestières et leur tolérance à la variabilité du milieu dans lequel elles doivent s'établir. Les bordures de tourbières abandonnées comportent des caractéristiques variées dont : une exposition du sol minéral d'origines différentes, divers types de tourbe (degrés de décomposition, origines végétales), des capacités de remouillage différentes, etc.

Pour évaluer la capacité de régénération des bryophytes sous ces différentes conditions, une expérience a été mise en place sur 28 sites. Chaque site choisi a été nivelé afin de rafraîchir la surface, où des parcelles expérimentales (2 m x 2 m) ont été délimitées. Un mélange de bryophytes composé de *Pleurozium schreberi*, *Dicranum* spp., *Ptilidium ciliare* et *Sphagnum angustifolium* a été introduit à un ratio de 1 : 10, et le tout a été recouvert de paille. Des mélèzes ont été plantés à une densité de 1 m x 1 m et les parcelles ont été fertilisées avec 15 g/m<sup>2</sup> de roche phosphatée.

- Mai et juin 2006 : Échantillonnage et sélection de sites abandonnés au Nouveau-Brunswick;
- 5 au 7 juillet 2006 : Récolte du matériel végétal dans un site d'emprunt;
- 10 au 21 juillet 2006 : Mise en place des parcelles expérimentales (introduction du matériel végétal, ajout de paille);
- Automne 2006 : Installation de puits hydrologiques pour mesurer la nappe d'eau;
- Été 2007 : Suivi de la nappe d'eau durant la prochaine saison de croissance;
- Été 2007 : Récolte de données physicochimiques pour caractériser chaque site;
- Automne 2007 : Mesure du succès d'établissement (% de recouvrement par espèce), de la survie et de la croissance des arbres.

#### RÉSULTATS ATTENDUS ET CONCLUSION:

Étant donné que la restauration de tourbières ombrotrophes par l'approche usuelle n'est parfois pas réalisable dans les sites avec peu de tourbe et une présence de sol minéral, cette recherche vient combler le manque de connaissance pour un autre type particulier d'habitat. Le développement de techniques pour restaurer des habitats de bordure forestière permettra de diversifier nos approches de restauration et d'augmenter la diversité des habitats restaurés.

#### PUBLICATIONS:

Les résultats de ce projet feront partie de la thèse de doctorat de Louis Fortin.

## **16. Wet meadow creation: a reclamation option for Alberta's peatlands? / Restauration de prairie humide : une option de réaménagement pour les tourbières de l'Alberta?**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

<b>Dave Critchley</b>	M.Sc. Student, University of Alberta
Lee Foote	Director, Professor, University of Alberta
Line Rochefort	Co-director, Professor, Université Laval

STUDY SITES: Evansburg North Bog

INDUSTRIAL PARTNERS: Sun Gro Horticulture

PLANNED TIMETABLE: May 2006 - December 2008

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.1 ET 1.2.2 (See Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

Western Canadian peat harvesting occurs in a more unique ecological, social and economic climate than other established Canadian operations, and therefore research is needed to establish baseline information and sound remediation practices. Alberta's reclamation requirements are ambiguous and insight into potentially reliable alternatives for post harvest management is limited. Consequently, industrial and regulatory stakeholders do not know what options are available for inexpensive, reliable and site specific treatments upon completion of extractive phases. This project will enhance the understanding of equivalent land use and provide numerous tools for local peat harvesting operations to successfully meet government signoff status.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To determine the establishment success of local wet meadow donor material on abandoned peat harvesting sites.
- 2) To determine the magnitude and direction of change in wet meadow plant production with standard-farm grade fertilizer application.
- 3) To determine which transfer technique of donor material (meri crush, hay transfer, hand transfer) is best suited for ground cover establishment in Alberta.

### METHODOLOGY:

The experiment is divided into nine experimental treatments: three amendment categories (fertilized only, planted and fertilized, and planted only) are represented within each of three different hydrological categories (wet, mesic and xeric). The different hydrological regimes have been met by selecting different locations within the Evansburg North Bog.

Site selection and preparation began in May 2006. Substrate preparation began by means of a D410 Bulldozer which scraped the dome from the field and established berm piles. This created six cells (30 m x 30 m) within each treatment area. Upon completion of the surface scraping, berms were packed and supported with excess peat substrate.

The donor site selection was based on the presence of suitable wet meadow species and proximity to the treatment area. The donor site was meri crushed (rototilled) to homogenize above and below ground biomass and facilitate transfer. Single pass meri crushing was done to reduce the sectioning of the planting materials and promote survival and viability of transfer stock. The expressed seed bank of the

donor site includes 41 different species, with a predominance of *Carex aquatilis* and *Carex rostrata*. As the meri crusher and associated tractor are extremely heavy, work was conducted prior to spring thaw. Approximately 15 cm of the superficial homogenized donor material was then transported to the experimental site.

With the use of some side trials on the site, we have observed the need for mulch. Consequently, all treatment sites received a mulch cover consisting of barley straw. Treatments were selected within each field randomly and planting stock was spread on the surface at a constant thickness. The planting stock was covered with mulch within one hour of spreading to reduce the impacts of desiccation. The original spreading process involved a hydraulic hay spreader and minimal raking for a uniform thickness.

Upon completion of the planting stock transfer and mulch cover, fertilization treatments occurred. A standard farm grade 20-10-10-10 (NPKS) slow release pellet fertilizer was applied to the appropriate treatment sites. Fertilization was conducted with a manual walk behind spreader to manage micro-scale coverage and control coverage rate.

Environmental monitoring occurred after experimental site establishment. Rain gauges, 144 water wells and 8 dataloggers were placed in each treatment area to monitor precipitation, distance to water table and substrate temperature respectively. This is compared with two natural sites outside of the disturbed zone.

Vegetation surveys conducted in each treatment area occurred during the month of August and September 2006. The surveys involved species composition and cover percentages within a 1 m<sup>2</sup> quadrat. Sixteen quadrats were sampled in each treatment cell for vascular and nonvascular vegetation.

#### PRELIMINARY RESULTS:

*Hordeum vulgare* (Domestic Barley) is dominating where mulch was applied, and *Bidens cernua* (Nodding Beggar-Ticks) is dominating from the planted treatment. This is vastly different from the *Carex* dominated community observed at the natural donor site. It is suspected this has occurred because the *Bidens* may have experienced optimal conditions for establishment (moisture and light availability). Given time, the *Carex* may become the dominant community member; the main concern at this stage in reclamation is the establishment of a plant cover.

The presence of a higher water table (wet site) appears to provide a suitable starting point that facilitates rapid establishment of wet meadow species. In combination with a standard fertilizer mix, the optimal growth is displayed on the wet, planted, and fertilized treatment.

#### CONCLUSIONS:

There are several key messages derived from this ongoing project in Alberta's peatland reclamation and that will be further studied: Berming is not required for moisture management but for surface preparation and removal of oxidized crusts. Drainage ditches must be blocked to maintain suitable depths to water table. Fertilization and planting will provide rapid cover and establishment of wet meadow vascular species. Barley mulch may facilitate an increase in surface relative humidity and snow capture in the winter months. Vascular plants may be a precursor to non-vascular plant establishment.

#### PUBLICATION:

Critchley, D. M.Sc. Thesis. Deposit planned for December 2008.

## **17. Hydrological restoration of a block-cut peatland: Cacouna Bog / Restauration hydrologique d'une tourbière anciennement exploitée par coupe par blocs**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

<b>Jonathan S. Price</b>	Professor, University of Waterloo
Pete Whittington	Research assistant, University of Waterloo
Mike Christie	Undergraduate student, University of Waterloo
Nathalie Brunet	Undergraduate student, University of Waterloo
Janine Gilbert	Undergraduate student, University of Waterloo
Antonio DiFebo	Undergraduate student, University of Waterloo

STUDY SITE: Cacouna Bog (QC)

INDUSTRIAL PARTNERS: Premier Horticulture

### OTHER COLLABORATORS:

Mike Waddington (Professor, McMaster University), Dan Thompson (graduate student of McMaster University)

### PLANNED TIMETABLE:

2005 May-August: Field monitoring before rewetting  
2006 March-August: Field monitoring before rewetting  
2006 October: Ditches blocked, forest clearance, monitoring continues  
2007 March-August: Field monitoring

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.4 (See Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

Cacouna bog was mined from about 1942 to 1968, using the manual block-cut method. After abandonment most bog plant species returned, but *Sphagnum* mosses cover less than 10% of the site. Previous research at this site (Price & Whitehead 2001; 2004; Van Seters & Price 2001, 2002)<sup>3</sup> identified the hydrological characteristics of areas suitable or unsuitable for *Sphagnum*. Essentially the problem is too little water over most of the bog surface.

This research will monitor the rewetting, followed up by vegetation (L. Rochefort team, [cf. project 18](#)) and carbon fluxes surveys (M. Waddington team, [cf. projects 19 and 20](#)), to determine if spontaneous regeneration will occur over large areas. The general objective of the project is to restore hydrological and ecological function of Cacouna bog.

---

<sup>3</sup> Price, J. S. & G. Whitehead. 2001. Developing hydrological thresholds for *Sphagnum* recolonization on an abandoned cutover bog. *Wetlands* 21: 32-42.

Price J. S. & G. S. Whitehead. 2004. The influence of past and present hydrological conditions on *Sphagnum* recolonization and succession in a block-cut bog, Québec. *Hydrological Processes* 18: 315-328.

Van Seters, T. & J. S. Price. 2001. The impact of peat harvesting and natural regeneration on the water balance of an abandoned bog, Quebec. *Hydrological Processes* 15: 233-248.

Van Seters, T. & J. S. Price. 2002. Towards a conceptual model of hydrological change on an abandoned cutover bog, Quebec. *Hydrological Processes* 16: 1965-1981.

#### OBJECTIVES:

- 1) Hydrological survey of bog;
- 2) To evaluate change in substrate hydrology that are translated to *Sphagnum* mosses and determine moisture stress levels in *Sphagnum* cushions;
- 3) To reduce runoff from the bog to encourage conditions favourable to *Sphagnum* recolonization.

#### METHODOLOGY:

- Expanding and automating the monitoring network originally established by T. Van Seters and G. Whitehead. Establishing hydrological monitoring within collars installed by Waddington and Thompson (2005).
- Establishing survey benchmarks against which peat elevation changes can be judged.
- Setup monitoring stations in forested section due to be cut in October 2006.
- Determining detailed water table and hydraulic conductivity patterns over the peatland.

#### PRELIMINARY RESULTS:

We have established the seasonal (2005 and 2006) regime of soil moisture in moss cushions, and the associated water pressures of the substrate. These will be used by Waddington and Thompson to relate hydrological conditions to carbon dynamics.

#### CONCLUSION:

Mosses may not be reliant on receiving moisture from the substrate during dry periods, although their presence may be more related to being able to withhold moisture from downwards transport, relying on internal storage mechanisms.

#### PUBLICATION:

J.S. Price and M. Christie. In preparation.

## **18. Restauration d'une tourbière anciennement récoltée par blocs : le remouillage permet-il le retour des sphaignes? / Restoration of block-cut peatlands: does rewetting allow *Sphagnum* mosses to grow back?**

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Stéphanie Boudreau**  
Line Rochefort

Professionnelle de recherche, Université Laval  
Professeur titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Cacouna (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture

AUTRES COLLABORATEURS : Équipes de Jonathan Price et Mike Waddington (Universités de Waterloo et McMaster; cf. [projets 17, 19 et 20](#)); Monique Poulin (Université Laval)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2005 – décembre 2008

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.2.4 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Bien que les tourbières récoltées par blocs se recolonisent plus facilement une fois abandonnées que celles récoltées par aspirateurs, les sphaignes demeurent le plus souvent absentes. L'hydrologie serait le principal facteur responsable de cette lacune car ces tourbières possèdent souvent un système de drainage toujours actif. Puisque les sphaignes sont essentielles pour restaurer un écosystème accumulateur de tourbe, le remouillage de ces tourbières est envisagé comme une méthode simple pour favoriser le retour des fonctions de l'écosystème.

La tourbière de Cacouna a été sélectionnée pour étudier l'effet d'un remouillage à grande échelle sur le retour des fonctions de l'écosystème. Cette tourbière est idéale étant donné la quantité considérable d'informations que nous avons acquise aux cours de projets précédents.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES:

Caractériser les changements de la végétation à la suite du remouillage d'une tourbière anciennement récoltée par blocs.

### MÉTHODOLOGIE :

Des inventaires de végétation ont été effectués en juillet 2005 et 2006 afin de caractériser la végétation avant le remouillage. Les données ont été prises dans neuf tranchées réparties dans différents secteurs de la tourbière. La méthode par points a été utilisée, et la présence des espèces a été notée sur une grille systématique de 200 à 450 points (1 point à tous les 2 mètres sur 5 lignes équidistantes). Les mêmes inventaires seront repris après le remouillage, soit en juillet 2007 et 2008.

### RÉSULTATS ATTENDUS:

Nous nous attendons à des changements drastiques de la structure végétale et la composition en espèces à la suite du remouillage de la tourbière. Par exemple, le nombre d'arbres devrait décroître tandis que les sphaignes devraient coloniser rapidement le site.

### CONCLUSION :

Le simple remouillage des tourbières anciennement récoltées par blocs pourrait permettre la restauration de l'écosystème et le retour de fonctions comme l'accumulation de la tourbe.

## **19. Moisture limits to *Sphagnum* productivity in restored peatlands / Contraintes hydriques à la productivité des sphaignes dans les tourbières restaurées**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

Maria Luchesse	M.Sc. Student, McMaster University
Dan Thompson	M.Sc. Student, McMaster University
<b>J.M. Waddington</b>	Supervisor, Professor, McMaster University

STUDY SITES: Bois-des-Bel peatland, Cacouna peatland

INDUSTRIAL PARTNERS: Joint project with all partners

OTHER COLLABORATORS: Jonathan Price (University of Waterloo)  
Monique Poulin and Line Rochefort (Université Laval)

PLANNED TIMETABLE: May 2005 – September 2008

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.1.4 and 1.2.4 (see Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

Water table depth in peatlands is about the easiest hydrological measure to make. No surprise, then, that it is the variable most commonly used to carbon fluxes and plant succession. However, research by Dr. J.S. Price has shown that this is fundamentally wrong or misleading in most cases because the moisture regime of a peatland is not the same as the water table position.

Recent research in our group has demonstrated that dramatic changes in moisture regime accompany a drop in water table position and to better understand the management of peatlands and carbon exchange, a thorough understanding of moisture transport and storage in *Sphagnum* mosses and its affect on *Sphagnum* productivity is required.

*Sphagnum* mosses have developed passive controls on water storage whereby hyaline cells retain moisture for physiological processes, along with capillary water in the interstitial spaces between stems and pendant branches of individuals. Hayward & Clymo (1982)<sup>4</sup> estimated that drainage of water in hyaline cells occurs between -100 and -300 mb, and Boelter (1968)<sup>4</sup> showed that interstitial water drained at < -10 mb. *Sphagna* have no vascular structures to transfer water in response to surface evaporation losses, but generally it is believed that water transport occurs along their stems in rill-like systems (Hayward & Clymo, 1982). However, because researchers have observed desiccation (*e.g.*, Ingram 1983)<sup>4</sup>, there may be a moisture threshold that once met causes moss dewatering and cessation of *Sphagnum* growth. Given the differences in structure among *Sphagnum* species it would follow that this threshold is different for different species.

Determination of these potential species specific thresholds will be valuable for peatland restoration and management and leads to the specific objectives of this research:

---

<sup>4</sup> Hayward, P. M. & R. S. Clymo. 1982. Profiles of water content and pore size in *Sphagnum* and peat, and their relation to peat bog ecology. Proc. R. Soc. Lond. B 215: 299-325.  
Boelter, D. 1968. Important Physical Properties of Peat Materials. In Proceedings of the Third International Peat Congress, Quebec, Canada, 1968, P 150-154.  
Ingram, H. A. P. 1983. Hydrology. Pp. 67-158 in Gore, A.J.P. (ed.), Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor. Elsevier Scientific, New York.

#### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) Determine the soil tension and moisture limits to *Sphagnum* productivity (gross photosynthesis) between species and whether there are differences between natural and restored peatlands (Cacouna, BDB);
- 2) Determine the effect of peatland re-wetting on *Sphagnum* productivity by measuring CO<sub>2</sub> exchange (Cacouna);
- 3) Determine the rate of acrotelm development 8 years post restoration (BDB).

#### METHODOLOGY:

**Objective #1** will be examined by removing *Sphagnum* from a natural peatland and also from the Cacouna and Bois-des-Bel peatlands. Triplicate 4 cm x 8 cm diameter surface peat cores for each *Sphagnum* species type and from each site will be placed in a pressure plate apparatus in a saturated condition and a moisture-tension relationship will be developed. After each -20 mb drop in tension the gross photosynthesis will be measured by transferring the peat samples into a growth chamber at constant temperature, light and humidity. It is expected that the threshold moisture level will be evident by a dramatic drop in photosynthesis. The effect of re-wetting will also be examined using the same procedure. Trial lab experiments started at McMaster University in summer 2006. Peat samples for analysis were collected in late October, 2006.

**Objective #2** will be examined by measuring CO<sub>2</sub> exchange at three permanent plots within a trench at the Cacouna peatland. Unlike previous studies where determining the overall ecosystem flux of CO<sub>2</sub> was the goal, here we take the approach of getting high resolution temporal data in CO<sub>2</sub> exchange and relate it to detailed hydrological measurements (see [project 17](#)). The temporal variability in CO<sub>2</sub> fluxes will be assessed by conducting two diurnal flux runs at each plot several times a week during the growing season. Air temperature, peat temperature and volumetric moisture content (VMC) will be recorded at each collar during sampling. The dynamic chamber method will be adopted which uses a 60 cm x 60 cm permanent collar and a chamber that is connected to a cooling device to limit variability in environmental conditions in the chamber. Measurements have been collected for the summers of 2005 (dry summer) and 2006 (wet summer) and will be compared to results in 2007 (post re-wetting). Some preliminary results are shown below.

**Objective #3** will be examined by measuring the thickness of the acrotelm at several hundred locations in the Bois-des-Bel peatland. Together with bulk density data it will be possible to determine relationships between acrotelm thickness and productivity and density of *Sphagnum*. Paleoecological data suggest that maximum productivity occurs at a specific acrotelm thickness and similar relations develop at Bois-des-Bel it suggests that the site is well on its way to becoming a truly functioning natural system. Together with Monique Poulin and Line Rochefort a GIS analysis of the development of the acrotelm will allow us to determine if the *Sphagnum* did in fact grow in areas predicted by our early hydrological investigation. Together with information from objective #1 we will create a model to investigate various growth responses to varying management approaches / rewetting scenarios.

#### PRELIMINARY RESULTS:

**Objective #2:** Three sites along a trench at the Cacouna site were monitored the last two summers. Of the three *Sphagnum* hummocks monitored in 2005-2006, a consistent trend of decreasing productivity in the lower, wetter hummocks was observed. For the same amount of sunlight (photosynthetically active radiation), the lower hummock photosynthesizes less; reasons for this discrepancy such as reduced *Sphagnum* shoot density or species differences have yet to be determined. The topographically higher middle and upper hummocks feature a different species (*S. capillifolium* sensu lato) and more vascular

plants. The trend in Gross Ecosystem Productivity (GEP) of upper > middle > lower is constant for 2005 and 2006.

The summer of 2005 was notably drier than 2006, and soil moisture sensors underneath the hummocks recorded on average a 10% higher moisture content in the underlying peat in 2006 compared to 2005. Higher soil moisture is likely the main cause of a 20-30% increase in maximum GEP in all collars between 2005 and 2006. In 2005, soil tensions fell beneath the -100 mb threshold already determined in previous studies of Cacouna Bog to be a critical threshold for moss desiccation. In 2006, soil tensions did not fall below this threshold.

It is anticipated that after re-wetting (October 21, 2006), the site will not fall below the critical threshold and *Sphagnum* productivity will increase.

#### CONCLUSION:

This research will allow us to better predict the response of *Sphagnum* productivity to re-wetting strategies in both vacuum and block cut harvest peatlands.

## **20. Effect of peatland rewetting on methane flux / Effet du remouillage des tourbières sur les flux de méthane**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

Kristen Harrison	Ph.D. Student, McMaster University
Katie Shea	B.Sc. Student, McMaster University
<b>J.M. Waddington</b>	Supervisor, McMaster University

STUDY SITES: Cacouna peatland

INDUSTRIAL PARTNERS: Joint project with all partners

OTHER COLLABORATORS: Jonathan Price (University of Waterloo)

PLANNED TIMETABLE: May 2005 – September 2008

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.1.4 AND 1.2.4 (see Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

A consequence of peatland restoration is a large increase in methane (CH<sub>4</sub>) flux to the atmosphere. Certainly in previous research, rehabilitated block-cut peatlands had the greatest CH<sub>4</sub> fluxes to the atmosphere. However, recent research has demonstrated that an increase in methane production can lead to entrapped methane gas that can reduce hydraulic conductivities and enhance vegetation floating potentially leading to higher photosynthesis and *Sphagnum* establishment. However, no research has examined pre and post methane dynamics in re-wetted block-cut peatlands.

### SPECIFIC OBJECTIVE:

Determine the effect of block-cut peatland re-wetting on CH<sub>4</sub> storage and flux.

### METHODOLOGY:

Investigations of CH<sub>4</sub> processes at Cacouna bog have focused on diffusive and ebullition (bubbling) fluxes. Diffusion rates vary throughout the season, and were measured bi-weekly to estimate seasonal flux values. Diffusion measurements were taken at seven locations across the site in areas with varying moisture conditions and differing vegetation cover to represent conditions within the site. Ebullition flux was measured at two collection sites with similar moisture conditions using 9 ebullition samplers. Ebullition gas volume was measured daily, and analyzed for CH<sub>4</sub> when a sufficient amount for analysis had collected.

