

AQSSS-SCSS