### PRELIMINARY RESULTS:

The current drained conditions of the Cacouna bog have the potential to reduce CH<sub>4</sub> emissions by approximately an order of magnitude compared to a natural peatland. Diffusion values were low across the site, averaging at ~2 mg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> for the season, and trending towards consumption in drier areas and during dry periods of the field season. Because of the dry conditions, ebullition is currently not a significant mechanism at this site. Average ebullition values for the site (~20 mg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) represent emissions from areas where the water table is near the surface for the majority of the year, and are likely negligible across the greater proportion of the site as it significantly drier.

Site re-wetting will significantly change the dynamics of methane production and emissions across the site. Conditions similar to those found at the ebullition sites will occupy a much larger proportion of the Cacouna bog; therefore, significant increases in methane emissions can be expected. Ebullition as a mechanism for CH<sub>4</sub> transport to the atmosphere will be heightened, and diffusive flux will also increase across the site.

#### CONCLUSION:

Further work will need to be conducted to monitor the response of the site to changes in moisture conditions as they relate to methane dynamics.

## **21. Restauration d'une tourbière contaminée par l'eau salée : sélection des espèces et fertilisation / Restoration of a peatland contaminated by sea water: Species selection and fertilization**

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Cillian Breathnach</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle, biologie végétale, Université Laval
Luc Miousse	Professionnel de recherche (2003-2005), Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval

### SITE D'ÉTUDE : Pokesudie (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Groupe Qualité Lamèque, SunGro Horticulture, Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick

### AUTRES COLLABORATEURS :

Jonathan Price, Gerry McIsaac and Marilou Montemayor (Waterloo University)  
Philippe Boucher, Mark Gloutney and Lisette Ross (Canards Illimités Canada)  
Stéphanie Boudreau (Université Laval)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Avril 2003 – Décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.2.3 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Les tourbières du Nouveau-Brunswick sont situées majoritairement dans la portion littorale du continent. Considérant la dynamique géologique importante de ces régions, de subsidence du continent (isostasie) et de hausse des niveaux de mers (eustasie) concomitantes, les tourbières risquent d'être de plus en plus affectées par la contamination par l'eau salée marine causée par des inondations périodiques à la suite d'événements de tempêtes extrêmes. L'abandon de la tourbière de Pokesudie qui a été devancé à cause d'une importante inondation survenue à l'hiver 2000 en est un bon exemple.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

L'objectif principal de l'étude est de déterminer la meilleure approche écologique pour restaurer une tourbière exploitée et affectée par une contamination par l'eau salée marine. Les objectifs spécifiques sont de :

- 1) Déterminer les meilleures espèces tolérantes selon le degré de salinité;
- 2) Déterminer la densité optimale des plants nécessaire à la stabilisation rapide de la tourbe;
- 3) Vérifier si l'ajout de sable comme minéral peut accroître le succès de survie des plantes;
- 4) Tester l'effet de la fertilisation sur la croissance et la survie des plantes;
- 5) Déterminer la meilleure méthode d'introduction des plantes.

### MÉTHODOLOGIE :

Un inventaire des plantes ayant recolonisé naturellement la tourbière de Pokesudie et les écosystèmes voisins a été mené en mai 2003, ainsi qu'un inventaire d'autres tourbières abandonnées situées à

proximité du littoral (Pigeon Hill, Fafard-Shippagan). Une analyse chimique de la tourbe a été réalisée pour caractériser les différentes zones en fonction du taux de salinité.

À la suite de ces inventaires, différents essais ont été mis en place de 2004 à 2005 :

- Transplantation avec différentes densités (juin 2003) :
  - Espèces plantées dans la zone de salinité basse : *Juncus buffonius*, *Spartina pectinata* et *Typha angustifolia*;
  - Espèces plantées dans la zone de salinité élevée : *Carex brunescens*, *Eriophorum angustifolium* et *Salix discolor*;
  - Densités testées : 12 et 3 plants/m<sup>2</sup> (280 et 77 plants/parcelle de 4 m x 6 m).
- Transplantation avec ajout de substrat minéral (juillet 2003) :
  - Espèces plantées dans la zone de salinité élevée : *Juncus buffonius*, *Juncus balticus*, *Triglochin maritima* et *Spartina patens* récoltées d'un marais salé à proximité du site d'étude;
  - Traitements testés : Avec ou sans ajout de sable grossier (~ 1 cm d'épaisseur).
- Réintroduction par la méthode de « transfert de foin » (hay transfer; mai 2004) :
  - Réintroduction dans la zone de salinité basse de communautés végétales dominées par : 1) *Juncus buffonius* et 2) *Carex brunescens*;
  - Fertilisation de toutes les parcelles (5 g/m<sup>2</sup> de 15-25-0).
- Réintroduction par la méthode de « transfert de foin » (hay transfer) et fertilisation (été 2005) :
  - Réintroduction de communautés végétales dominées par :
    - 1) *Juncus buffonius* d'une zone bien revégétée de la tourbière,
    - 2) *Spartina pectinata* d'un marais salé,
    - 3) *Spartina pectinata* d'une zone bien recolonisée par de la végétation de la tourbières et
    - 4) aucune réintroduction de foin (parcelles témoins).
  - Avec ou sans fertilisation (15 g/m<sup>2</sup> de 10-25-10), application en juin 2006.

Des mesures ont été prises en juillet 2005 pour les trois premiers essais et en août 2006 pour le dernier essai (recouvrement végétal, densité des tiges, hauteur des plants et santé).

## RÉSULTATS :

Dans le secteur faiblement affecté par la salinité, seule *Spartina pectinata* a bien survécu à la transplantation indépendamment de la densité initiale, sans toutefois parvenir à maturité.

Seules les espèces *Juncus balticus* et *Spartina patens* se développent à partir de transplants dans le secteur ayant un haut taux de salinité. De plus, *Juncus balticus* profite de l'ajout de substrat minéral. Par contre, les couverts demeurent très bas, peu importe les traitements. Les autres espèces transplantées ne réussissent pas à se développer à partir de transplant.

Dans la première expérience testant la technique de réintroduction par « hay transfer », *Juncus buffonius* est la seule espèce à avoir germé et à s'être établi de façon significative, et ce, peu importe si le foin

provenait de communautés dominées par *J. buffonius* ou *C. brunescens*. La même chose est observée lors du 2<sup>e</sup> essai, *J. buffonius* étant l'espèce dominante, peu importe la dominance du foin réintroduit. La fertilisation a donc probablement eu plus d'impact que la réintroduction elle-même. De plus, dans la zone d'étude à faible salinité, une colonie était présente à proximité, fournissant une source de graines. Il semble donc qu'il ne soit pas nécessaire de réintroduire cette espèce lorsqu'une source de graines est disponible à proximité et qu'une fertilisation adéquate est appliquée.

#### CONCLUSION :

Le *Juncus buffonius* est une espèce prometteuse pour coloniser des sites tourbeux affectés par l'eau salée. Une simple fertilisation peut assurer la germination et l'établissement de cette espèce si une banque de graine est présente. Une réintroduction peut cependant s'avérer nécessaire si aucune source ou banque de graines n'est présente.

À cet égard, la technique de « hay transfer » est prometteuse et plus efficace que la transplantation. Par contre, une attention particulière doit être apportée à la date de récolte du foin afin de s'assurer de la maturité des graines des espèces visées. De plus, un meilleur taux d'établissement des plantes a été observé avec le foin provenant du marais salé, donc adapté à ces conditions.

Bien peu d'autres espèces se révèlent tolérantes à un tel environnement. Le *Spartina pectinata*, le *Juncus balticus* et le *Spartina patens* survivent à la transplantation mais parviennent difficilement à maturité et s'étendent peu.

#### PUBLICATION :

Breathnach, C. En préparation. Restauration d'une tourbière salée. Mémoire M.Sc., Département de phytologie, Université Laval, Québec. Dépôt prévu à l'hiver 2007.

## **22. Revegetation and salt tolerance in plants / Revégétation et tolérance des plantes au sel**

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

<b>Marilou B. Montemayor</b>	Master's student, University of Waterloo
Jonathan Price	Supervisor, Professor, University of Waterloo
Line Rochefort	Professor, Université Laval

STUDY SITE: Pokesudie (NB)

INDUSTRIAL PARTNERS: see above ([project 21](#))

OTHERS COLLABORATORS: Luc Miousse and Stéphanie Boudreau (Université Laval), Gerry McIsaac (University of Waterloo), see also above ([project 21](#)).

PLANNED TIMETABLE: May 2004 – September 2006

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.3 (See Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

This peat extracted site has been abandoned due to seawater contamination. The persistence of salt in peat combined with spring-melt flooding prevent common peatland species from reestablishing. This project focuses on species suitability and will help us to prepare rehabilitation strategies for similarly affected sites in the region.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To determine salinity levels (electrical conductivity), moisture content and pH in the various layers of the rooting zone and how these change during the growing season. Too much water after spring snowmelt (seasonal flooding) dilutes salinity but induces hypoxia in plants; decrease in water content as the growing season progresses provides root aeration but increases salinity especially in the upper peat surface which is the root zone. Flood-tolerance and salinity-tolerance combined with low pH become filters to plant establishment.
- 2) To determine the effect of the above factors on the survival and growth of typical bog plants and salt marsh species that may be suitable for re-vegetation of the site. This ultimately leads to finding zones or niches in the affected site where the range of salinity and moisture levels throughout the growing season might support transplanted species.
- 3) To determine salt ions (sodium, chloride, calcium, magnesium, sulphate) and macronutrient potassium concentrations in plant tissues in order to understand the salt tolerance mechanisms of species, and to determine concentrations of micronutrients iron and manganese, the uptake of which can reach potentially toxic levels under waterlogged conditions. These will have implications on the surviving species' long-term survival and growth.
- 4) To determine water table and frozen layer depths at planted sites, and standard meteorological components which influence the hydrology and microclimate of the entire site. These directly influence salinity and moisture levels that ultimately determine plant survival.
- 5) To determine the potential advantages to plants by delaying the effects of the harsh characteristics of the bog (salinity, acidity and waterlogged conditions) by transplanting intact natural sods from a salt marsh.

## METHODOLOGY:

- Plantings were monitored for the following (2004 and 2005 field seasons):
  - Plant survival and growth.
  - Moisture content, electrical conductivity (EC) and pH of peat and sods.
  - Sodium, chloride, potassium, calcium, magnesium, chloride, iron, manganese in plant tissues (above- and-below-ground parts)
  - Depth of water table and frozen layer, dry bulk density, redox potentials (to quantify anoxic conditions of high moisture content)
  - Meteorological factors (automated)
- Summer 2005 data have been analyzed and the studies completed.

## RESULTS AND CONCLUSION:

The predictions are:

Due to elevation differences formed by field crowns and drainage ditches, re-vegetation strategy can be based on the principle of 'zonation', i.e., that certain species be planted where the range of combined stresses of salinity and excessive/deficient moisture during the growing season are within their tolerance limits. This will save a lot of effort by planting only in areas where species are likely to survive and grow. Once they are established, they will have the capacity to modify their own environment and expand their occupied area especially for rhizomatous species.

By transplanting of sods or rhizomes of grown plants

(1) some salt marsh species can survive and grow well in moderately saline and seasonally flooded areas which together form the largest portion of the seawater contaminated area.

(2) the field trials planted in late summer 2004 will refine prediction 1 by having the effect of winter and spring flooding.

## PUBLICATIONS:

Montemayor, M.B. 2006. Abiotic Stresses to Vegetation Re-establishment in a Cutover Bog Contaminated with Seawater. M.E. Thesis. Dept Geography, University of Waterloo. 118 pp.

Montemayor, M.B., J.S. Price, L. Rochefort and S. Boudreau. 2006 Changes in characteristics of marsh sods transplanted to a cutover bog contaminated with seawater. Submitted to Land Degradation and Development.

Montemayor, M.B., J.S. Price, L. Rochefort and S. Boudreau. 2006. Temporal variations and spatial patterns in saline and waterlogged peat fields: I - Survival and growth of salt marsh graminoids. Submitted to Environmental & Experimental Botany.

Montemayor, M.B., J.S. Price, L. Rochefort and S. Boudreau. 2006. Temporal variations and spatial patterns in saline and waterlogged peat fields: II- Ion accumulation in salt marsh graminoids. To be submitted in December 2006.

Montemayor, M.B. In preparation. Plant survival trials on a peat field with different localized levels of salinity and moisture content. Short communication to be submitted in December 2006.

## ***23. Using Time Domain Reflectometry (TDR) to evaluate hydrological aspects and salt dynamics in peat / Aspects hydrologiques et dynamiques du sel dans la tourbe***

---

### INVOLVED RESEARCHERS:

**Gerry McIsaac**      Master's student, University of Waterloo  
Jonathan Price      Supervisor, Professor, University of Waterloo

STUDY SITE: Pokesudie (NB)

INDUSTRIAL PARTNERS: see above ([project 21](#))

OTHER COLLABORATORS: Marilou Montemayor (University of Waterloo)

PLANNED TIMETABLE: May-August 2004 and 2005 field work, 2005 and 2006 lab work

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 1.2.3 (See Appendix 1)

### PROBLEMATIC:

This site has been abandoned due to seawater contamination. The persistence of salt in peat combined with spring-melt flooding prevents common peatland species from reestablishing. Determining the hydrologic distribution and flow of the salt water contaminating the peat soil will aid in the preparation of rehabilitation strategies for the site.

### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To determine the spatial distribution of the salt contamination by measuring the electrical conductivity (EC) of peat pore water using a grid pattern representing the main area of salt contamination.
- 2) To determine the how vertical and horizontal peat soil water movement affects the movement and redistribution of the salt contamination in the peat soil.
- 3) To establish a methodology for using Time Domain Reflectometry (TDR) to measure soil moisture content (VMC) and salt content via measurement of the bulk electrical conductivity (EC) of the peat soil.
- 4) To evaluate the mechanics of evaporation and precipitation processes with respect to VMC and EC changes in the peat soil.

### METHODOLOGY:

- Soil surface samples were collected at 175 sites covering the main area of salt contamination (in Field C2). Pore water was obtained using filter vacuum extraction and measured for EC levels. Spatial distribution of the salt contamination was evaluated from GPS locations using GIS.
- Monitoring wells and piezometers were installed to measure water table and water flow along a north south transect representing a ridge-ditch-ridge cross section. Four sites were then selected for continuous TDR monitoring at four areas representing sites that represented areas of low VMC -low EC, high VMC-low EC, low VMC-high EC and high VMC-high EC. TDR measurements were automatically collected using a TDR100 instrument with coated CS605 TDR probes.
- Coated TDR probes were required for VMC and EC measurement due to the highly saline conditions of the contaminated peat soil. Coated probes provide different waveform responses than uncoated probes

and the use of standard TDR methodology requires modification for use in soils at the study site. A different calibration procedure was required for the coated probe waveform responses.

- Defining an accurate dielectric mixing model for VMC measurement is being assessed. A two phase mixing model (water and air) has been completed for an uncoated and coated TDR probe. Evaluation of a three phase mixing model (water, air, soil) is currently being assessed for coated rods. Determining the dielectric constant of peat soil is required to assess the accuracy of the three phase mixing model and will be determined after enough dry peat is collected.
- Coated TDR probes alter the waveform reflection. The effect of coating the center rod, either one or both of the outer rods or any combination of the three rods is being evaluated to determine the mechanics involved in the TDR waveform response. The different configurations of rod coatings provides a means to determine the sample volume of the TDR probe.
- A change in TDR impedance values occurs with the center rod being coated. Since impedance values are used to measure EC, the change observed in impedance values with a coated rod are expected to affect the determination of EC in the peat soil. Also, TDR provides a measure of bulk EC, which is different to pore water EC. An evaluation of the correlation between bulk EC and pore water EC is being evaluated using experimentation where columns of peat are held at a constant pore water EC and measured with TDR to determine bulk EC. The effect of VMC on the EC readings is also being evaluated.
- Determining if the complex dielectric constant ( $\epsilon^*$ ) can be directly correlated to the real part of the dielectric constant ( $\epsilon'$ ) since the imaginary part of the dielectric constant ( $\epsilon''$ ) is near zero in highly saline conditions has to be ascertained. Correlating VMC to bulk EC measurement is required. Subsequent extractions of pore water EC with distilled water from the dry bulk soil after heat aging is planned after column VMC and EC are determined. Correlation with the bound water fraction in peat soils can also be assessed from this experiment.
- Subsidence and lysimeter measurements in conjunction with precipitation and solar and ground radiation data collected daily for the study period have been collected and will be correlated with the corrected TDR VMC and EC data.

#### PRELIMINARY RESULTS:

Calibration is essentially complete and now evaluation of peat moisture and salinity is underway.

#### PUBLICATION:

McIssac, G. In preparation. M.A. thesis. Dept geography, University of Waterloo.

Mouneimne, S. & J.S. Price. (Sous presse). Seawater contamination of a harvest bog: Hydrological aspects. Wetlands.

## **24. Création d'un marais d'eau douce / *Creation of a fresh water marsh***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Monique Poulin</b>	Professeure adjointe, Université Laval
Stéphanie Boudreau	Professionnelle de recherche, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDES : Alfred Bog et autres marais aménagés dans la localité

PARTENAIRE INDUSTRIEL : Modugno-Hortibec

### AUTRES COLLABORATEURS :

Erling Armson	Canards Illimités Canada, Ontario
Rose-Marie Chrétien	Canards Illimités Canada, Ontario
Christopher Kingsley	Ontario Rural Wastewater Center
Suzanne Lafrance	Conseil d'intendance environnementale de Prescott-Russell
Lisette Ross	Canards Illimités Canada, Manitoba

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2005 - 2008

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.2.2 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Occasionnellement, la restauration d'un site abandonné en une tourbière ombrotrophe peut ne pas représenter la meilleure option. Par exemple, la surface de tourbe résiduelle peut présenter des conditions non propices au remouillage et à la recolonisation par les espèces de tourbières ombrotrophes. La tourbière d'Alfred fait partie de ces cas particuliers. Sur ce site, la tourbe a été extraite en profondeur ce qui laisse une surface abandonnée caractérisée par une texture argileuse. Dans ces conditions, la création d'un marais est plus appropriée.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Évaluer la diversité végétale des marais de la région afin d'établir une communauté de référence pour la construction de marais;
- 2) Caractériser les conditions environnementales de la partie abandonnée du site et dresser un portrait du succès de recolonisation naturelle;
- 3) Panifier la construction du marais, les traitements à tester, et soumettre des demandes pour les différents permis requis.

### MÉTHODOLOGIE :

À l'été 2004, cinq marais aménagés par Canards Illimités à la Baie des atocas ont été échantillonnés pour la diversité végétale. Toutes les espèces présentes au sein d'un marais ont été recensées. De même, un inventaire exhaustif de la diversité végétale d'un fen en bordure de la tourbière ombrotrophe d'Alfred a été effectué.

Un inventaire de la végétation ayant colonisé le site après exploitation a été effectué à l'été 2003. Des relevés de végétation ont été faits à tous les 10 m le long des canaux de drainage. À chaque 10 m, un transect perpendiculaire au canal a été établi, du milieu du canal vers le milieu des planches d'exploitation, sur une distance variable selon la végétation présente. Le couvert de chaque espèce a été estimé dans des quadrats circulaires, selon une échelle de pourcentage de couvert.

#### RÉSULTATS:

Au niveau des sites de référence, une grande diversité de plantes a été répertoriée. Un total de 173 espèces ont été identifiées dans les cinq marais de la Baie des Atocas et le fen d'Alfred. La diversité d'un marais à l'autre variait cependant très peu en ce qui concerne les espèces les plus abondantes, ce qui faciliterait la démarche de sélection des espèces à réintroduire au site abandonné. Parmi les espèces les plus abondantes, on a trouvé : le Butome à ombelle (*Butomus americanus*), l'Hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), le Carex lacustris, le Scirpe à graines rouge (*Scirpus rubrotinctus*) et la Spirée à larges feuilles (*Spirea latifolia*).

Dans la partie abandonnée de la tourbière exploitée d'Alfred, 24 espèces ont été recensées dans les canaux de drainage. Mis à part le phragmite (*Phragmite communis*) et la quenouille (*Typha latifolia*), peu d'espèces associées aux milieux humides y ont été trouvées, ce qui appuie fortement la décision de réintroduire activement des propagules de plantes de marais une fois le site préparé (« reprofilé »).

#### CONCLUSION :

Les deux premiers objectifs ont été atteints. L'étape suivante consiste à créer un marais dans la zone abandonnée à Alfred Bog (objectif 3). Plusieurs délais et embûches nous ont cependant empêché de réaliser cet objectif pour le moment, dont l'obtention d'un permis à la municipalité.

## **25. La fertilisation est elle importante pour l'établissement des plantes et le succès de la restauration? / *Effect of phosphorus on plant establishment and restoration success***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Stéphanie Boudreau</b>	Professionnelle de recherche, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval
Matteo Sottocornola	Stagiaire, 2 <sup>e</sup> cycle, Université de Milan

SITES D'ÉTUDES : Saint-Charles-de-Bellechasse, Sainte-Marguerite-Marie (QC), Maisonnette (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Les Tourbes Nirom, Fafard et Frères, SunGro Horticulture.

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2001 - octobre 2003

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.1 (cf. Annexe 1)

AUTRES COLLABORATEURS : François Quinty (consultant, Planirest Environnement)

### PROBLÉMATIQUE :

Un certain nombre de problèmes peuvent entraver le succès de la restauration, notamment le soulèvement gélival qui nuit à l'établissement de la végétation. Une des stratégies envisagées pour contrer ce problème est l'application d'un fertilisant phosphaté. L'application de fertilisant favoriserait l'établissement plus rapide d'espèces pionnières, ce qui permettrait de stabiliser le substrat.

Ce projet évalue l'importance d'une fertilisation phosphatée pour promouvoir l'établissement des plantes et explore différentes méthodes d'application du fertilisant.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

À l'automne 2003, nous avons complété le suivi d'expériences mises en place en 2001 et 2002 dans trois sites en restauration. Les objectifs spécifiques de ces expériences étaient :

- 1) De déterminer la dose optimale de fertilisant (roche phosphatée : 5, 10, 15 et 25 g/m<sup>2</sup>) à appliquer en restauration pour promouvoir l'établissement de la végétation;
- 2) D'évaluer si la fertilisation peut être appliquée à différents moments au cours des étapes de restauration, soit avant ou après la réintroduction du matériel végétal;
- 3) De comparer l'influence sur la végétation d'une dose de fertilisant appliquée en une ou en deux applications au cours de l'été;
- 4) De comparer deux formes de fertilisants à base de phosphate, soit la roche phosphatée ou le superphosphate.

### MÉTHODOLOGIE :

Trois expériences à plus ou moins petite échelle ont débuté simultanément en mai et juin 2001 dans trois sites expérimentaux au Québec et au Nouveau-Brunswick (Saint-Charles-de-Bellechasse, Sainte-Marguerite-Marie et Maisonnette). De plus, l'expérience a été répétée une quatrième fois en 2002 à Maisonnette.

Différents traitements ont été testés : doses de roche phosphatée (0, 5, 10, 15 et 25 g/m<sup>2</sup>), applications de fertilisant avant ou après l'introduction du matériel végétal, une ou deux applications de fertilisant pour une dose déterminée, et utilisation de superphosphate à des fins comparatives.

L'effet des traitements sur l'établissement de la végétation a été évalué pendant les automnes 2001, 2002 et 2003. Pour ce faire, le pourcentage de recouvrement de chaque espèce a été estimé sur 20 à 30 quadrats (25 cm x 25 cm) distribués systématiquement dans chaque unité expérimentale.

Une expérience à grande échelle (environ 6 ha sur une superficie totale restaurée de 12 ha) a aussi été mise en place à l'automne 2000 à Maisonnette. On y compare l'efficacité et l'applicabilité (mécanisée) d'une application avant ou après l'introduction du matériel végétal. D'autres traitements étaient aussi prévus mais des embûches dans la réalisation des travaux ne nous ont pas permis de les tester adéquatement. L'effet des traitement sur l'établissement de la végétation a été mesuré une première fois en octobre 2002, dans 100 quadrats/planche (25 cm X 25 cm) disposés systématiquement le long de 10 transects/planche. Des mesures ont été prises de nouveau en septembre 2003 et en octobre 2005, dans des parcelles permanentes installées pour le suivi à long terme (cf. projet 28).

## RÉSULTATS:

Des doses de 15 à 25 g/m<sup>2</sup> de roche phosphatée granulaire sont suffisantes pour accélérer l'établissement des plantes. Après trois saisons de croissance, la strate muscinale (excluant les sphaignes) est celle qui bénéficie le plus de la fertilisation phosphatée. Des espèces comme le *Polytrichum strictum* et le *Pohlia nutans* réagissent positivement au phosphore, en autant que ces plantes soient présentes dans le matériel réintroduit lors de la restauration et que le remouillage du site soit adéquat.

Certaines plantes non typiques des tourbières profitent de l'ajout de fertilisant, comme les bouleaux ou les épilobes. Ces dernières n'ont pas persisté longtemps et sont déjà disparues après deux ans. Les bouleaux, quant à eux, devraient dépérir naturellement à plus ou moins long terme, surtout si le site reste bien remouillé. Cependant, il n'est pas conseillé de fertiliser un site ayant un fort potentiel d'invasion par le bouleau et qui, en plus, présente des conditions d'humidité déficiente.

La roche phosphatée semble plus efficace que le superphosphate pour l'établissement des plantes. Par contre, cette comparaison a été faite dans un site mal remouillé et il serait intéressant de comparer à nouveau ces fertilisants dans un site regroupant les conditions optimales pour la restauration. Néanmoins, nous croyons que la roche phosphatée est plus appropriée aux conditions présentes dans les tourbières en restauration, de part sa solubilité moins grande et son efficacité élevée sous des conditions acides (Zapata & Roy 2004)<sup>5</sup>.

Pour ce qui est du moment d'application, aucune différence n'a été observée entre les applications avant ou après l'introduction du matériel végétal dans les expériences à petites et moyennes échelles. Par contre, l'expérience à grande échelle à Maisonnette montre que l'application de fertilisant après les autres étapes de restauration a un effet plus important sur l'établissement des plantes qu'une application avant (résultats non publié; Figure 4).

Par ailleurs, une seconde application au cours de la saison de croissance favorise l'établissement de *P. strictum*. Ces mousses étaient probablement plus aptes à capter les nutriments lors de la seconde application, quelques temps après leur réintroduction. D'autres études devraient cependant être effectuées afin de mieux cibler les périodes où les plantes en phase d'établissement peuvent capter les nutriments.

---

<sup>5</sup> Zapata, E. & R.N. Roy (Eds), 2004. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 148 pp.

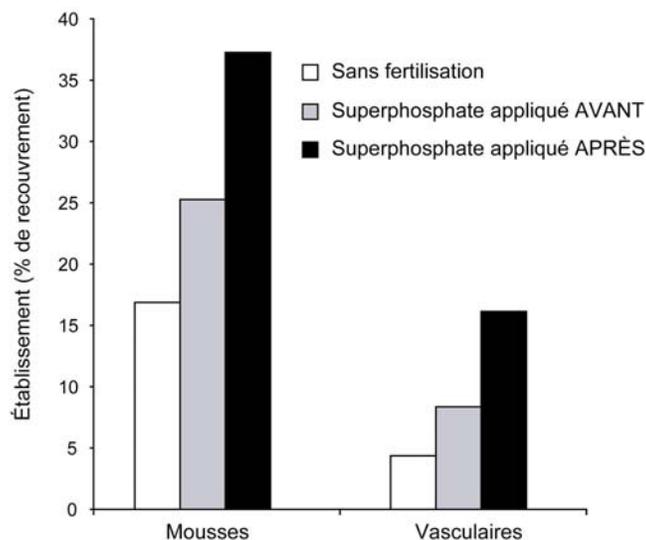


Figure 3 – Recouvrement (%) des mousses et des plantes vasculaires cinq ans après la mise en place d’une expérience à grande échelle sur l’efficacité d’une fertilisation phosphatée appliquée avant ou après les autres étapes de restauration. Les travaux de restauration et les traitements ont été fait à l’automne 2000, à Maisonnette (NB). Les données ont été prises à l’automne 2005.

#### CONCLUSION:

La fertilisation lors de la restauration des tourbières demeure une décision spécifique à chaque site. Cette étape ne devrait être considérée que si les autres conditions garantes du succès de la restauration sont présentes car la fertilisation ne peut pas compenser, par exemple, pour un remouillage déficient.

#### PUBLICATIONS:

Sottocornola, M., S. Boudreau & L. Rochefort. 2002. Fertilization aspects in peatland restoration. P. 256-261 *in* Peat in Horticulture - Quality and Environmental Challenges: Proceeding of the International Peat Symposium, Pärnu, Estonia, 3-6 September 2002. International Peat Society, Finlande.

Sottocornola, M., S. Boudreau & L. Rochefort. Article à soumettre. Peat bog restoration: Effect of phosphorus on plant establishment. Sera soumis en novembre 2006 à Ecological Engineering.

## **26. Interventions correctives pour améliorer le succès en cours de restauration / *Adaptive management to improve restoration success***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Stéphanie Boudreau**  
Line Rochefort

Professionnelle de recherche, Université Laval  
Professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Inkerman Ferry (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Compagnie de Tourbe Fafard

AUTRES COLLABORATEURS : François Quinty (consultant, Planirest Environnement)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2000 - 2004

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Le site de Ferry a fait l'objet, en 1997, de l'application à grande échelle des techniques de restauration développées jusqu'à ce jour sur de petites parcelles expérimentales. Malgré le bon remouillage du site et l'introduction de végétation protégée par un paillis de paille, l'établissement de la végétation, particulièrement des mousses et des sphaignes, a été perturbé par des processus de soulèvement gélival. De plus, ce site n'a pas été fertilisé lors de la restauration. Différentes interventions correctives (ajout de paille et/ou de fertilisant) ont été envisagées pour stabiliser le substrat afin de contrer ce problème qui semble prendre de l'expansion.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

Déterminer l'efficacité d'un nouvel ajout de paille ou d'une fertilisation pour favoriser l'expansion du couvert végétal dans un site où la restauration est problématique.

### MÉTHODOLOGIE :

À l'automne 2000 et au printemps 2001, quatre traitements ont été appliqués selon un plan en bloc complet avec 12 répétitions : 1) paille, 2) fertilisant, 3) paille et fertilisant, et 4) témoin (sans interventions correctrices).

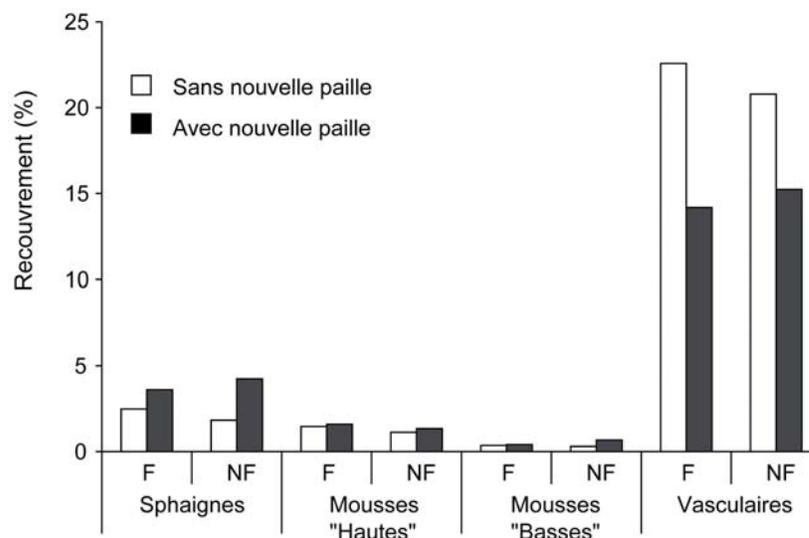
Le nouveau paillis de paille a été appliqué mécaniquement (automne 2000), à l'aide d'un canon à paille circulant sur les andains créés lors de la restauration (densité approximative de 2000 kg/ha). Ensuite, des parcelles ont été délimitées dans des zones avec et sans paille, et la moitié d'entre elles ont été fertilisées (8 juin 2001) avec de la roche phosphatée (15 g/m<sup>2</sup>).

L'effet des traitements sur l'établissement des plantes ainsi que sur la perturbation du substrat a été mesuré à l'automne 2001 et à l'automne 2002, ainsi qu'à l'été 2003.

### RÉSULTATS :

Un ajout de paille semble améliorer légèrement l'établissement des sphaignes. Par contre, il empêche l'expansion du couvert de plantes vasculaires, ce qui n'est pas le but recherché.

La fertilisation n'a eu aucun effet sur l'expansion du couvert végétal déjà en place. Il est possible que dans ce cas, le fertilisant ait été lessivé en raison des fortes précipitations qui ont suivi la période d'application.



**Figure 4 – Couvert végétal 3 ans après l’application de mesures correctives visant à améliorer l’établissement de la végétation dans un site en cours de restauration depuis 1997 mais où les problèmes de soulèvement gélival sont importants. Le terme « mousses hautes » réfère aux mousses comme *Polytrichum strictum* tandis que le terme « mousses basses » réfère à des mousses comme le *Dicranelle cerviculata*.**

#### CONCLUSION :

Les mesures correctrices testées sur ce site n’ont eu aucun impact positif sur le processus de restauration. Ce site demeure sujet au soulèvement gélival, ce qui entrave le succès de la restauration.

## **27. Importance du choix des espèces réintroduites sur le succès de la restauration / *Species composition of donor site as a factor explaining restoration success***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Stéphanie Boudreau**  
Line Rochefort

Professionnelle de recherche, Université Laval  
Professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Lamèque (NB)

PARTENAIRE INDUSTRIEL : SunGro Horticulture

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2003 - 2005

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Dans un site en restauration depuis 1997 (Lamèque, NB), le couvert total de la végétation est passé de 5 % en 1998 à 24 %, 23 % et 7 % en 1999, 2000 et 2002 respectivement. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce faible succès d'établissement des plantes, dont la composition en espèces du site d'emprunt.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

Comparer le succès d'établissement de sphaignes provenant de deux sites d'emprunt, l'un avec des habitats plus humides et l'autre plus secs, dans une expérience où l'établissement des sphaignes était très bas.

### MÉTHODOLOGIE :

En juin 2003, trois des huit bassins peu profonds ayant été restaurés par des méthodes mécanisées en 1997 ont été sélectionnés et trois traitements ont été testés dans chacun d'entre eux :

- 1) Témoin, sans nouvelle réintroduction → ce traitement est donc représentatif de l'ensemble des bassins restaurés en 1997;
- 2) Nouvelle réintroduction avec matériel végétal de milieu plus humide, dominé par des sphaignes de la section Palustria (*Sphagnum magellanicum*) → ce matériel est le même qui avait été utilisé en 1997;
- 3) Nouvelle réintroduction avec matériel végétal de milieu plus sec, dominé par des sphaignes de la section Acutifolia (*S. rubellum* et *S. fuscum*).

Pour les traitements 2 et 3, la végétation s'étant établie depuis 1997 a été enlevée à l'aide d'un râteau avant les nouvelles réintroductions. Pour tous les traitements, un paillis de paille a été ajouté, et les parcelles ont été fertilisées manuellement avec de la roche phosphatée (15 g/m<sup>2</sup>). L'établissement de la végétation a été évalué en septembre 2004, à l'intérieur de 30 quadrats de 25 cm x 25 cm distribués systématiquement à l'intérieur de chaque traitement.

### RÉSULTATS :

Avant la mise en place de cette expérience, soit 5 ans après la restauration, les bassins présentaient un recouvrement moyen total de 7 %, dont 4 % de sphaignes.

Deux ans après la mise en place de l'expérience, les sphaignes couvrent 10 % de la surface dans le traitement témoin. Ce traitement représente l'ensemble de la situation dans les bassins restaurés en 1997, mais où nous avons ajouté un nouveau paillis de paille et une fertilisation.

Une nouvelle réintroduction avec les mêmes espèces qu'en 1997 résulte en un couvert de sphaignes de 12 %. Par contre, 17 % de la surface est couverte en sphaignes dans le traitement utilisant des sphaignes de la section *Acutifolia*.

#### CONCLUSION :

Ces résultats corroborent ceux déjà obtenus dans diverses autres expériences sur l'écologie et la compétition des sphaignes en phase d'établissement. Les sphaignes de la section *Acutifolia* (de milieux plus secs) s'établissent mieux que celles de la section *Palustria* (provenant de milieux humides). Ces espèces devraient donc être recherchées lors du choix d'un site d'emprunt pour la restauration des tourbières.

## **28. Suivi à long terme du succès de la restauration / *Long-term monitoring of restoration success***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Stéphanie Boudreau</b>	Professionnelle de recherche, Université Laval
Luc Miousse	Professionnel de recherche (2003-2005), Université Laval
Monique Poulin	Professeure adjointe, dép phytologie, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, dép phytologie, Université Laval

SITES D'ÉTUDE : 11 sites restaurés à grande échelle (cf. Annexe 2)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires (cf. Annexe 2)

AUTRES COLLABORATEURS : François Quinty (Planirest Environnement)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 1998 - 2008 (ou plus)

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

La « restauration écologique » se définit comme le processus d'aide au rétablissement d'un écosystème qui a été endommagé, dégradé ou détruit. Dans le cas des tourbières, le but ultime de la restauration est de promouvoir le retour d'un écosystème fonctionnel et accumulateur de tourbe, et ce, dans une échelle de temps raisonnable. Évidemment, c'est un processus de longue haleine et seul un suivi à long terme peut permettre de mesurer le retour de certaines fonctions et de confirmer la pérennité de la restauration.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Évaluer le succès de nos méthodes sur une longue période de temps. Une telle évaluation est essentielle pour améliorer l'application à grande échelle des méthodes de restauration grâce aux enseignements issus des tentatives précédentes;
- 2) Identifier les causes d'échec de la restauration de certains sites (climat, conditions du site avant ou après la restauration, méthodes de restauration utilisées, etc.);
- 3) Mieux comprendre les processus de succession végétale et évaluer le retour d'une flore typique des tourbières naturelles;
- 4) Évaluer la pérennité, la productivité et la résistance aux invasions des tapis de mousse néoformés.

### MÉTHODOLOGIE :

Nous disposons d'une variété de sites restaurés dont le suivi remonte, dans certains cas, à 1994. Certains sites ont été restaurés dans le cadre de nos travaux de recherche, d'autres l'ont été par les compagnies de tourbe ou des consultants. Des parcelles permanentes ont été positionnées dans ces sites expérimentaux de grandes superficies, restaurés par des moyens mécanisés. Actuellement, 220 parcelles permanentes font l'objet d'un suivi à long terme qui s'effectue en général après la 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année suivant la restauration, et ensuite à tous les 2 ans.

Lors de la collecte de données qui s'effectue de la mi-août à la mi-octobre, le couvert végétal (% de recouvrement) est d'abord estimé par strates végétales (total, arbres, éricacées, herbacées et mousses) à l'intérieur des parcelles permanentes (généralement 5 m x 5 m). Ensuite, le couvert de chaque espèce de

plantes vasculaires est évalué dans les parcelles permanentes ou dans des sous-parcelles de 1 m x 1 m. Le couvert de mousse (par espèce) est quant à lui estimé dans 20 à 25 quadrats (25 cm x 25 cm) disposés systématiquement à l'intérieur des parcelles permanentes. La liste des parcelles permanentes qui ont fait l'objet d'un suivi depuis 2003 se trouve à l'Annexe 2.

Lors du positionnement des parcelles, chacune de celles-ci est aussi caractérisée selon une diversité de paramètres physiques, climatiques ou anthropiques : date d'abandon, latitude et longitude, état des surfaces avant restauration, type de substrat de base, propriétés chimiques de la tourbe, épaisseur, degré de décomposition et densité apparente (*bulk density*) du dépôt résiduel, banque de graines potentielles dans la tourbe, source de diaspores, dimension du site en restauration, nombre d'années après restauration, composition du site d'emprunt, opérations de restauration dans l'ordre d'exécution et hauteur moyenne de la nappe phréatique les premières années suivant la restauration.

#### AUTRES ÉTAPES PRÉVUES :

Le suivi des sites en restauration se poursuivra au cours des prochaines années, et de nouveaux sites restaurés seront possiblement ajoutés à cette base de données.

Des analyses multivariées seront employées pour identifier les facteurs les plus susceptibles d'influencer le succès de restauration d'un site, qu'ils soient physiques, climatiques ou anthropiques. Ces analyses nous permettront non seulement de mieux comprendre les facteurs influençant le succès de la restauration, mais permettront aussi d'améliorer l'application à grande échelle des méthodes de restauration.

#### PUBLICATIONS:

Plusieurs publications sont prévues au cours des prochaines années.

## **29. Dynamique et impact du bouleau envahisseur dans les tourbières aspirées / *The dynamics and impact of invasive birch in vacuum-mined peatlands***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

Emmanuelle Fay      Étudiante 2<sup>e</sup> cycle, Aménagement du territoire et développement régional,  
Université Laval

**Claude Lavoie**      Directeur, professeur titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Saint-Henri-de-Lévis (QC)

PARTENAIRE INDUSTRIEL : Premier Horticulture

ÉCHÉANCIER PRÉVU ET RÉALISÉ : 2004 - 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.2 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Les tourbières aspirées sont souvent envahies par les bouleaux une fois abandonnées. Le même phénomène peut aussi être observé sur des sites restaurés, comme c'est le cas dans la tourbière de Maisonnette au Nouveau-Brunswick. De telles invasions sont problématiques car elles assèchent probablement les sites, retardent la réimplantation des plantes typiques des tourbières et nuisent aux efforts de restauration. Il importe donc de comprendre la dynamique de ces invasions, leurs conséquences sur les tourbières et les façons d'y mettre un frein, s'il y a lieu.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Modéliser la dynamique d'une invasion par le bouleau;
- 2) Quantifier l'impact hydrologique d'une invasion par le bouleau;
- 3) Trouver les causes de l'envahissement et de déterminer les conditions qui favorisent l'envahissement des tourbières abandonnées par le bouleau.

### MÉTHODOLOGIE :

Au cours des étés 2004 et 2005 (juin, juillet), une tourbière fortement envahie par le bouleau a été étudiée pour décrire : 1) la densité et la structure des peuplements, 2) l'état de santé des peuplements et 3) l'impact hydrologique de ces derniers.

### RÉSULTATS ET CONCLUSIONS:

L'envahissement par le bouleau est particulièrement important dans les sites tourbeux les plus secs. Il ne s'agirait toutefois que d'un phénomène temporaire ne durant que quelques décennies. Par contre, l'envahissement d'un site par le bouleau, même s'il n'est que de courte durée, peut avoir un impact sur les pertes d'eau par transpiration d'une tourbière. En effet, dans un site fortement envahi par le bouleau, les pertes d'eau par transpiration pour la saison estivale peuvent atteindre plus de 5 700 000 litres par

hectare, soit une valeur deux fois plus élevée que la quantité d'eau qui aurait été perdue par évaporation si le site n'avait pas été envahi. Une invasion de bouleau pourrait empêcher ou retarder le retour des espèces typiques des tourbières et ainsi nuire à la régénération naturelle ou la restauration de cet écosystème. Cependant, comme le bouleau ne s'établit pas dans les sites très humides, le simple blocage des canaux de drainage pourrait être une mesure efficace pour empêcher l'envahissement.

PUBLICATION :

Fay, E. 2006. La dynamique et l'impact du bouleau envahisseur dans une tourbière de l'Est du Canada. Mémoire M.ATDR, Université Laval, Québec.

### **30. Dynamique à long terme de la linaigrette envahissante et du bouleau envahisseur dans les tourbières aspirées / *The long term dynamics of invasive cotton-grass and birch in vacuum-mined peatlands***

---

CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Claude Lavoie**  
Annie Saint-Louis

Professeur titulaire, Université Laval  
Professionnelle de recherche, Université Laval

SITES D'ÉTUDES : Saint-Henri-de-Lévis (QC), Maisonnette (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture, SunGro Horticulture

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 1998 - 2007 (en cours)

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.2 (cf. Annexe 1)

PROBLÉMATIQUE :

La linaigrette est une des rares espèces à présenter un potentiel d'envahissement dans les tourbières aspirées qui ont été abandonnées ou qui ont été restaurées depuis peu. Elle peut atteindre localement des densités de 30 000 individus par hectare. Un tel envahissement peut avoir des impacts positifs ou négatifs sur l'écosystème tourbeux, quoique des travaux récents suggèrent une prépondérance d'impacts négatifs à court terme. On commence à avoir une bonne idée de la dynamique du processus d'envahissement, mais le manque de données à long terme ne permet pas de poser des diagnostics clairs sur le déroulement d'une invasion, notamment sur la reproduction et la sénescence des individus. Or, il importe de connaître la durée du processus d'envahissement pour savoir si cette invasion biologique représente une alternative viable aux activités de restauration en cours.

Une étude récente (cf. [projet 29](#)) a montré qu'une invasion de bouleau ne serait qu'un phénomène temporaire, mais cela reste à démontrer avec certitude, surtout dans les sites où une procédure de restauration a déjà été entreprise. Un suivi de la dynamique d'une population de bouleau envahissant est donc nécessaire pour statuer de façon claire sur la question.

OBJECTIF SPÉCIFIQUE :

Décrire la dynamique spatiotemporelle d'un envahissement par la linaigrette et le bouleau.

MÉTHODOLOGIE :

Dans la tourbière de Saint-Henri-de-Lévis, on poursuit le suivi annuel (entrepris en 1998) de la dynamique écologique (suivi des individus, de la reproduction, du couvert végétal, etc.) d'une population de linaigrette et des caractéristiques abiotiques d'un site très fortement envahi. Le même travail est effectué depuis 2003 dans la tourbière de Maisonnette, mais cette fois-ci pour un site restauré envahi par le bouleau.

#### RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES ET AUTRES ÉTAPES PRÉVUES :

La population de linaigrette montre des signes très tangibles de sénescence, indiquant que le phénomène d'envahissement touche à son terme. Il en est de même au niveau de la population de bouleau, où tous les individus dépérissent. Le suivi se poursuivra de nouveau au cours de l'été 2007, et ce, pour une dernière année.

#### PUBLICATION :

Lavoie, C., K. Marcoux, A. Saint-Louis & J. S. Price. 2005. The dynamics of a cotton-grass (*Eriophorum vaginatum* L.) cover expansion in a vacuum-mined peatland, southern Québec, Canada. *Wetlands* 25: 64-75.

Lavoie, C., A. Saint-Louis & D. Lachance. 2005. Vegetation dynamics on an abandoned vacuum-mined peatland: Five years of monitoring. *Wetlands Ecology and Management* 13: 621-633.

## **31. Régénération spontanée des tourbières abandonnées / *Spontaneous regeneration of abandoned peatlands***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Monique Poulin** Professeure adjointe, Université Laval  
Line Rochefort Professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDES : Toutes les tourbières abandonnées du Québec et du Nouveau-Brunswick

PARTENAIRE INDUSTRIEL : Projet conjoint à tous les partenaires

### AUTRES COLLABORATEURS :

Jacques Thibault Ministère des ressources naturelles et de l'énergie, N.-B.  
Stéfano Biondo La photocopie de l'Université Laval.  
Christine Renaud Professionnelle de recherche, Université Laval

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2003 - 2007

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 1.3.4 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Un premier inventaire des tourbières abandonnées avait été fait en 1994 et 1995. Ces résultats sont maintenant publiés (Poulin *et al.* 2005). Dans le cadre de la présente chaire, nous étions intéressés à évaluer l'évolution de ces sites en phase de régénération. Est-ce que les sites qui étaient déjà bien recolonisés en 1994-1995 ont continué de progresser vers un écosystème fonctionnel de tourbière ou bien est-ce qu'ils sont restés stables? Est-ce que les sites dénudés lors du premier inventaire ont été recolonisés par la végétation? L'impact du temps sur les processus de régénération était difficile à évaluer avec un seul relevé ponctuel car plusieurs autres facteurs sont impliqués simultanément dans ce phénomène. Nous avons donc échantillonné à nouveau les mêmes planches que celles échantillonnées en 1994 et 1995 pour répondre à cette question. Le nouvel échantillonnage avait également pour but d'évaluer l'impact du paysage sur les processus de recolonisation des tourbières abandonnées.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Compiler les statistiques quant aux superficies de tourbière en exploitation, abandonnées, en réaménagement et en restauration;
- 2) Évaluer l'évolution de la végétation dans les tourbières abandonnées;
- 3) Comprendre l'influence des facteurs locaux et des facteurs historiques ainsi que de la composition du paysage sur les processus de régénération des tourbières abandonnées.

### MÉTHODOLOGIE :

À l'été 2005 et 2006, plus de 25 tourbières du Québec et 30 tourbières du Nouveau-Brunswick ont été visitées. Toutes les planches exploitées à l'aspirateur de même que tous les terre-pleins (buttes) et les tranchées (dépressions) dans les sites coupés par blocs qui avaient été échantillonnées en 1994 et 1995 ont été échantillonnées à nouveau. De plus, les nouvelles planches abandonnées après exploitation à l'aspirateur ont été ajoutées à notre inventaire de 2005-2006. Les données suivantes ont été prises :

- La présence des espèces sur une grille systématique de 100 points pour chaque planche échantillonnée;
- Le couvert de huit strates de végétation : Arbres et arbustes, Éricacées, Herbacées, Sphaignes, Mousses, Lichens, Eau libre, Tourbe et litière. Les couverts étaient notés par classes : 0 %, < 1 %, 1-10 %, 11-25 %, 26-50 %, 51-75 %, 76-100 %;
- Superficie de la planche (longueur et largeur), profondeur de la nappe phréatique, profondeur des canaux de drainage, hauteur des terre-pleins (buttes), épaisseur du dépôt résiduel, épaisseur du tapis muscinal, degré de décomposition de la tourbe, chimie de la tourbe et de l'eau de surface;
- Un Système d'Information Géographique (SIG) a été élaboré avec toutes les tourbières échantillonnées. Des cartes numérisées des habitats autour des tourbières ont été (et seront) intégrées dans le SIG pour caractériser les paysages environnant les sites échantillonnés. Chaque planche échantillonnée sera localisée dans le SIG et nous analyserons l'impact de la configuration du paysage sur la régénération des sites abandonnés.

#### RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES :

Les données sont en cours de compilation par nos assistants de laboratoire. Le SIG est également en construction. Des analyses multivariées seront par la suite effectuées pour évaluer l'importance du paysage ainsi que des facteurs locaux et historiques sur la recolonisation naturelle. L'évolution dans le temps des sites échantillonnés en 1994 et 1995 sera également évaluée en comparant ces données avec celles de 2005 et 2006.

#### PUBLICATIONS :

- Poulin, M., L. Rochefort, F. Quinty & C. Lavoie. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* 83: 539-557.
- Poulin, M. & L. Rochefort. Article en préparation. Abandoned peatlands revisited: are rapid changes in revegetation patterns occurring in specific sites?
- Poulin, M. & L. Rochefort. Article en préparation. Impact of local factors and landscape configuration on spontaneous revegetation of abandoned peatlands.

## 32. Recolonisation des tourbières du sud-est du Québec par les oiseaux / *Avian recolonization of peatlands of southeast Québec*

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**André Desrochers**  
Jean-Pierre Savard

Dép. des sciences du bois et de la forêt, Université Laval  
Service canadien de la faune

SITES D'ÉTUDE : 15 tourbières exploitées au Québec

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires

ÉCHÉANCIER PRÉVU : triennal (1993, 1996, 1999, 2002, 2005, 2008, etc)

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE: 1.3.3

### PROBLÉMATIQUE ET ENJEUX :

Les tourbières participent à enrichir la biodiversité régionale en formant des îlots de milieux boréaux, particulièrement dans les régions densément peuplées du Québec (Calmé *et al.*, 2002)<sup>6</sup>. Dans le Sud du Québec, de 12 % à 30 % de la superficie des tourbières a été convertie en champs agricoles (Champagne et Melançon, 1985) et jusqu'à 60 % a été endommagée à divers degrés (Pellerin, 2003). Pellerin et Lavoie (2000) ont observé que des fragments de tourbière laissés suite à l'exploitation de l'industrie de la tourbe au Bas-Saint-Laurent, avaient subi une augmentation importante de leur couvert forestier depuis les années '40.

Une recolonisation végétale par des espèces typiques des tourbières a été observée sur plusieurs sites abandonnés (cf. projet 31). Les sites abandonnés suite à l'extraction de la tourbe par aspirateur montrent un plus faible potentiel de recolonisation des végétaux que les sites abandonnés suite à l'extraction de la tourbe par blocs (Bérubé et Lavoie, 2000). Si nous souhaitons nous appuyer sur les sites abandonnés pour conserver les tourbières, il est nécessaire de s'assurer notamment du retour de la biodiversité à tous les niveaux taxonomiques. C'est pourquoi nous mesurons la recolonisation des sites abandonnés par les oiseaux.

Desrochers *et al.* (1998) ont effectué une analyse comparative de sites naturels et de sites post-blocs et post-aspirés dans le sud-est du Québec. Ils ont noté une plus grande similarité entre les communautés d'oiseaux des tourbières naturelles et celles des sites post-blocs que celles des sites post-aspirés. Cependant, les travaux de Desrochers *et al.* (1998) étaient basés sur 6 années seulement et nous ne savons pas encore s'il existe une convergence des communautés d'oiseaux (post-exploitation vs. naturel)

---

<sup>6</sup> BÉRUBÉ, M.-È. et C. LAVOIE, 2000. The natural revegetation of a vacuum-mined peatland: eight years of monitoring. *Can. Field-Nat.* 114: 279-286.

CALMÉ, S., A. DESROCHERS et J.-P. L. SAVARD, 2002. Regional significance of peatlands for avifaunal diversity in southern Québec. *Biol. Conser.* 107: 273-281.

CHAMPAGNE, J. et M. MELANÇON, 1985. Milieux humides de la région de Montréal, 1966-1981. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa, 21 p.

DESROCHERS, A., L. ROCHEFORT, J.-P. L. SAVARD. 1998. Avian recolonization of eastern Canadian bogs after peat mining. *Can. J. Zool.* 76: 989-997.

PELLERIN, S., 2003. Des tourbières et des hommes. L'utilisation des tourbières dans la région de Rivière-du-Loup-L'Isle-Verte. *Nat. Can.* 127: 18-23.

PELLERIN, S. et C. LAVOIE, 2000. Peatland fragments of southern Quebec: recent evolution of their vegetation structure. *Can. J. Bot.* 78: 255-265.

avec le temps. C'est pourquoi l'étude de la recolonisation des tourbières exploitées par les oiseaux est encore en cours, après 12 ans.

#### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Évaluer la recolonisation à long terme des tourbières exploitées, puis abandonnées, par les oiseaux.
- 2) Mettre en relation les tendances régionales des oiseaux avec les tendances observées dans les tourbières.
- 3) Évaluer le succès des techniques de restauration en termes de communautés aviaires.

#### MÉTHODOLOGIE :

**Sites étudiés.** – Quinze tourbières ont été visitées en 1993, 1996, 1999, 2002 et 2005. Nous avons considéré les sites qui n'ont jamais été exploités, les sites abandonnés après avoir été exploités par blocs et les sites abandonnés après avoir été exploités par aspirateur. Quelques sites ont été remis en production au cours des années et ont par conséquent été retirés de l'inventaire. Par contre, trois nouveaux sites abandonnés et un nouveau site naturel ont été ajoutés au cours des années.

**Inventaires d'oiseaux.** – Les inventaires ont été effectués par points d'écoute à rayon fixe (Ralph et al., 1993)<sup>7</sup> de 100 m d'une durée de 10 minutes. Les points ont généralement été visités deux fois par année, toujours entre le 23 mai et le 17 juillet et ce avant 11h00 du matin. Neuf observateurs ayant une expérience minimale de cinq ans se sont succédés, mais certains ont inventorié sur plusieurs années. Pour compenser la différence de la date d'arrivée printanière des oiseaux entre les régions, chaque année nous avons effectué les virées du sud vers le nord.

**Analyse statistique.** – Nous utiliserons des modèles linéaires mixtes avec structure d'erreur logistique (présence/absence) ou négative binomiale (nombres de couples). Les effets fixés sont le type de traitement (naturel, post bloc-cut, post-aspiré), le nombre d'années depuis l'abandon, et diverses variables végétales à l'échelle locale et du paysage. La tourbière (n=15) est identifiée comme effet aléatoire et les modèles tiennent compte des mesures répétées aux mêmes stations d'écoute, d'année en année. Nous utilisons le progiciel SAS v 9.1 (macro %GLIMMIX).

#### RÉSULTATS ATTENDUS:

Les analyses seront effectuées en hiver 2007.

#### PUBLICATION :

Aucun article sur ce dispositif depuis 1998. Un manuscrit sera soumis en 2007.

---

<sup>7</sup> RALPH, C. J., G. R. GEUPEL, P. PYLE, T. E. MARTIN et D. F. DESANTE, 1993. Handbook of field methods for monitoring land birds. U.S. For. Serv. PSW-GTR-144.

### **33. Effet de l'hydrologie et du substrat d'une tourbière abandonnée sur la croissance de la chicouté / *Hydrology and substratum effect on cloudberry growth in an abandoned peatland***

---

#### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Guillaume Théroux-Rancourt</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Phillipe Jobin	Professionnel de recherche, Université Laval
Line Lapointe	Professeure agrégée, Biologie, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Phytologie, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Pointe-Label (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture

AUTRES COLLABORATEURS : Ce projet bénéficie aussi d'une subvention octroyée à Line Lapointe et ses collaborateurs

Yolande Dalpé	Agriculture et agroalimentaire Canada
Yves Desjardins	Université Laval
Elisabeth Groeneveld	Ministère de l'Environnement et de la faune Québec
Esther Lévesque	Université du Québec à Trois-Rivières
Sara Kristine Naess	Centre de recherche les Buissons
Michel Patoine	Ministère de l'Environnement et de la faune Québec

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 – décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.1 (cf. Annexe 1)

#### PROBLÉMATIQUE :

La chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) est une plante circumpolaire à grand intérêt commercial en Scandinavie. Dans cette région, la cueillette de ce fruit peut être une source de revenu importante. La culture de ce fruit a débuté il y a environ quatre ans en Finlande et en Norvège. Au Canada, la chicouté représente un intérêt commercial local. Une culture de ce fruit adapté aux tourbières permettrait de revitaliser certaines régions aux prises avec des problèmes économiques (conflits dans le bois d'œuvre, chute des stocks de poissons). De plus, la combinaison de la culture de chicouté et la restauration des tourbières abandonnées serait particulièrement intéressante.

Les recherches effectuées sur la chicouté et sa culture depuis les années 80 l'ont été presque uniquement en Norvège et en Finlande. Il est donc nécessaire de vérifier les techniques développées et de les adapter aux conditions climatiques de l'Est canadien.

#### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Vérifier l'impact de deux niveaux d'eau différents sur la survie et la croissance de la chicouté en tourbière résiduelle, avec ou sans restauration de la tourbière;
- 2) Comparer les deux cultivars développés en Norvège avec deux clones de milieu naturel, un du Québec et un du Nouveau-Brunswick;
- 3) Analyser l'impact du substrat sur la survie des rhizomes de chicouté, en particulier en ce qui a trait à l'impact des propriétés physiques de la tourbe et à son degré de décomposition.

## MÉTHODOLOGIE :

Mai et juin 2004 – Mise en place du dispositif sur le terrain testant les facteurs suivants : deux niveaux d'eau (nappe phréatique à 25 et 50 cm de la surface), deux types de surface (restauration du couvert de sphaigne et non restauré) et quatre clones ou cultivars. Les surfaces de tourbe ont été profilées en terrasses afin d'obtenir les deux profondeurs de nappe d'eau voulues. Les méthodes de restauration d'un couvert de sphaigne mises au point par l'équipe de L. Rochefort ont été mises à profit afin d'établir un couvert de *Sphagnum fuscum* sur la moitié de la surface de chacune des terrasses. Les cultivars Fjellgull et Fjordgull de la Norvège ont été testés, ainsi qu'une population provenant de Pointe-Lebel et une autre du Nouveau-Brunswick.

Janvier à avril 2005 – Expérience en serre sur l'effet du degré de décomposition de la tourbe (H3 vs. H5) ainsi que de deux niveaux d'eau différents (25 et 45 cm de la surface) sur la croissance de la chicouté. À la fin de l'expérience, les plants ont été pesés individuellement et leurs différentes fractions (feuilles, ramets et pétioles, rhizomes, racines) ont été pesées séparément. Les plants étaient ensuite séchés et leur masse sèche a été mesurée.

Mai à septembre 2005 – Une nouvelle plantation de chicouté a été ajoutée dans le dispositif expérimental sur le terrain à cause du faible taux de survie des rhizomes plantés en 2004. Les plants ont été fertilisés en juin selon le guide de culture de la chicouté norvégien (Rapp, 2004)<sup>8</sup>. Le suivi phénologique (nombre d'individus, nombre de feuilles, diagonale des feuilles) a été effectué à la fin juillet, et ce pour les deux années de plantation. Entre juin et septembre, la teneur en eau volumique, le potentiel de pression du sol ainsi que le niveau de la nappe ont été mesurés sur une base régulière. Des échantillons de sols ont été prélevés afin d'analyser les propriétés physiques de la tourbe en surface. Ces échantillons ont été prélevés dans le présent site expérimental, ainsi que dans des sites adjacents où la densité de la chicouté était élevée. Ceci avait pour but de comparer les propriétés physiques des sites expérimentaux avec des sites où la chicouté semble se propager abondamment.

Octobre à décembre 2005 – Analyses physiques des échantillons de tourbe (49) pour divers paramètres reliés à l'hydrologie et à l'aération du substrat. La masse volumique apparente, la masse volumique réelle, la porosité totale et le degré de décomposition ont été mesurés. Une courbe de désorption entre 0 (saturation) et -100 mbar a aussi été effectuée.

Mai à août 2006 – Suivi des parcelles pour les deux années de plantation. Un projet concernant la plantation des rhizomes norvégiens Fjordgull dans différents milieux de la tourbière de Pointe-Lebel a aussi été débuté. Quinze (15) parcelles ont été plantées. La survie des rhizomes, le nombre de feuilles et la surface foliaire ont été mesurés à la fin juillet. De plus, trois à quatre échantillons de sol ont été prélevés en surface (0 à 10 cm) afin d'effectuer des analyses physiques du sol (masse volumique apparente, porosité totale, porosité d'air ainsi que degré de décomposition de la tourbe).

## RÉSULTATS :

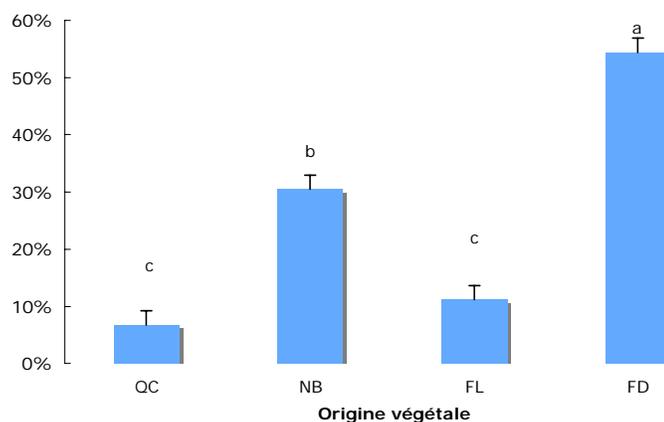
Pour le projet mené à Pointe-Lebel, l'impact des niveaux d'eau (ou terrasses) n'est pas significatif. Toutefois, les données récoltées en 2006 nous montrent une tendance vers une meilleure croissance dans la terrasse basse par rapport à la haute. Ceci serait dû à une masse volumique plus élevée du substrat sur la terrasse haute causée par la compaction de la machinerie lors de la confection du dispositif expérimental. La terrasse haute possède aussi une porosité totale plus faible que la terrasse basse, qui était gelée lors de la confection du dispositif. De plus, la terrasse haute retient plus d'eau aux potentiels de pression trouvés au champ durant la période de croissance.

---

<sup>8</sup> Rapp, K. 2004. Cloudberry growers guide. North Norwegian Centre for Research and Rural Development, Tromsø. 15 p.

Le paillis de paille, inhérent à la restauration, a réduit le nombre total de feuilles des plants de chicouté par rapport à ceux de la tourbe nue. Toutefois, la surface foliaire était plus grande sous le paillis.

En ce qui a trait aux différentes origines végétales étudiées, le cultivar norvégien Fjordgull a donné des meilleurs résultats pour les deux années de plantation. Il faut toutefois noter que, malgré ses bonnes performances par rapport aux autres, le taux de survie était faible, soit 20 % pour la plantation de 2004 et 55 % pour la plantation de 2005. L'autre cultivar norvégien, Fjellgull, de même que les populations locales de Pointe-Lebel et du Nouveau-Brunswick, ont donné des résultats similaires en termes de survie et de nombre de feuilles. La survie et la croissance des différentes origines végétales n'étaient pas différentes entre les deux terrasses.



**Figure 5. Pourcentage de survie des différentes origines végétales pour la plantation de 2005, après une année de croissance. QC : Population de Pointe-Lebel; NB : Population du Nouveau-Brunswick (Acadie); FL : Cultivar Fjellgull; FD : Cultivar Fjordgull.**

Pour l'expérience en serre, aucune différence n'a été détectée sur la croissance des plants dans les deux types de tourbe (H3 et H5) et pour les deux niveaux d'eau. Une tendance était observable pour la masse fraîche des rhizomes selon le type de tourbe, où les rhizomes dans une tourbe H3 avaient une masse fraîche plus élevée qu'en tourbe H5. Toutefois, les masses sèches n'étaient pas différentes.

En ce qui a trait au projet sur l'implantation du cultivar Fjordgull dans différents milieux, les résultats n'ont pas encore été analysés. Toutefois, nous nous attendons à des résultats similaires à ceux obtenus précédemment, c'est-à-dire qu'une masse volumique plus importante, donc une tourbe plus compacte, limiterait l'implantation et la croissance de la chicouté en tourbière.

## CONCLUSION :

À la lumière de ces résultats, nous pouvons faire deux recommandations. La première porte sur la sélection et la préparation du site. La chicouté semble s'implanter et croître plus difficilement dans une tourbe plus dense et où la porosité totale est plus faible. Il faut donc porter une attention particulière à la sélection du site afin de choisir une tourbe ayant été peu compactée par la machinerie ou une tourbe plus fibreuse. De plus, un travail minimal de la surface à cultiver, voire une absence de machinerie, devrait être envisagé, et ce afin de minimiser la compaction. Le niveau d'eau en soit ne semble pas si important, tant que la disponibilité en eau est suffisante pour la plante.

La deuxième recommandation porte sur le paillis, ou plutôt sur la combinaison de la restauration de la tourbière après récolte de la tourbe et la culture de la chicouté. La présence de paillis a eu un effet

négatif sur le nombre de feuilles à l'implantation de la chicouté. Il serait donc préférable de planter la chicouté trois ans avant la restauration, afin que la chicouté s'implante en absence de paille, ou trois ans après, lorsqu'il y a une plus faible quantité de paille.

Par rapport à l'origine végétale à privilégier, le cultivar Fjordgull a donné les meilleurs taux de survie, bien que faibles. La sélection d'un clone local ou la propagation des cultivars norvégiens au Canada serait de meilleures avenues que l'implantation de populations sauvages, moins performantes, ou l'importation de rhizomes de Norvège, très onéreuse.

Ce projet, ainsi qu'un projet réalisé en Finlande (G. Théroix Rancourt, données non publiées), montrent l'importance du choix d'un bon site pour démarrer une culture de chicouté. En ayant un bon site et en utilisant des techniques culturales adaptées au Canada, la survie devrait être plus élevée, tout comme la croissance des plants.

#### PUBLICATION(S) :

Théroix Rancourt, G. En préparation. Effet de l'hydrologie et du substratum d'une tourbière abandonnée sur la croissance de la chicouté. Mémoire de maîtrise. Date prévue de dépôt : janvier 2007.

Théroix Rancourt, G., L. Lapointe & L. Rochefort. Article en préparation. Cloudberry cultivation in abandoned peatland: Substratum and mulch impact on the growth of clones of different geographical origin.

Théroix Rancourt, G., L. Lapointe & L. Rochefort. 2005. *Finnish-Canadian Collaboration on Cloudberry Cultivation*. Peatlands International 1/2005: 28-30.

Bellemare, M. & G. Théroix Rancourt. 2005. Culture de la chicouté : État des connaissances. Rapport sous la supervision de L. Lapointe et L. Rochefort. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec. Décembre 2005. 24 p.

→ Une 2<sup>e</sup> édition de ce rapport devait être disponible à l'automne 2007.

## **34. Pratiques culturelles de la chicouté en tourbière naturelle et résiduelle / *Cloudberry cultural methods in natural and mined peatland***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Mireille Bellemare</b>	Étudiante, 2 <sup>e</sup> cycle biologie, Université Laval
Phillipe Jobin	Professionnel de recherche, Université Laval
Line Lapointe	Co-directrice, Professeur agrégée, Biologie, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, Professeure titulaire, Phytologie, Université Laval

SITES D'ÉTUDES : Deux sites à Pointe-Label (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture et Tourbières Berger

AUTRES COLLABORATEURS : cf. projet 33

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 - décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Suite à la décroissance de la pêche commerciale, les régions côtières nordiques cherchent à diversifier leur économie en misant sur les ressources naturelles alternatives à la pêche. La chicouté est un petit fruit nordique qui pourrait être mis en valeur dans ces milieux. D'ailleurs, depuis quelques années, les Norvégiens et les Finlandais ont commencé à le cultiver. Le présent projet explore différentes pratiques culturelles qui pourraient améliorer les faibles rendements en fruits observés en nature. De plus, des régies de culture seront testées sur des tourbières abandonnées afin de donner une seconde vie à ces sites tourbeux.

Les recherches réalisées sur la chicouté n'en sont qu'à leur début, il est donc essentiel d'établir les facteurs qui seront à la base d'une culture rentable dans les conditions prévalant au Canada.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

L'objectif général de cette étude est d'améliorer la productivité de la chicouté en tourbières naturelles et résiduelles.

- 1) Vérifier si le sectionnement des rhizomes et la fertilisation améliore le rendement en fruits en tourbière naturelle;
- 2) Évaluer l'effet d'un brise-vent (clôture à neige) sur la chicouté en tourbière abandonnée (impact sur le régime de température, risques de gel);
- 3) Évaluer l'effet de la période de plantation, de la longueur du rhizome et de la profondeur de plantation sur la survie et la croissance de la chicouté en tourbière abandonnée.

### MÉTHODOLOGIE :

- En tourbière naturelle, des rhizomes de chicouté ont été sectionnés à tous les mètres (mai 2004) et une fertilisation a été appliquée en profondeur (août 2004) dans 6 parcelles. Un suivi phénologique a été réalisé de façon hebdomadaire et le nombre de ramets et de feuilles de chicouté a été évalué aux deux semaines dans les parcelles témoins et traitées pour les années 2004 à 2006.

- Une clôture à neige a été disposée aux centres de trois parcelles et son impact a été évalué sur le régime de température dans quatre quadrats situés de chaque côté du brise-vent (juin 2004 et 2005). Le pourcentage de survie de la chicouté a été évalué en août 2004, 2005 et 2006.
- Un dispositif visant à tester l'impact de la période de plantation (automne versus printemps) sur le taux de survie de la chicouté a été mis en place. De plus, un second dispositif a été réalisé testant les facteurs profondeur de plantation (5-10 cm) et longueur des rhizomes (15-20-25 cm) sur la survie et la croissance de la chicouté. La survie, le nombre de feuilles et la surface foliaire ont été évalués pour ces deux expériences en 2005 et 2006.

#### RÉSULTATS :

- Tourbière naturelle : Les résultats indiquent qu'il y a un effet du sectionnement des rhizomes et de la fertilisation sur la densité de ramets et de feuilles de la chicouté. Cet effet positif est nettement visible la 3<sup>e</sup> année, quoiqu'on peut déjà observer des différences dès la 2<sup>e</sup> année. Le traitement de sectionnement et de fertilisation a aussi un effet sur la surface foliaire quoique moins important. En ce qui concerne les variables reliées à la reproduction sexuée (nombre de fleurs femelles, fruits, etc.), le traitement n'a pas eu d'effet évident, sauf pour une légère augmentation du nombre de fleurs femelles en parcelles sectionnées et fertilisées pour l'année 2006.
- Tourbière résiduelle : L'expérience testant l'influence d'un brise-vent sur la productivité de la chicouté et sur les conditions microclimatiques a permis de conclure qu'aucun impact n'était observé, du moins à court terme, sur la survie de la chicouté. Cependant, des effets se faisaient sentir sur le microclimat puisque les parcelles non exposées au vent présentent de plus grandes variations de température. L'expérience sur la longueur des rhizomes et la profondeur de plantation en tourbière résiduelle a permis d'apprendre que les rhizomes devraient avoir au moins 20 cm de longueur et être planté à 5 cm sous la surface du sol afin d'obtenir un meilleur taux de survie. Enfin, l'avantage de la plantation à l'automne sur la survie des rhizomes de chicouté a été mis en évidence.

#### CONCLUSION :

La croissance végétative de la chicouté a été améliorée en tourbière naturelle, cependant aucun effet n'a été observé jusqu'à présent sur le rendement en fruits. Il est possible que cette croissance végétative accrue se traduise par une meilleure production de fruits dans quelques années. En tourbière résiduelle nous avons déterminé quelles étaient la longueur du rhizome, la profondeur et la saison de plantation les plus avantageuses pour favoriser la survie de la chicouté. La culture de la chicouté à grande échelle n'est cependant pas envisageable actuellement étant donné les taux de survie encore trop faibles. Il reste donc beaucoup de recherche à faire notamment au niveau de la nappe phréatique, de la fertilisation, des propriétés physiques du substrat, etc., pour en arriver à une culture rentable de la chicouté (projets en cours dans le cadre de la subvention à Dr. Line Lapointe).

#### PUBLICATIONS :

Bellemare, M. & G Théroux Rancourt. 2005. Culture de la chicouté: États des connaissances. Rapport sous la supervision de L. Lapointe et L. Rochefort. Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec. Décembre 2005. 24 p.

→ Une 2<sup>e</sup> édition de ce rapport devait être disponible à l'automne 2007.

Bellemare, M. En préparation. Productivité de la chicouté au Québec en fonction de diverses régies de culture. Mémoire (M. Sc.), Département de phytologie, Université Laval, Québec. Dépôt prévu à l'automne 2006.

## **35. Plantation d'arbustes à petits fruits sur tourbière résiduelle / *Berry shrubs plantation on mined peatlands***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Stéphanie Boudreau</b>	Professionnelle de recherche, Université Laval
Julie Bussières	Professionnelle de recherche, Université Laval
Guillaume Clément-Mathieu	1 <sup>o</sup> cycle agronomie, Université Laval
Blanche Dansereau	Professeure, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Saint-Bonaventure (QC)

PARTENAIRE INDUSTRIEL : Fafard et Frères Ltée

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Printemps 2004 - automne 2005

OBJECTIF RELIÉ   LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.1 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Lorsque diverses contraintes limitent les possibilités de restauration écologique, le r eam nement des tourbières, notamment la plantation d'arbustes à fruits, s'avère une alternative intéressante. Les connaissances reli es à la culture sur tourbière résiduelle sont toutefois fragmentaires, particulièrement au niveau de la régie de culture et du choix des espèces fruitières.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1)  valuer le potentiel agronomique de trois espèces d'arbustes à petits fruits sur tourbière résiduelle ;
- 2) Tester l'effet de différents traitements de fertilisation (dose et mode d'application) sur la croissance et le rendement en fruits des arbustes, ainsi que sur l'intensité de la compétition par les mauvaises herbes ;
- 3)  valuer l'effet d'un paillis sur le contrôle des mauvaises herbes lors des premières années de plantation.

### MÉTHODOLOGIE :

En mai 2004, une plantation de 672 plants de trois espèces d'arbustes fruitiers a été r ealis e sur une planche abandonn e dans la région de Saint-Bonaventure. Cette planche représente les conditions normalement rencontr es sur le site. Les trois espèces sont : l'Amélanchier à feuilles d'aulne (*Amelanchier alnifolia*), l'aronia (*Aronia melanocarpa*) et le Sureau blanc (*Sambucus nigra* ssp. *canadensis*). Les arbustes ont été plantés avec un espacement de 1,5 m sur les rangs et de 3 m entre les rangs. Une unité expérimentale est compos e d'un rang de huit plants.

Sept traitements ont été testés, combinant le mode d'application du fertilisant (en surface ou injecté sous la surface du sol), la dose (65 ou 130 g/plant) et l'utilisation d'une paillis noir (tableaux 1, 2 et 3). Précisons que l'engrais à libération lente utilisé est composé d'urée (46-0-0), de roche phosphat e (0-13-0) et de muriate de potassium (0-0-60), pour une composition finale de 3,4-19-29. Le paillis est quant à lui fait d'un film de polyéthylène noir.

Différentes mesures ont été prises afin de caractériser le site résiduel :  paisseur de tourbe, degré de décomposition de tourbe, pH, conductivité électrique et analyses d'éléments chimiques. Au printemps, la

hauteur du plant et le diamètre de la couronne ont été mesurés (mesure initiale). Ces mesures ont été répétées en août 2004 et 2005. Le taux de survie et l'importance des mauvaises herbes ont également été évalués.

Une plantation d'aronia établie en 2000 où différentes doses de fertilisation avaient été testées a aussi été mesurée régulièrement, tant pour évaluer la croissance des plants que pour estimer le rendement en fruits.

## RÉSULTATS :

### *Aronia melanocarpa* :

La survie de cette espèce est excellente. La fertilisation est nécessaire mais de petites quantités appliquées annuellement assurent une meilleure croissance que des plus grandes doses initiales. Le paillis n'a pas un impact important sur la croissance des plants car cette espèce est tolérante à la compétition par les mauvaises herbes. On note tout de même, lors de la 2<sup>e</sup> année, que les plants sont légèrement plus volumineux lorsqu'un paillis est présent, même si cet effet positif n'est pas aussi important qu'une fertilisation répétée.

**Tableau 1 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants d'*Aronia melanocarpa* à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.**

	Application	Quantité (g/plant)	Paillis	Survie (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
T1	En surface	130	Non	100	63	47
T2	En surface	130	Oui	96	71	66
T3	En surface	65	Non	96	64	52
T4	En surface	65 (x 2)	Non	100	81	71
T5	Témoin	0	Non	100	38	18
T6	Injection	130	Non	100	61	47
T7	Injection	130	Oui	83	74	77

Le rendement en fruits mesuré dans les plus vieille plantation atteint 1,9 kg/plant (4,25 t/ha) après cinq ans, ce qui est assez comparable à ce qu'on trouve dans d'autres études sur l'aronia.. Une fertilisation est cependant nécessaire. Tous les résultats concernant cette espèce font l'objet d'une publication.

### *Sambucus canadensis* :

Le sureau a une survie et une croissance nettement meilleures lorsqu'un paillis de plastique est présent. En fait, cette espèce tolère mal la compétition par les mauvaises herbes. La fertilisation est aussi essentielle, mais comme l'aronia, il est préférable d'utiliser de petites quantités appliquées annuellement que de plus fortes doses initiales.

**Tableau 2 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants de *Sambucus canadensis* à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.**

	Application	Quantité (g/plant)	Paillis	Survie (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
T1	En surface	130	Non	25	61	67
T2	En surface	130	Oui	92	89	111
T3	En surface	65	Non	58	52	70
T4	En surface	65 (x 2)	Non	42	92	117
T5	Témoin	0	Non	8	7	3
T6	Injection	130	Non	46	46	45
T7	Injection	130	Oui	92	83	101

*Amelanchier alnifolia* :

Les plants d'amélanchier ont présenté une mortalité élevée (taux de survie de 56 % après deux ans) et plusieurs signes de carence. C'est une espèce très sensible à la compétition par les mauvaises herbes et un paillis de paille permet toutefois une meilleure croissance des plants. Malgré une légère fertilisation, cette espèce reste peu adaptée aux conditions rencontrées dans les tourbières résiduelles.

**Tableau 3 – Survie et croissance (hauteur et diamètre de la couronne) des plants d'*Amelanchier alnifolia* à l'automne 2005, soit deux saisons de croissance après la mise en place de l'expérience.**

	Application	Quantité (g/plant)	Paillis	Survie (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
T1	En surface	130	Non	46	14	10
T2	En surface	130	Oui	54	61	44
T3	En surface	65	Non	46	24	17
T4	En surface	65 (x 2)	Non	58	27	17
T5	Témoin	0	Non	13	9	5
T6	Injection	130	Non	29	8	8
T7	Injection	130	Oui	79	50	36

CONCLUSION :

Des trois espèces d'arbustes à petits fruits, l'aronia est celle ayant le meilleur potentiel agronomique sur tourbière résiduelle. Le sureau, s'il n'est pas affecté par des mauvaises herbes, est aussi une espèce intéressante. Par contre, l'amélanchier utilisé dans cette expérience n'est pas adapté aux conditions rencontrées dans les tourbières résiduelles. Il serait cependant intéressant de tester d'autres espèces de ce

genre, comme l'*Amelanchier bartramiana*, une espèce qu'on retrouve naturellement en bordure des tourbières.

Une fertilisation minimale est essentielle pour garantir une bonne croissance des arbustes et un bon rendement en fruits. Une faible quantité de fertilisant (65 g/plant de 3,4-19-29) appliqué annuellement devrait être privilégié.

L'utilisation d'un paillis de polyéthylène noir permet de contrôler adéquatement les mauvaises herbes, ce qui améliore la croissance des plants, surtout de l'amélanchier et du sureau. Il n'est cependant pas essentiel pour une espèce comme l'aronia, tolérante aux mauvaises herbes.

#### PUBLICATIONS :

Bussières, J., S. Boudreau, G. Clément-Mathieu, B. Dansereau & L. Rochefort. En préparation. Growing Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) in Cut-over Peatlands. HortScience. Soumission prévue en Novembre 2006.

Bussières, J. 2005. Potentiel d'établissement d'essences forestières et fruitières en tourbières résiduelles. 81 p. Thèse M. Sc., département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy.

Les résultats de ces expériences seront aussi incorporés à un rapport sur la culture des petits fruits, qui devait être disponible à l'automne 2007.

### **36. Essai de plantation de la Camarine noire (*Empetrum nigrum* L.) sur tourbière résiduelle/ *Black crowberry (Empetrum nigrum* L.) plantation on mined peatlands**

---

#### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

**Stéphanie Boudreau**

Luc Miousse

Line Rochefort

Professionnelle de recherche, Université Laval

Professionnel de recherche (2003-2005), Université Laval

Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Coteau Road, NB

PARTENAIRE INDUSTRIEL : La Mousse Acadienne

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2004 - 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.1 (cf. Annexe 1)

#### PROBLÉMATIQUE :

Les plantations d'arbustes pour la production de petits fruits font partie des options possibles pour le réaménagement des tourbières résiduelles après récolte de la tourbe. Des essais ont été tentés auparavant avec diverses espèces (cf. projet 35), mais le potentiel de d'autres espèces de tourbière reste à être exploré plus à fond.

#### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Tester le potentiel d'*Empetrum nigrum* (Camarine noire) de s'établir et de croître à partir de transplants sur un substrat tourbeux résiduel sec;
- 2) Évaluer l'effet d'une fertilisation phosphatée sur la survie et la croissance d'*Empetrum nigrum*.

#### MÉTHODOLOGIE :

Les rhizomes et la tige de plants d'*Empetrum nigrum* ont été récoltés manuellement à la tourbière de Shippagan en juin 2004. Les plants ont été transplantés sur les terrains de Mousse acadienne à Coteau Road, à proximité des plantations de *Rubus chamaemorus*. Le dispositif expérimental comprend 2 250 plants disposés dans six parcelles de 4 m x 6 m pour un total de 375 plants par parcelle. Trois parcelles ont été fertilisées avec du superphosphate (0-46-0) à une dose de 15 g/m<sup>2</sup>.

La survie des plants a été évaluée le 10 juin 2006, soit deux ans après la plantation. De plus, l'étalement moyen des plants a été calculé à partir des mesures de diamètre.

#### RÉSULTATS :

Très peu de plants ont survécu à la transplantation par rhizomes. On dénombre seulement 5 % de plants vivants dans les parcelles fertilisées et 2 % dans les parcelles non fertilisées.

La fertilisation a un impact sur l'étalement des plants. Ceux-ci couvrent en moyenne de 155 cm<sup>2</sup> lorsque fertilisés et seulement 18 cm<sup>2</sup> sans fertilisation.

#### CONCLUSION :

L'*Empetrum nigrum* n'a pas montré de potentiel intéressant pour la croissance en tourbière résiduelle. Par contre, notre technique d'introduction n'était peut-être pas bien adaptée à cette espèce. D'autres tests devraient être effectués en serre pour d'abord déterminer de meilleures techniques de propagation. La fertilisation phosphatée est toutefois essentielle si on désire entreprendre d'autres essais avec la Camarine noire.

## **37. Fertilisation initiale et nutrition des plantations d'essences forestières sur tourbe résiduelle / *Fertilisation and nutrition of forest tree plantations on residual peat***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Gabriel Caisse</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Stéphanie Boudreau	Professionnelle de recherche, Université Laval
Alison Munson	Co-directrice, professeure, foresterie, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDE : Pointe-au-Père (QC), Lamèque (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture, SunGro Horticulture

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 - décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.2 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Le boisement peut être envisagé comme complément à la restauration écologique dans un projet de restauration à grande échelle ou en tant qu'option de réhabilitation d'un site lorsque la restauration pose problème. L'utilisation d'arbres est aussi utile pour former des brise-vent dans diverses situations. La tourbe résiduelle est trop pauvre en éléments nutritifs pour permettre une croissance adéquate des arbres. De plus, dans plusieurs sites, l'épaisseur de tourbe résiduelle est trop importante pour permettre aux racines des arbres d'accéder aux éléments minéraux contenus dans le sol minéral sous-jacent. La fertilisation lors de la plantation est donc nécessaire pour favoriser la croissance et la survie des jeunes arbres.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Comparer l'efficacité de six traitements de fertilisation localisée pour favoriser l'implantation et la croissance des semis d'épinette noire et de mélèze plantés sur tourbe résiduelle;
- 2) Déterminer la réponse nutritionnelle (analyse foliaire) des arbres aux différents traitements de fertilisation appliqués.

### MÉTHODOLOGIE :

#### Expérience à Pointe-au-Père :

L'expérience comportait six traitements de fertilisation localisée appliqués au moment de la plantation dont deux « sachets de thé » (« tea bags ») de formulation commerciale (traitements 5 et 6), trois sachets de thé de formulation expérimentale (traitements 2, 3 et 4) et un autre traitement expérimental appliqué sous forme granulaire (traitement 1; Tableau 1).

Cette expérience a été appliquée à des Épinettes noires et des Mélèzes laricins dans deux secteurs de la tourbière; l'un étant mal drainé et l'autre profitant d'un drainage convenable. Les plants d'épinette étaient d'un calibre de 110 cc tandis que les plants de mélèze avaient un calibre de 50 cc. Les arbres ont été plantés selon un espacement de 3 m, soit une densité d'environ 1 100 plants/ha.

**Tableau 4 – Traitements de fertilisation testés sur les Épinettes noires et les Mélèzes laricins dans l'expérience à Pointe-au-Père.**

	Traitement	Formulation	N/plant (g)	P/plant (g)	K/plant (g)
1	PK granulaire	0 - 11 - 10	0,0	3,1	5,7
2	(N)P	10 - 48 - 0	1,4	3,0	0,0
3	(N)PK	10 - 24 - 21	3,2	3,2	5,0
4	NPK	18 - 18 - 16	7,0	3,0	5,0
5	Restoration Pak	11 - 17 - 9	1,1	3,7	0,8
6	Forest Pak	20 - 11 - 9	2,0	0,5	0,8

- Juin et juillet 2004 : Plantation et fertilisation des arbres, prise de mesures initiales de hauteur et de diamètre;
- Août 2004 : Récolte d'échantillons foliaires de mélèzes;
- Octobre 2004 : Prise de mesures de la hauteur, de la longueur de la pousse terminale et du diamètre des arbres. Récolte d'échantillons foliaires pour les épinettes. Mesures de profondeur de tourbe;
- Automne 2004 : Analyse chimique des échantillons foliaires;
- Août 2005 : Récolte d'échantillons foliaires de mélèzes;
- Octobre 2005 : Prise de mesures de la hauteur, de la longueur de la pousse terminale et du diamètre des arbres. Récolte d'échantillons foliaires pour les épinettes. Récolte d'arbres entiers;
- Automne 2005 : Analyse chimique des échantillons foliaires. Mesure de la masse sèche des arbres récoltés.

#### Expérience à Lamèque :

Cette expérience ne portait que sur l'Épinette noire. Trois traitements de fertilisation ont été testés, sélectionnés à partir de ceux utilisés à Pointe-au-Père (traitements 3, 4 et 6; Tableau 1). Les plants d'épinette étaient d'un calibre de 50 cc et ont été plantés selon un espacement de 2 m; soit une densité de 2 500 plants/ha.

- Juin et Juillet 2004 : Plantation des arbres, fertilisation des arbres, échantillonnage de sol, prise de mesures initiales de hauteur et de diamètre, mesures de profondeur de tourbe;
- Octobre 2004 : Prise de mesures de hauteur, hauteur de la pousse terminale et diamètre. Récolte d'échantillons foliaires. Mesures de profondeur de tourbe;
- Juin 2005 : Comptabilisation des taux de survie. Étant donné les taux de survie très bas, aucune autre mesure n'a été prise.

## RÉSULTATS

### Expérience à Pointe-au-Père :

Le taux de mortalité des arbres plantés dans le secteur mal drainé était trop élevé pour permettre un échantillonnage intéressant. La prise de mesure sur les arbres survivants de ce secteur était fortement compliquée puisque plusieurs arbres étaient entièrement submergés par l'eau retenue dans ce secteur à cause du drainage déficient. Les résultats de cette expérience proviennent donc seulement du secteur bien drainé de la tourbière.

Après deux saisons de croissance, la fertilisation initiale favorise la survie et la croissance des épinettes et des mélèzes. Il est possible d'identifier les traitements les plus performants pour favoriser la croissance du mélèze tandis que l'épinette répond beaucoup plus faiblement aux diverses formulations de fertilisants à ce niveau. Par ailleurs, les valeurs de masse sèche des parties aériennes et des racines obtenues pour les deux espèces sont très informatives pour identifier les traitements favorisant le mieux l'implantation des arbres.

Dans le cas du mélèze, ce sont les traitements expérimentaux (N)PK et NPK qui ont favorisé le plus la croissance des plants tandis que tous les traitements ont eu un effet similaire sur la survie des plants. Les épinettes ont eu une meilleure croissance avec les traitements expérimentaux (N)PK et NPK de même qu'avec le Forest Pak. La survie des épinettes était meilleure avec le Forest Pak et le Restoration Pak.

L'analyse des données nutritionnelles (analyses foliaires) démontre que l'azote est l'élément le plus absorbé par les arbres lors de la saison suivant la plantation alors que la saison suivante, le phosphore est l'élément le plus important pour les arbres.

### Expérience à Lamèque :

Après la première saison de croissance, les trois traitements de fertilisation influencent de façon similaire la croissance et la survie des épinettes noires. La survie moyenne des arbres est supérieure à 90 % pour tous les traitements. Cependant, la faible accumulation de neige lors de l'hiver suivant a entraîné une forte mortalité causée par le vent et le froid. En conséquence, la survie moyenne des arbres lors de la deuxième saison de croissance était inférieure à 20 %. Nous avons donc décidé de cesser de prendre des mesures sur les arbres de cette expérience, puisque l'effet des traitements risque fortement d'être biaisé par la forte mortalité des arbres.

## CONCLUSION :

La fertilisation localisée au moment de la plantation est primordiale afin que les arbres s'implantent avec succès. Une formulation adéquate doit contenir une source d'azote facilement accessible lors de la première saison de croissance pour permettre une croissance rapide de la partie aérienne et du système racinaire des arbres. Il est aussi important que le fertilisant utilisé contienne une quantité suffisante de phosphore et de potassium pour assurer la croissance des arbres lors des saisons subséquentes. Il est nécessaire d'effectuer un suivi de la croissance des arbres dans les prochaines années afin de déterminer la durée de l'effet de la fertilisation initiale et d'identifier si une nouvelle fertilisation est nécessaire.

Deux insuccès, soit la forte mortalité subie par les arbres en raison du manque de protection durant la saison hivernale à Lamèque et le drainage déficient d'un secteur de la tourbière de Pointe-aux-Pères, nous poussent à en apprendre encore plus sur la plantation d'arbres sur tourbe résiduelle. Il est nécessaire de trouver des moyens d'assurer une survie maximale des arbres plantés.

PUBLICATIONS :

Caisse, Gabriel. En préparation. Importance de la fertilisation lors du boisement des tourbières résiduelles. Mémoire M.Sc. biologie végétale, Université Laval, Québec, Canada. Dépôt prévu en décembre 2006.

Caisse, G. 2005. Rehabilitation of cutaway peatlands in Eastern Canada. Canadian Reclamation. Winter/Spring 2005. p. 9-12.

Les résultats de ces expériences seront aussi résumés dans le guide de plantation forestière sur tourbe résiduelle, prévu en juin 2007.

## **38. Refertilisation de plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin / *Refertilization of black spruce and tamarack plantations***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Gabriel Caisse</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Stéphanie Boudreau	Professionnelle de recherche, Université Laval
Alison Munson	Co-directrice, professeure, foresterie, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDE : Bay-du-Vin et Baie-Sainte-Anne (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Tourbières Berger

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2005 - décembre 2006

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.2 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

La fertilisation localisée appliquée lors de la plantation est primordiale en tourbières résiduelles afin de favoriser une bonne implantation des arbres. Une nouvelle fertilisation des plantations doit cependant être considérée pour soutenir la croissance des arbres après que l'effet de la fertilisation initiale se soit estompé.

Des plantations d'Épinette noire (Bay-du-Vin) et de Mélèze laricin (Baie-Ste-Anne) ont été implantées en 2001. Les arbres ont alors été fertilisés individuellement avec le fertilisant en pastilles Evergro Tab (20-10-15). Toutefois la croissance des arbres était très faible depuis leur troisième saison de croissance. Une expérience visant à déterminer l'importance de l'ajout d'azote, de phosphore et de potassium lors d'une nouvelle fertilisation des plantations d'épinettes et de mélèzes a été mise en place au printemps 2005.

### OBJECTIF SPÉCIFIQUE :

Évaluer les besoins nutritionnels de plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin implantées sur tourbe résiduelle depuis quatre ans (2001) et dont la croissance stagne.

### MÉTHODOLOGIE :

L'expérience était conçue selon une structure des traitements factorielle comportant trois facteurs (azote, phosphore et potassium) qui avaient chacun deux niveaux (présence, absence). Les arbres ont été fertilisés localement en appliquant le fertilisant en surface autour de chaque arbre. Les sources et doses d'azote, de phosphore et de potassium étaient respectivement de l'urée (87 g/plant), de la roche phosphatée (159 g/plant) et du muriate de potasse (31 g/plant).

- Mai 2005 : Mise en place du dispositif expérimental, mesure de la hauteur et du diamètre des arbres et fertilisation;
- Août 2005 : Échantillonnage foliaire des mélèzes;
- Octobre 2005 : Mesure de la hauteur, de la longueur de la pousse terminale et du diamètre des arbres. Échantillonnage foliaire des épinettes;
- Automne 2005 : Analyse chimique des échantillons foliaires;

- Octobre 2006 : Mesure de la hauteur, de la longueur de la pousse terminale et du diamètre des arbres.

#### RÉSULTATS :

Des résultats intéressants ont été obtenus dès la fin de la saison de croissance suivant la nouvelle fertilisation. Dans les plantations de mélèze, l'effet le plus marqué provient de l'ajout de phosphore. La croissance annuelle est en effet cinq fois plus importante pour les combinaisons de fertilisants contenant de la roche phosphatée. L'azote a aussi eu un effet positif sur la croissance des mélèzes, mais seulement lorsque qu'il était combinée avec du phosphore. L'application de potassium a favorisé la croissance des plants lorsque le phosphore était présent, par contre cet effet n'est pas statistiquement significatif.

Comme pour le mélèze, l'ajout d'azote ou de potassium n'a eu aucun effet sur la croissance de l'épinette en l'absence de phosphore. Le phosphore appliqué seul entraîne une augmentation de croissance. Toutefois l'ajout de potassium au phosphore engendre une croissance réduite en absence d'azote tandis qu'il favorise la croissance lorsque l'azote est présent.

Malgré que l'azote ajouté en combinaison avec du phosphore ou du potassium puisse avoir un effet positif sur la croissance des épinettes et des mélèzes, sa présence favorise l'envahissement par les mauvaises herbes et par la végétation compétitrice.

L'analyse des données nutritionnelles (analyses foliaires) démontre sans l'ombre d'un doute que le phosphore était l'élément qui faisait le plus défaut aux épinettes et aux mélèzes.

Les mesures prises à la fin de la deuxième saison de croissance suivant la nouvelle fertilisation viennent appuyer les résultats de l'année précédente. Dans le cas du mélèze, l'augmentation de croissance liée à l'effet conjoint du phosphore et du potassium est désormais statistiquement significative.

#### CONCLUSION :

La stagnation de la croissance des plantations de Baie-Ste-Anne et de Bay-du-Vin était causée par des carences nutritionnelles apparues moins de quatre ans suivant la fertilisation initiale des arbres. À la lumière des résultats obtenus, nous recommandons que les plantations d'épinettes et de mélèzes fertilisées initialement avec le fertilisant Evergro Tab soient fertilisées à nouveau au maximum quatre ans suivant la plantation. Le mélèze devrait être fertilisé avec du phosphore et du potassium et l'épinette avec du phosphore seulement. Un suivi à long terme de ces expériences devrait être fait afin de déterminer la durée de l'effet de la nouvelle fertilisation.

#### PUBLICATION :

Caisse, Gabriel. En préparation. Importance de la fertilisation lors du boisement des tourbières résiduelles. Mémoire M.Sc. biologie végétale, Université Laval, Québec, Canada. Dépôt prévu en décembre 2006.

Les résultats de ces expériences seront aussi résumés dans le guide de plantation forestière sur tourbe résiduelle, prévu en juin 2007.

### **39. Effet de l'aulne et du bouleau utilisés comme espèces compagnes et de deux fertilisants sur l'implantation de trois conifères plantés sur tourbe résiduelle / *The effect of alder and birch used as companion species and of two fertilizers on the implantation of three conifers planted on residual peat***

---

#### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Gabriel Caisse</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Stéphanie Boudreau	Professionnelle de recherche, Université Laval
Alison Munson	Co-directrice, professeure, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Pointe-aux-Pères (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Premier Horticulture,

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 à décembre 2005

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.2 (cf. Annexe 1)

#### PROBLÉMATIQUE :

La fertilisation est-elle la seule manière de favoriser la survie et la croissance des conifères plantés en tourbières résiduelles? La plantation d'autres espèces d'arbres agissant comme espèces compagnes pourrait aussi avoir un effet positif sur les plantations de conifères. En effet, la plantation d'espèces feuillues pourrait fournir une protection aux conifères face au gel et au vent et aussi favoriser un retour du recyclage naturel des éléments nutritifs dans le sol. De plus, la plantation conjointe de diverses espèces d'arbres ou d'arbustes, conifères ou feuillus, ajoute indéniablement à la diversité végétale d'un site reboisé.

#### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Évaluer l'effet à moyen terme de deux espèces compagnes, le bouleau et l'aulne, sur la croissance de l'Épinette noire, du Mélèze laricin et du Pin gris plantés sur de la tourbe résiduelle;
- 2) Comparer la performance de deux traitements commerciaux de fertilisation localisée pour favoriser l'implantation de l'Épinette noire, du Mélèze laricin et du Pin gris sur de la tourbe résiduelle.

#### MÉTHODOLOGIE :

Chacune des espèces de conifère principales (mélèze, épinette, pin) ont été soumises à trois traitements d'espèces compagnes (bouleau, aulne, même espèce que la principale) et deux traitements de fertilisation (Forest Pak et Evergro Tabs). Seules les espèces principales ont été fertilisées. Des rangées d'espèces principales et compagnes ont été plantées en alternance selon un espacement de 2,5 m.

- Juin et juillet 2004 : Plantation des arbres, fertilisation des arbres, échantillonnage de sol, prise de mesures initiales de hauteur et de diamètre;
- Août 2004 : Collecte d'échantillons foliaires de mélèzes;
- Octobre 2004 : Prise de mesures de hauteur, hauteur de la pousse terminale et diamètre pour les trois espèces de conifères ainsi que collecte d'échantillons foliaires d'épinettes et de pins. Comptabilisation des taux de survie;

- Automne 2004 : Analyse chimique des échantillons foliaires;
- Octobre 2005 : Prise de mesure de hauteur, longueur de la pousse terminale et diamètre pour les épinettes, les pins et les mélèzes. Comptabilisation des taux de survie.

#### RÉSULTATS :

Les résultats démontrent que la croissance et la survie des espèces principales ne différaient pas selon le fertilisant appliqué après la première et la seconde saisons de croissance, exception faite du mélèze pour lequel le Forest Pak a entraîné une meilleure croissance et une plus faible survie que l'Evergro Tab deux ans après la plantation (croissance : 21 cm vs 15 cm et survie : 97 % vs 100 %). Aucun effet des espèces compagnes tant en ce qui a trait à la croissance et à la survie qu'à la nutrition des espèces principales n'a été observé pour les deux périodes de prises de données. En général, le taux de survie des espèces principales était près de ou supérieur à 90 %.

#### CONCLUSION :

Malgré qu'ils aient des compositions différentes, le Forest Pak et l'Evergro Tab ont une efficacité similaire quant à la croissance et la survie des plants d'Épinette noire et de Pin gris. Par contre, le Forest Pak favorise une meilleure croissance du mélèze au prix d'une survie légèrement inférieure.

L'absence d'effet dû aux espèces compagnes peut avoir plusieurs causes. Le temps écoulé depuis le début de l'expérience est probablement l'une d'entre elles. En effet, il est probablement nécessaire de permettre aux arbres de croître plus avant qu'ils ne puissent avoir de l'influence les uns sur les autres. Toutefois l'absence de fertilisation pour les espèces compagnes fait en sorte que leur croissance est probablement trop lente pour qu'elles aient un quelconque effet sur les espèces principales. Par surcroît, l'espacement entre les arbres est trop grand pour permettre une influence rapide des espèces compagnes sur les conifères à l'étude.

La fertilisation des arbres plantés comme espèces compagnes avec des fertilisants appropriés à leur espèce de même qu'une densité de plantation élevée sont recommandées afin de pouvoir observer un effet bénéfique sur les espèces principales.

#### PUBLICATION :

Les résultats de ces expériences seront aussi résumés dans le guide de plantation forestière sur tourbe résiduelle, prévu en juin 2007.

## **40. Suivi des plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin à Saint-Bonaventure** ***/ Monitoring of the Saint-Bonaventure black spruce and tamarack plantations***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Gabriel Caisse</b>	Étudiant 2 <sup>e</sup> cycle biologie végétale, Université Laval
Stéphanie Boudreau	Professionnelle de recherche, Université Laval
Alison Munson	Co-directrice, professeure, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : Saint-Bonaventure (QC)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Fafard et Frères

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Mai 2004 à décembre 2005

### PROBLÉMATIQUE :

La fertilisation localisée appliquée lors de la plantation est primordiale en tourbières résiduelles afin de favoriser une bonne implantation des arbres. Cependant, nous avons très peu de connaissances concernant la durée de l'effet positif de la fertilisation initiale tant en ce qui a trait à la croissance des arbres qu'à leur nutrition. Nous avons donc effectué un suivi des plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin, mises en place à l'été 2000 à Saint-Bonaventure, lors de leurs cinquième et sixième saisons de croissance.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Faire un suivi de la croissance des Épinettes noires et des Mélèzes laricins plantés en 2000 lors de leurs cinquième et sixième saisons de croissance.
- 2) Évaluer l'état nutritionnel des plantations d'Épinette noire et de Mélèze laricin plantés sur tourbe résiduelle en 2000 lors de leurs cinquième et sixième saisons de croissance.

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 2.2 (cf. Annexe 1)

### MÉTHODOLOGIE :

Sur ce site, nous étudions des épinettes et des mélèzes qui ont reçu quatre doses différentes de fertilisant appliqué de façon localisée au moment de la plantation en 2000. Les 4 doses appliquées consistaient en 0, ½, 1 ou 2 fois une dose de base de 245g/plant de 3,4 – 19 - 29.2 (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O). Les traitements ont été appliqués selon un plan en blocs complets. Le suivi de la croissance et de la nutrition des arbres a été fait à la fin des cinquième et sixième saisons de croissance (soit en 2004 et 2005).

- Août 2004 : Échantillonnage foliaire des mélèzes;
- Octobre 2004 : Mesures de survie, hauteur, longueur de la pousse terminale et de diamètre pour les deux espèces et échantillonnage foliaire pour les épinettes;
- Automne 2004 : Analyse chimique des échantillons foliaires;
- Août 2005 : Échantillonnage foliaire des mélèzes;
- Octobre 2005 : Mesures de survie, hauteur, longueur de la pousse terminale et de diamètre pour les deux espèces et échantillonnage foliaire des épinettes.

## RÉSULTATS :

Que ce soit pour l'Épinette noire ou le Mélèze laricin, la demie dose de fertilisant était suffisante pour engendrer des arbres de taille supérieure après six saisons de croissance (Figure 7). C'est aussi ce traitement qui a favorisé une meilleure survie des arbres.

Par ailleurs, en ce qui a trait à la nutrition des arbres, seule la double dose de fertilisant semble encore fournir une nutrition adéquate en phosphore aux épinettes et aux mélèzes. Les valeurs de concentrations foliaires observées se trouvent au dessus des valeurs de carences nutritives en azote, en potassium et en bore pour tous les arbres. Par contre, une carence généralisée en cuivre pourrait être présente peu importe le traitement pour les deux espèces d'arbres. Toutefois aucun symptôme typique de cette carence n'a été observé. Il est aussi intéressant de noter que les plus grands mélèzes étaient près de trois fois plus grands que les épinettes ayant eu la meilleure croissance.

## CONCLUSION :

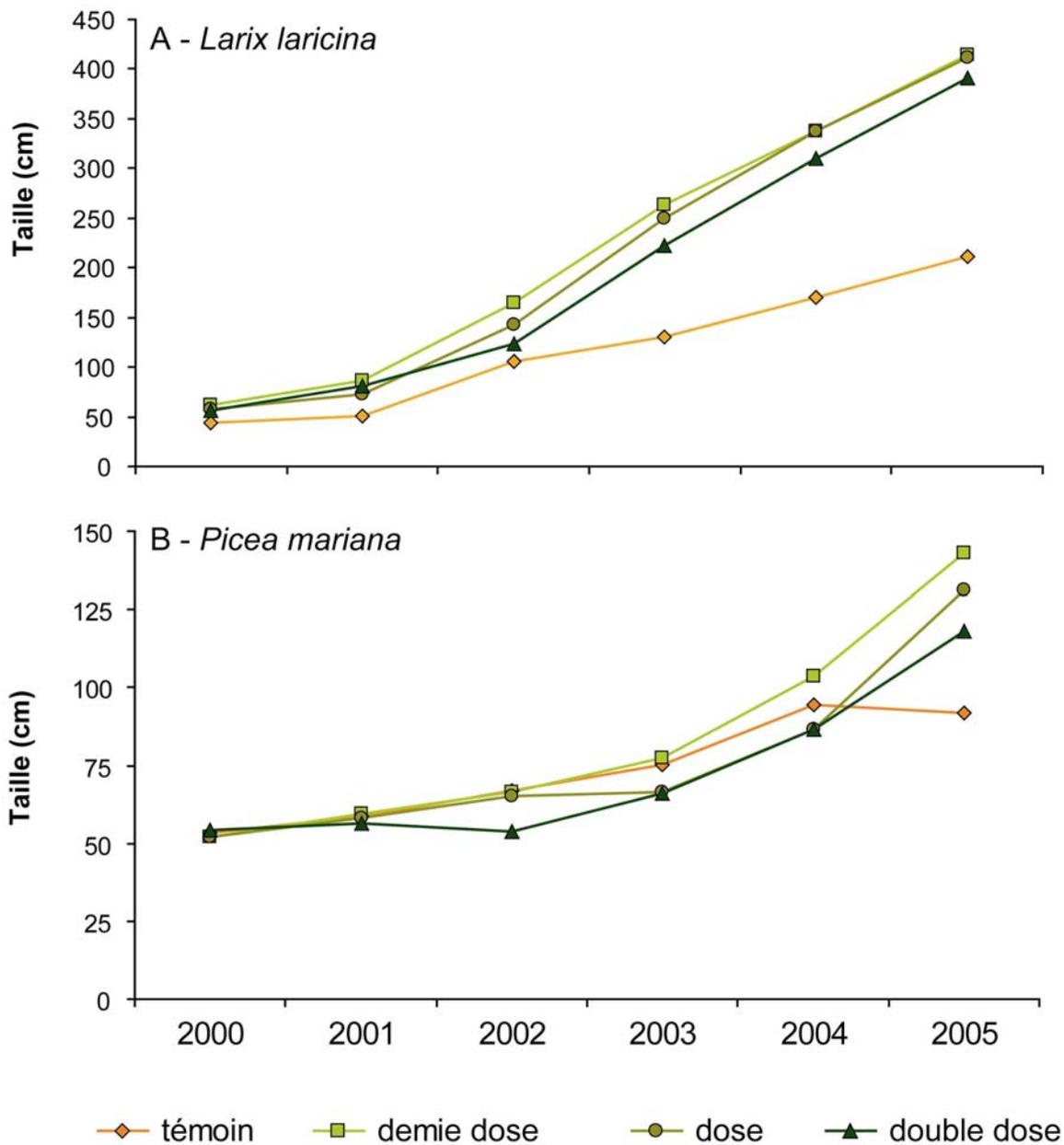
L'application de doses modérées de fertilisant semble être la meilleure façon d'assurer simultanément une croissance et une survie maximale des épinettes et des mélèzes. Toutefois, une fertilisation à dose modérée n'est pas en mesure d'offrir une nutrition adéquate en phosphore après cinq et six ans. Ainsi, une nouvelle fertilisation en phosphore des plantations d'épinettes et de mélèzes pourrait être nécessaire afin de soutenir la croissance des arbres modérément fertilisés lors de leur plantation. La croissance rapide du mélèze en fait une espèce intéressante lorsque l'obtention rapide d'arbres de grande taille ou d'un couvert végétal fermé est souhaitée.

## PUBLICATIONS :

Bussières, J. S. Boudreau et L. Rochefort. En préparation. Potentiel d'établissement d'essences forestières et essais de fertilisation en tourbière résiduelle dans l'est du Canada. *Forest Ecology and Management*. Soumission prévue en décembre 2006.

Bussières, J. 2005. Potentiel d'établissement d'essences forestières et fruitières en tourbières résiduelles. 81 p. Thèse M. Sc., département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy.

Les résultats de ces expériences seront aussi résumés dans le guide de plantation forestière sur tourbe résiduelle, prévu en juin 2007.



**Figure 6 – Effet sur cinq ans de la fertilisation initiale sur la taille (hauteur en cm) des arbres plantés à l’été 2000 à Saint-Bonaventure (QC). La fertilisation a été appliquée localement au moment de la plantation. La dose de base est de 245g/plant de 3,4 – 19 – 29.2 (N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O).**

## **41. Production de biomasse de sphaigne à la station expérimentale de Shippagan / *Sphagnum farming at Shippagan experimental station***

---

### CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Claudia St-Arnaud</b>	Professionnelle de recherche, Université Laval
Luc Miousse	Professionnel de recherche (2003-2005), Université Laval
Markus Thormann	Research Scientist, Canadian Forest Service, Edmonton
Jonathan Price	Professor, University of Waterloo
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval

SITE D'ÉTUDE : la tourbière de Shippagan, NB

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires.  
Les compagnies SunGro Horticulture, Compagnie de tourbe Fafard et La Mousse Acadienne ont participé activement à la réalisation des travaux.

AUTRES COLLABORATEURS : Suzanne Campeau et François Quinty (Bryophyta Technologies)  
Jean-Yves Daigle (Institut de recherche sur les zones côtières)  
Jacques Thibault (Ministère des Ressources naturelles, direction des mines, N.-B.)

ÉCHÉANCIER PRÉVU : 2003 - 2008

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 3 (cf. Annexe 1)

### PROBLÉMATIQUE :

Comme la récolte de la tourbe par aspiration ne permet pas une exploitation durable de la ressource, le GRET et ses partenaires ont décidé de mettre de l'avant un projet de production de biomasse renouvelable de sphaigne. De part sa grande capacité d'absorption, la sphaigne pourrait représenter une valeur ajoutée aux substrats de croissance et pourrait même être utilisée comme matériel végétal pour la restauration future des tourbières.

La colonisation des sphaignes en milieu naturel et dans les sites perturbés ne se fait toutefois pas de façon uniforme et continue. Il faut donc créer les conditions propices à son développement par une réintroduction active des sphaignes et un contrôle de l'hydrologie. Dans les tourbières abandonnées à la suite de la récolte de tourbe par blocs, la topographie de terre-pleins et de tranchées offre une excellente opportunité d'expérimenter les techniques associées à la culture de la sphaigne. Les tranchées créent des microclimats plus humides et retiennent l'eau de surface à l'intérieur, favorisant ainsi la croissance des sphaignes.

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

L'objectif général du projet est de mettre en place un site expérimental dédié à la recherche sur la production renouvelable de sphaigne dans une tourbière abandonnée suite à la récolte de la tourbe par blocs. Les objectifs spécifiques pour 2003 à 2008 sont :

- 1) Caractériser l'ensemble de la tourbière de Shippagan afin de localiser les futures zones d'étude et de suggérer les techniques optimales pour la mise en place des expériences de culture de sphaigne;
- 2) Aménager l'ensemble du site afin de le rendre accessible et opérationnel à long terme;

- 3) Développer des techniques pour récolter la végétation de surface afin de démarrer de nouvelles séquences de production de fibre de sphaigne;
- 4) Développer des techniques de réintroduction des sphaignes à grande échelle adaptées aux contraintes du site expérimental;
- 5) Optimiser la production de biomasse de la sphaigne en modifiant les facteurs biotiques et abiotiques du milieu.

## MÉTHODOLOGIE :

### Caractérisation de la tourbière :

La caractérisation du site a été réalisée en 2003 par Bryophyta Technologies inc., en collaboration avec Luc Mioussé du GRET. Toutes les données ont été compilées dans un rapport intitulé «*Caractérisation du site expérimental de Shippagan et techniques suggérées dans un but de recherche sur la production de fibre de sphaigne*». Au cours de l'été 2003, des mesures du niveau d'eau ainsi que des relevés de végétation ont été effectués sur l'ensemble de la tourbière. À la suite des recommandations issues de ce rapport, une première zone d'étude a été localisée sur les terrains appartenant à SunGro Horticulture et une deuxième a été située sur des terrains de la Couronne.

### Aménagement du site :

L'aménagement du site, qui a été réalisé entre 2004 et 2006, inclut les opérations de réparation du chemin d'accès, de nettoyage et de creusage des canaux de drainage et le débroussaillage des zones d'étude. Nous avons également installé des ponceaux et des trottoirs de bois pour limiter le piétinement et le passage de la machinerie.

### Mise en place d'une première zone expérimentale de production (2004) :

Dans la première zone d'étude, la végétation de surface a été récoltée en 2004 sur une épaisseur de 25 à 30 cm afin de démarrer une nouvelle séquence de production de fibre de sphaigne sur un substrat de tourbe nue. La zone a été divisée en huit parcelles expérimentales de 15 m x 15 m à l'intérieur de deux tranchées séparées par un terre-plein. La récolte de la végétation de surface a été réalisée avec différentes techniques : 1) manuellement (à l'aide de fourches, de pelles et d'une scie mécanique pour réduire la pression exercée par la machinerie), 2) à l'aide d'une excavatrice sur chenilles équipée d'une fourche mécanisée et 3) végétation déchiquetée à l'aide d'une fraiseuse verticale. Le matériel a ensuite été prélevé à l'aide d'une excavatrice sur chenilles munie d'une pelle et déposé sur le terre-plein voisin. Dans chacun de ces essais, une partie du matériel a été récupérée pour la réintroduction des sphaignes.

Après avoir terminé la récolte de la végétation de surface, nous avons réintroduit des sphaignes dans six parcelles (les deux autres parcelles étant gardées comme témoin). Les sphaignes ont été récoltées et ensemencées manuellement, dans un ratio de 1 : 10. Les principales espèces sont *Sphagnum fuscum*, *S. rubellum*, *S. flavicomans* et *S. magellanicum*. La moitié de chaque parcelle a subi un traitement de fertilisation et le tout a été recouvert d'un paillis de paille. Toutes ces manipulations ont été réalisées au printemps et à l'été 2004. L'établissement et la croissance des sphaignes et des autres plantes ont été mesurés à l'automne 2005 et 2006.

D'autre part, nous avons installé en 2004 un système de contrôle du niveau d'eau et creusé des canaux de drainage afin d'évacuer les surplus d'eau lors des crues printanières et automnales, tout en permettant d'éviter l'assèchement des sphaignes durant l'été. Les canaux de drainage des parcelles sont nettoyés à tous les 2 ans. Plusieurs fois par année, nous nous assurons que le système hydrologique des parcelles est adéquat pour la croissance des sphaignes. Un mauvais drainage entraîne un surplus d'eau dans les parcelles, nuisant à la colonisation des sphaignes. L'accumulation d'eau a aussi pour effet de lessiver les

parcelles réensemencées et de les recouvrir d'un dépôt de tourbe. À l'inverse, un manque d'eau limite la croissance des sphaignes et diminue le succès de la réintroduction.

#### Mise en place d'une deuxième zone expérimentale de production (2006) :

Au printemps 2006, un nouveau site expérimental a été mis en place sur les terrains de la Couronne. Les travaux ont été réalisés avec différents types de machinerie. Nous avons donc procédé :

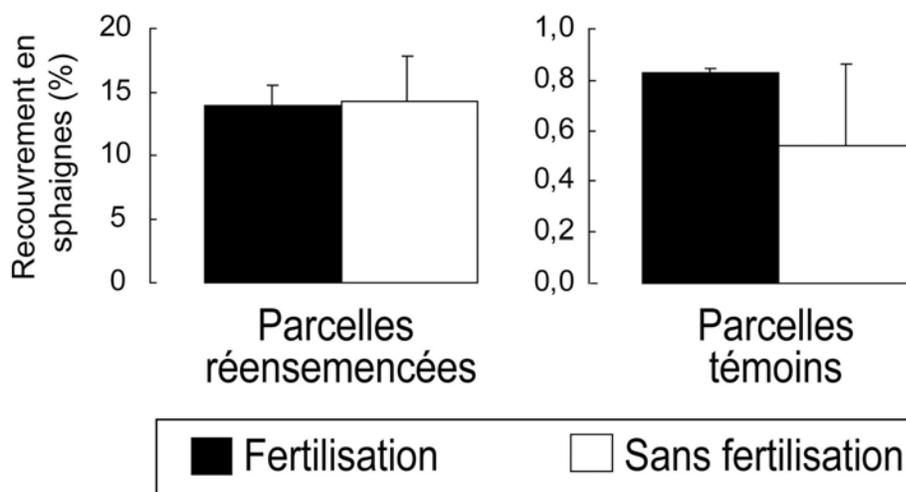
- Au retrait de la végétation de surface à l'aide d'une excavatrice sur chenilles équipée d'une fourche mécanisée;
- À l'aplanissement de la topographie des tranchées par le passage un tracteur muni d'un rotoculteur à l'intérieur des tranchées. Ensuite, un grand poteau de bois a été traîné par deux tracteurs sur toute la surface de la tranchée, permettant ainsi d'aplanir la surface à réensemencer;
- À la récolte de la sphaigne dans un site donneur. Ce dernier était adjacent au site d'étude et contenait des espèces de sphaignes adaptées aux conditions d'humidité des tranchées. Les espèces introduites sont les mêmes que celles utilisées dans les parcelles de 2004;
- À l'épandage des sphaignes à l'aide d'un épandeur à fumier latéral;
- À l'épandage de la paille.

Les sphaignes et la paille ont été dispersées à partir des terre-pleins longeant les tranchées. Au total, près d'un hectare de sphaignes, réparti dans trois tranchées, a été réensemencé.

#### RÉSULTATS :

Les premiers essais (2004) ont permis de déterminer que la meilleure façon de récolter la végétation dans les tranchées est à l'aide d'une excavatrice sur chenilles équipée d'une fourche mécanisée. Ce type d'appareil nécessite un seul passage sur le site et prélève facilement la sphaigne néoformée de façon laminaire. De plus, la fibre demeure entière et est idéale pour la manipulation et la transformation. À l'opposé, la fraiseuse nécessite deux passages sur une même surface, ce qui fragilise la structure de support pour la machinerie. Il est aussi difficile d'ajuster la profondeur de l'appareil pour obtenir une surface de tourbe nue uniforme. En ce qui a trait à la récolte manuelle à l'aide de pelles et de fourches, elle nécessite trop de temps et n'est donc pas applicable à grande échelle. Tous les détails au sujet des activités qui se sont déroulées en 2003-2004 sont décrits dans un rapport d'activité (Miousse, 2005).

Nos résultats montrent qu'un an après la réintroduction des sphaignes, leur pourcentage de recouvrement variait autour de 15 % tandis qu'il était inférieur à 1 % dans les parcelles sans réensemencement. L'ajout de fertilisant n'a pas eu d'impact sur le pourcentage de recouvrement des sphaignes. En 2006, les résultats préliminaires montrent que le pourcentage de recouvrement des sphaignes a nettement augmenté et se situe autour de 50 %. Par ailleurs, nous avons noté que certaines plantes vasculaires présentes naturellement autour de la zone d'étude, telles l'*Eriophorum vaginatum* et le *Chamaedaphnae calyculata*, envahissent progressivement les parcelles. Nous avons donc utilisé un herbicide de contact afin de limiter leur développement. Une seule application du produit a été réalisée manuellement. Celle-ci n'a pas affectée la croissance et la survie des sphaignes.



**Figure 7 : Recouvrement en sphaignes après une saison de croissance dans la première zone de production mise en place en 2004**

La mise en place d'une expérience à plus grande échelle (2006) nous a permis de mieux comprendre les enjeux relatifs à l'établissement et au succès d'une production renouvelable de sphaignes. Entre autres, elle nous a permis de juger de l'efficacité de certains types de machinerie. Par exemple, nous avons pu tester l'utilisation de l'épandeur à fumier latéral comme moyen de réensemencement des sphaignes à partir des terre-pleins. Nous avons constaté que son utilisation requiert plusieurs ajustements techniques et une attention particulière doit être portée à la qualité et à la quantité du matériel végétal dans l'épandeur. Un matériel composé uniquement de sphaignes humides, sans racines, est idéal pour un épandage uniforme sur les tranchées. Par contre, la présence de racines de plantes vasculaires a pour effet de boucher la sortie de l'épandeur, réduisant alors le volume et la taille des sphaignes réensemencées.

D'autre part, il est avantageux de réaliser les opérations dans les tranchées tôt au printemps, lorsque le sol est encore gelé. Durant l'été, il est impossible de se déplacer à l'intérieur des tranchées, du fait que la nappe phréatique se situe trop près de la surface du sol. Les terre-pleins offrent toutefois une excellente opportunité d'effectuer des opérations d'aplanissement des tranchées et de réensemencement des plantes tout au long de l'été.

#### AUTRES ÉTAPES PRÉVUES :

Les travaux à la station expérimentale de Shippagan reprendront à l'automne 2006. Une série de travaux auront pour but de mettre place un système hydrologique dans les tranchées ensemencées en 2006 par le creusage de canaux de drainage et la mise en place de contrôles du niveau d'eau. Des travaux de nettoyage des canaux sont également prévus pour l'été 2007. De plus, des mesures de croissance et de pourcentage de recouvrement des sphaignes seront réalisées à chaque automne. Finalement, des moyens de contrôle efficaces pour prévenir l'envahissement des plantes vasculaires devront être étudiés.

Un étudiant au doctorat, Rémy Pouliot, a mis en place à l'été 2006 une expérience visant l'étude de la formation des buttes de sphaignes. Cette expérience permettra de déterminer si la présence de plantes vasculaires accélère la production des sphaignes en leur fournissant un support pour croître. Tous les

détails relatifs à ce dispositif expérimental sont présentés à la section suivante (cf. projet 42). D'autres études plus spécifiques sur les facteurs biotiques et abiotiques permettant d'optimiser la production de biomasse de sphaigne devraient aussi être entreprises dans les années futures.

#### PUBLICATIONS :

Campeau, S., L. Miousse & F. Quinty. 2004. Caractérisation du site expérimental de Shippagan et techniques suggérées dans un but de recherche sur la production de fibre de sphaigne. Bryophyta Technologie Inc., Avril 2004, Saint-Charles-de-Bellechasse, Québec.

Miousse, L. 2005. Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'activités 2003-2004. Juin 2005, Université Laval, Québec.

St-Arnaud, C. 2006. Volet 3 - Site expérimental dédié à la culture de la sphaigne à Shippagan, Nouveau-Brunswick. Rapport d'Activité 2003-2006. Université Laval, Québec.

## **42. Initiation de la structure présente dans les tourbières boréales : facteurs abiotiques et biotiques / *Structure initiation in boreal peatlands : abiotic and biotic factors***

---

CHERCHEURS IMPLIQUÉS :

<b>Rémy Pouliot</b>	Étudiant 3 <sup>e</sup> cycle, biologie végétale, Université Laval
Line Rochefort	Directrice, Professeur titulaire, Université Laval

SITES D'ÉTUDE : Tourbières naturelles et abandonnées au Québec et au Nouveau-Brunswick  
Tourbières restaurées : Bois-des-Bel, Sainte-Marguerite-Marie, Chemin-du-Lac (QC) et Shippagan (NB)

PARTENAIRES INDUSTRIELS : Projet commun à tous les partenaires

AUTRES COLLABORATEURS : Edgar Karofeld, professeur, Université de Tartu, Estonie

ÉCHÉANCIER PRÉVU : Janvier 2006 - décembre 2009

OBJECTIF RELIÉ À LA CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE : 3 (cf. Annexe 1)

PROBLÉMATIQUE :

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la formation de la microtopographie des tourbières. Qu'il s'agisse d'un processus climatique, biotique ou mixte, tous s'entendent pour dire que les patrons de surface à grande échelle prennent des siècles à se former (ex. mares). Il semble par contre que les patrons de surface à petite échelle comme les gradients de buttes et de dépressions (GBD) pourraient s'initier à partir des propriétés intrinsèques des espèces présentes, en quelques décennies seulement. La présence d'un GBD dans les tourbières est primordiale pour permettre la coexistence des différentes espèces typiques et ainsi augmenter la biodiversité et l'hétérogénéité des microhabitats. Cependant, nos connaissances sur les processus menant à l'initiation de ces patrons de surface (évolution, succession dans le temps et dynamique des espèces) sont limitées. La technique utilisée pour restaurer les tourbières abandonnées après exploitation est très efficace. Les sphaignes réapparaissent dans ces sites et la plupart des fonctions écosystémiques sont de retour ou en voie de l'être. Cependant, nous ignorons si, à plus long terme, la structure typique des tourbières boréales dominées par les sphaignes peut être restaurée elle aussi. Les tourbières restaurées offrent aussi une plate-forme d'étude exceptionnelle car elles ont été aplanies lors de l'extraction de la tourbe et avant la restauration. Elles permettent ainsi d'étudier les interactions plantes-plantes et leur contribution à l'initiation du GBD.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- 1) Comparer les principales variables abiotiques qui caractérisent la niche écologique des espèces typiques du gradient de buttes et de dépressions dans les tourbières naturelles et abandonnées après extraction de la tourbe;
- 2) Estimer le temps nécessaire à la formation de ce gradient par l'étude des sites restaurés;
- 3) Déterminer les interactions plantes-plantes présentes dans l'initiation du gradient;
- 4) Déterminer les relations entre les espèces végétales présentes, la production primaire, l'accumulation de la tourbe et les taux de décomposition le long de ce gradient en lien avec la biomasse microbienne présente.

## MÉTHODOLOGIE :

Objectif #1 : Une sélection de tourbières naturelles et abandonnées au Québec et au Nouveau-Brunswick sera effectuée (environ 100 sites), ce qui complètera un jeu de données pris en 1994. Sur chaque site, les abondances de végétation des plantes vasculaires, des bryophytes et des lichens seront prises ainsi que plusieurs variables physicochimiques le long de transects. Étés 2007 et 2008.

Objectifs #2 et 3 : Sur chaque site étudié (Bois-des-Bels, Sainte-Marguerite et Chemin-du-Lac, et sur des tourbières naturelles et/ou les sites d'emprunt), plusieurs petits transects seront fait pour étudier la microtopographie présente. Une caractérisation du milieu sera faite (butte, dépression ou milieu intermédiaire) le long du transect, ainsi que des relevés de végétation et diverses autres mesures (hauteur par rapport à un point de référence, profondeur de tourbe, profondeur de la nappe phréatique). Étés 2006 et 2007.

Objectif #3 : À Sainte-Marguerite, une réintroduction contrôlée a été effectuée de 1995 à 1998 (expériences de Suzanne Campeau et de Claudia Chirino). Il y avait neuf traitements de réintroduction : 1) *Sphagnum fuscum*; 2) *S. rubellum*; 3) *S. magellanicum*; 4) *S. angustifolium*; 5) *S. fuscum* + *S. rubellum*; 6) *S. fuscum* + *S. rubellum* + *S. magellanicum*; 7) *S. fuscum* + *S. rubellum* + *S. angustifolium*; 8) *S. magellanicum* + *S. angustifolium* et 9) les quatre espèces. Un suivi des abondances de végétation et de la microtopographie présente sera effectué. Été 2007.

À la station expérimentale de Shippagan, une expérience a été mise en place en 2006 pour étudier l'effet des plantes vasculaires sur la formation des buttes et des dépressions. Les traitements sont les suivants : 1) Sphaignes; 2) Sphaignes + *Eriophorum angustifolium*; 3) Sphaignes + *Eriophorum vaginatum* var. *spissum*; 4) Sphaignes + Éricacées (*Chamaedaphnea caliculata*); 5) Sphaignes + Éricacées (non vivantes, *Kalmia angustifolia*) et 6) Sphaignes + Structure inerte (piquet de bois vertical). Les abondances de végétation et la formation de buttes et de dépressions seront suivies. Étés 2006, 2007, 2008 et 2009.

Objectif #4 : À Bois-des-Bel, un suivi de la végétation, de l'accumulation et de la décomposition de la tourbe, de la productivité et des biomasses microbiennes présentes (cf. projets 5-6-7) sera fait sur les buttes et les dépressions présentes sur le site. Quatre types de sites ont été retenus : 1) buttes en partie restaurée; 2) dépressions en partie restaurée; 3) tourbières naturelles et 4) partie non restaurée. La productivité sera estimée avec des tiges coudées et des marqueurs naturels (polytric). Pour la partie sur les taux de décomposition, il y a quatre traitements : 1) nouvelle tourbe dans la nouvelle tourbe; 2) nouvelle tourbe dans la vieille tourbe; 3) vieille tourbe dans la nouvelle tourbe et 4) vieille tourbe dans la vieille tourbe. Les taux seront mesurés au printemps et à l'automne 2007 ainsi qu'à l'automne 2008. Étés 2006, 2007 et 2008.

## RÉSULTATS ATTENDUS:

Objectif #1 : Le hasard serait plus important pour caractériser les niches écologiques des espèces typiques que les conditions de croissance spécifiques à chaque espèce. Les niches des espèces récemment établies dans les sites abandonnés devraient être plus étendues.

Objectifs #2 : Le gradient de buttes et de dépressions devrait déjà être présent dans les tourbières restaurées. Plus le site est restauré depuis longtemps, plus ce gradient devrait être évident.

Objectifs #3 : Les nouvelles buttes devraient se former aux endroits avec un bon couvert de plantes vasculaires (en particulier un bon couvert d'éricacées). La structure des branches devrait favoriser la formation des buttes. Le gradient de buttes et de dépressions s'initie plus facilement lorsque certaines espèces de sphaignes sont présentes, comme *Sphagnum fuscum* et *S. rubellum*. Les espèces présentes sur les buttes et dans les dépressions dans les parties restaurées devraient être les mêmes que dans les sites d'emprunt ou les tourbières naturelles.

Objectif #4 : La végétation présente dans le gradient sera associée aux communautés microbiennes. Nous pensons que l'accumulation de la tourbe et la production primaire seront plus importantes lorsqu'un bon couvert d'éricacées sera présent. Pour les taux de décomposition, la vieille tourbe se décomposera plus lentement que la nouvelle tourbe.

#### CONCLUSION :

La compréhension de l'initiation de la microtopographie dans les tourbières boréales, en particulier pour le gradient de buttes et de dépressions, nous donnera les moyens pour augmenter la biodiversité et l'hétérogénéité dans les tourbières restaurées.

### **43. Developing new substrates with *Sphagnum* fibres / Développement de nouveaux substrats de croissance avec des fibres de sphaignes**

---

#### INVOLVED RESEARCHERS:

Phillipe Jobin	Professionnel de recherche (2003-2005), Université Laval
Jean Caron	Professeur, Université Laval
Blanche Dansereau	Professeure, Université Laval
Line Rochefort	Professeure titulaire, Université Laval

STUDY SITE: Université Laval

INDUSTRIAL PARTNERS: Joint project with all partners

PLANNED TIMETABLE: January 2004-May 2005

INDUSTRIAL RESEARCH CHAIR OBJECTIVE: 3 (See Appendix 1)

#### PROBLEMATIC:

One research avenue within the Industrial Research Chair is to mass produce *Sphagnum* fibres on a renewable basis. *Sphagnum* fibres possess physical properties that could benefit to the growing media industry. The objective of this study was to incorporate *Sphagnum* fibres into peat based substrates to enhance the value of brown sphagnum peat and/or to replace perlite in blond type peat mixes. Valorisation of low quality peat would reduce the pressure on peatlands. Moreover, perlite is an expensive component that is widely used in commercial mixes. Its substitution by *Sphagnum* fibres, while maintaining the mixes quality, would participate to lower the production cost of peat companies.

#### SPECIFIC OBJECTIVES:

- 1) To valorise brown peat by the addition of *Sphagnum* fibres;
- 2) To evaluate the possibility to substitute Perlite by *Sphagnum* fibres in commercial mixes.

#### METHODOLOGY:

*Sphagnum* fibres were collected from naturally revegetated trenches within the Shippagan experimental field station (cf. [project 41](#)) and processed to obtain particles from 1 to 5 mm in diameter. *Sphagnum* fibres were then added to different peat to obtain the following substrates (treatments):

1- 100% brown peat von Post H5 <5 mm :	0% sphagnum
2- 85% brown peat von Post H5 <5 mm :	15% sphagnum 1-5 mm
3- 70% brown peat von Post H5 <5 mm :	30% sphagnum 1-5 mm
4- 70% brown peat von Post H5 <5 mm :	30% sphagnum 5-11 mm
5- 100% brown peat von Post H5 1-5 mm :	0% sphagnum
6- 85% brown peat von Post H5 1- mm :	15% sphagnum 1-5 mm
7- 70% brown peat von Post H5 1-5 mm :	30% sphagnum 1-5 mm
8- 70% blond peat von Post H3 <5 mm :	30% perlite 1-5 mm
9- 70% blond peat von Post H3 <5 mm :	15% perlite : 15% sphagnum 1-5 m
10- 70% blond peat von Post H3 <5 mm :	30% sphagnum 1-5 mm

The quality of the substrates (treatments) was evaluated through soil property analysis (air-filled porosity, available water, retention curves, gas diffusivity estimation) and a greenhouse experiment.

In spring 2004, *Pelargonium x hortorum* “Kim” and *Petunia x hybrida* “wave” plants were grown in a greenhouse. Plant growth, initial/final chemical and physical properties were measured (pH, electric conductivity, air-filled porosity, available water, retention curves, gas diffusivity estimation).

#### RESULTS AND CONCLUSION:

Sieved brown sphagnum peat (H5; particle size: 1 – 5 mm) had a higher air-filled porosity, hydraulic conductivity and gas diffusivity and lower water retention compared to non-sieved brown sphagnum peat (H5; particle size: < 5 mm) and blond sphagnum peat (H3; particle size: < 5 mm) throughout the cultivation period.

When *Sphagnum* fibres were added to peat, it increased water retention and hydraulic conductivity, while having no impact on air-filled porosity or reducing it. These effects disappeared during the cultivation period, except for water retention which remained slightly higher in brown sphagnum peat, either sieved or not.

The growth of *Pelargonium* was unaffected by *Sphagnum* fibres addition, except for the top biomass which was slightly lower with 15% *Sphagnum* fibres added to brown sphagnum peat. *Petunia* top biomass was increased when grown in 30% *Sphagnum* fibres added to sieved brown sphagnum peat. *Petunia* root biomass was also increased with 30% *Sphagnum* fibres added to brown sphagnum peat (sieved or not).

Removal of fine particles from brown sphagnum peat seems promising with 30% *Sphagnum* fibres addition. Moreover, it clearly appears that *Sphagnum* fibres can substitute perlite in blond sphagnum peat mixes.

#### PUBLICATION:

Jobin, P., J. Caron, L. Rochefort & B. Dansereau. 2005. *Developing new substrates with Sphagnum fibres*. International Symposium on Growing Media. Angers, France, 4 au 10 septembre 2005. (Poster)



## **IV. Annexes / Appendices**

---



## **Annexe 1 – Objectifs de la Chaire de recherche industrielle en aménagement des tourbières / *Appendix 1 – Scientific objectives of Industrial Research Chair in peatland management***

---

### **Axe 1 : Restauration écologique des tourbières après récolte de la tourbe**

- 1.1 Restauration d'un écosystème de tourbière : la station de recherche de **Bois-des-Bel**
  - 1.1.1 Évolution à long terme des communautés végétales
  - 1.1.2 Biodiversité et restauration des microformes de tourbière (ex. mares)
  - 1.1.3 Fonctions hydrologiques
  - 1.1.4 Cycle du carbone
  - 1.1.5 Microbiologie, cycle biogéochimique et rétention des nutriments par les plantes
- 1.2 Développement d'autres approches et techniques de restauration
  - 1.2.1 Adaptation de l'approche canadienne de restauration des bogs à d'autres types de tourbières (restauration de fens)
  - 1.2.2 Restauration de fens ou de milieux humides par des approches différentes (ex. l'approche européenne par inondation)
  - 1.2.3 Restauration de tourbières touchées par l'eau salée
  - 1.2.4 Restauration de tourbières exploitées par la méthode de coupe par blocs
- 1.3 Biodiversité et structure de communautés : inventaires de tourbières restaurées et recolonisées naturellement par la végétation
  - 1.3.1 Facteurs influençant le succès de restauration
  - 1.3.2 Biologie des espèces envahissantes
  - 1.3.3 Biodiversité faunique
  - 1.3.4 Patron de régénération

### **Axe 2 : Réaménagement des tourbières après récolte de la tourbe**

- 2.1 Production de petits fruits
- 2.2 Plantations d'arbres

### **Axe 3 : Production de biomasse de sphaigne à la station expérimentale de Shippagan**

- 3.1 Développement d'un site de production renouvelable de fibres de sphaignes
- 3.2 Développement de substrats de croissance avec des fibres de sphaignes

**Annexe 2 – Liste des sites restaurés et des parcelles permanentes inventoriées de 2003 à 2006 pour le suivi à long terme du succès de la restauration / Appendix 2 – List of restored sites and permanent plots monitored from 2003 to 2004 for the assessment of long-term restoration success**

Nom des sites restaurés <sup>1</sup>	Zone	Nb. de parcelles	Année de la restauration	Mesures (âge) <sup>2</sup>				
				2003	2004	2005	2006	2007
Baie-Sainte-Anne	Restauré	7 PP	Automne 2000	3			6	7
Bois-des-Bel	Restauré	22 PP	Automne 1999	4	5	6	7	-
	Restauré	10 PP	Automne 2000	3	4	5	6	-
	Témoin	15 PP	-	x	x	x	x	-
Chemin-du-Lac	R95	6 PP	Automne 1995	-	9	-	11	-
	R97	6 PP	Été 1997	-	7	-	9	-
	R99	2 PP	Été 1999	-	5	-	7	-
	R00	4 PP	Automne 2000	3	4	5	6	7
	R01	3 PP	Automne 2001	2	3	-	5	-
	R02	4 PP	Automne 2002	1	2	3	4	5
	R03	4 PP	Automne 2003				3	-
Inkerman-Ferry	Restauré	28 PP	Automne 1997		7		9	
Kent	Restauré	5 PP	Automne 2001	2	3		5	
Maisonnette	Restauré	26 PP	Automne 2000	3		5		7
Pointe-Lebel	Restauré	8 PP	Printemps 2004				3	
Saint-Charles	Restauré	3 PP	Automne 1999	-	5	-	7	-
Saint-Modeste	Bassins	4 PP	Automne 1997	-	7	-	9	-
	V-shape	2 PP	Automne 1997	-	7	-	9	-
Sainte-Marguerite-Marie	AA	2 PP	Printemps 1999	5	-	7	-	9
	AA	2 PP	Printemps 2000	-	5	-	7	-
	AA	3 PP	Printemps 2001	3	-	5	-	7
	AA	3 PP	Printemps 2002	2	-	4	5	-
	AA	2 PP	Printemps 2003	-	-	-	4	5

Nom des sites restaurés <sup>1</sup>	Zone	Nb. de parcelles	Année de la restauration	Mesures (âge) <sup>2</sup>				
				2003	2004	2005	2006	2007
Sainte-Marguerite-Marie (Suite)	AA	2 PP	Printemps 2004	-	-	-	-	4
	A	3 PP	Printemps 1994	-	11	-	13	-
	A	3 PP	Printemps 1995	9	-	11	-	13
	B	3 PP	Printemps 1995	9	-	11	-	13
	B	3 PP	Printemps 1996		9		11	
	DD	3 PP	Été 2003				3	
	E	1 PP	Printemps 2001	3		5		7
	F	1 PP	Printemps 2002				5	
	F	3 PP	Printemps 2003				4	5
	G	2 PP	Printemps 2001	3		5		7
	H	3 PP	Printemps 1997	7		9		11
	H	2 PP	Printemps 1998		7		9	
	H	1 PP	Automne 1999		5		7	
	H	2 PP	Automne 2002				4	5
	J	3 PP	Automne 2002	1	2			5
	K	1PP	Printemps 2000	4	5		7	
	K	1 PP	Automne 2000	3	4		6	
	K	1 PP	Automne 2001	2	3		5	
	L	1 PP	Automne 2000		4		6	7
	L	1 PP	Automne 2001		3		5	6
L	2 PP	Printemps 2003					5	
Verbois	Restauré	6 PP	Automne 2005	-	-	-	-	2
<b>Total Parcelles :</b>		<b>220 PP</b>		<b>125</b>	<b>135</b>	<b>100</b>	<b>161</b>	<b>178</b>

<sup>1</sup> Mesures : Le chiffre indique le nombre d'année après restauration (ou l'âge du site restauré)

<sup>2</sup> Sites ne faisant plus l'objet d'un suivi à long terme : Rivière-Ouelle, Coteau Road, Lamèque

**Appendix 3 – Synthesis of all research projects, presented by partners, for 2003-2006 field seasons / Annexe 3 – Synthèse des différents projets de recherche classés par partenaires, pour les années 2003 à 2006**

Industrial Partners <sup>1</sup>	SITES	Research Projects <sup>2</sup>	Year(s) of activity <sup>3</sup>
<i>ALL</i>	BOIS-DES-BEL (QC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Long term evolution of plant communities (1- 28)</li> <li>- Hydrology and carbon cycling (2-3-19)</li> <li>- Microbiology and physiochemistry (5-6-7)</li> <li>- Pool restoration and biodiversity (9-10)</li> <li>- Mesofauna biodiversity (8)</li> <li>- Structure initiation in boreal peatlands (42)</li> </ul>	2003-2006 2004 2003-2006 2003-2006 2004 2006
<i>ALL</i>	ABANDONED and NATURAL SITES (QC, NB, western Canada and USA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regeneration of abandoned peatland (31)</li> <li>- Avian recolonization of peatlands(32)</li> <li>- Natural colonization of abandoned sedge-peat sites (11)</li> <li>- Classification of lagg communities (14)</li> </ul>	2005-2006 2005 2004-2005 2006
<i>ALL</i>	SHIPPAGAN (NB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Sphagnum</i> farming (41)</li> <li>- Structure initiation in boreal peatlands (42)</li> <li>- Developing substrates with <i>Sphagnum</i> fibers (43)</li> </ul>	2003-2006 2006 2004
<i>Acadian Peat Moss</i>	COTEAU ROAD (NB)  MIRAMICHI (NB) -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Black crowberry plantation (36)</li> <li>- Restoration of lagg habitats (15)</li> <li>- Restoration of lagg habitats (15)</li> <li>- Peatland restoration workshop</li> </ul>	2004-2006 2006 2006 2004
<i>ASB Greenworld</i>	POINTE-SAPIN (NB)  -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forestry workshop</li> <li>- Restoration of lagg habitats (15)</li> <li>- Peatland restoration workshop</li> </ul>	2003 2006 2004
<i>Berger Peat Moss</i>	ST-MODESTE (QC)  BAIE-STE-ANNE (NB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Long-term monitoring of restoration success (28)</li> <li>- Fen Restoration (12)</li> <li>- Long-term monitoring of restoration success (28)</li> <li>- Refertilization of tree plantations (38)</li> <li>- Forestry workshop</li> </ul>	2003-2006 2004-2006 2003-2006 2005-2006 2003

<b>Industrial Partners</b> <sup>1</sup>	<b>SITES</b>	<b>Research Projects</b> <sup>2</sup>	<b>Year(s) of activity</b> <sup>3</sup>
<b>Berger Peat Moss</b> (Next)	BAY-DU-VIN (NB)  - POINTE-LEBEL (QC)	- Refertilization of tree plantations (38) - Forestry workshop - Peatland restoration workshop - Cloudberry cultural methods (34)	2005-2006  2003 2004 2004-2006
<b>Fafard Peat Moss</b>	INKERMAN-FERRY (NB)  INKERMAN (NB) KENT (NB)  -	- Long-term monitoring of restoration success (28) - Adaptative management to improve restoration success (26) - Restoration of lagg habitats (15) - Restoration of lagg habitats (15) - Long-term monitoring of restoration success (28) - Restoration of lagg habitats (15) - Peatland restoration workshop	2003-2006  2003 2006 2006 2003-2006 2006 2004
<b>Fafard &amp; Frères</b>	LAC-ST-JEAN (QC)   ST- BONAVENTURE (QC)	- Long-term monitoring of restoration success (28) - Fertilization aspects in peatland restoration (25) - Pool restoration (10) - Structure initiation in boreal peatlands (42) - Berry shrubs plantation (35) - Monitoring of tree plantations (40) - Forestry workshop	2003-2006 2003 2005-2006 2006 2004-2006 2004-2005 2003
<b>Lambert Peat Moss</b>	RIVIERE-OUELLE (QC)	- Pool biodiversity (10)	2005
<b>Modugno-Hortibec</b>	ALFRED BOG (ON)	- Creation of fresh water marsh (24)	2003 -2004
<b>Nirom Peat Moss</b>	ST-CHARLES (QC)  REXTON (NB)  -	- Long-term monitoring of restoration success (28) - Fertilization aspects in peatland restoration (25) - Forestry workshop - Peatland restoration workshop	2003-2006  2003 2004 2004
<b>Premier Horticulture</b>	CHEMIN-DU-LAC (QC)	- Long-term monitoring of restoration success (28) - Fen Restoration (12-13) - Structure initiation in boreal peatlands (42)	2003-2006 2004-2006 2006

Industrial Partners <sup>1</sup>	SITES	Research Projects <sup>2</sup>	Year(s) of activity <sup>3</sup>
<i>Premier Horticulture</i> (Next)	CACOUNA (QC)	- Rewetting of block-cut peatland (17-18-19-20)	2005-2006
	ST-HENRI (QC)	- The dynamics of invasive birch and cotton-grass (29-30)	2003 - 2006
	POINTE-LEBEL (QC)	- Cloudberry cultural methods (33-34)	2004-2006
		- Pool biodiversity (10)	2005
		- Spectral reflectance and CO <sub>2</sub> exchange (4)	2005
	POINTE-AU-PÈRE (QC)	- Long-term monitoring of restoration success (28)	2006
		- Fertilization and nutrition of tree plantations (37-39)	2004-2005
PAXTON BOG (AB)	- Forestry workshop	2003	
<i>SunGro Horticulture</i>	MAISONNETTE (NB)	- Wet meadow creation (16)	2006
		- Peatland restoration workshop	2004
<i>SunGro Horticulture</i>	MAISONNETTE (NB)	- The dynamics of invasive birch (30)	2003-2006
		- Fertilization aspects in peatland restoration (25)	2003
		- Long-term monitoring of restoration success (28)	2003-2006
	LAMEQUE (NB)	- Fertilization and nutrition of tree plantations (37)	2004-2006
		- Importance of species for restoration (27)	2003 - 2004
	PORTAGE (NB)	- Restoration of lagg habitats (15)	2006
	ST-RAFAËL (NB)	- Restoration of lagg habitats (15)	2006
	POKESUDIE (NB)	- Restoration of a sea-salt contaminated peatland (21-22-23)	2003-2006
- Pool restoration (10)		2005-2006	
EVANSBURG NORTH BOG (AB)	- Wet meadow creation (16)	2006	

<sup>1</sup> **Industrial partners:** partners listed here are directly involved in the project by in-kind contribution. Please remember that all industrial partners are contributing in a way or another to all research projects. In this way, no matter which sites are being used for projects or which partners are directly involved, the results are ultimately commonly owned and can be applied by all.

<sup>2</sup> **Research projects:** the number in parentheses refers to the project number, as presented in the report and the table of content.

<sup>3</sup> **Year(s) of activity:** Refers to field activities only. Do not include data analysis or redaction.



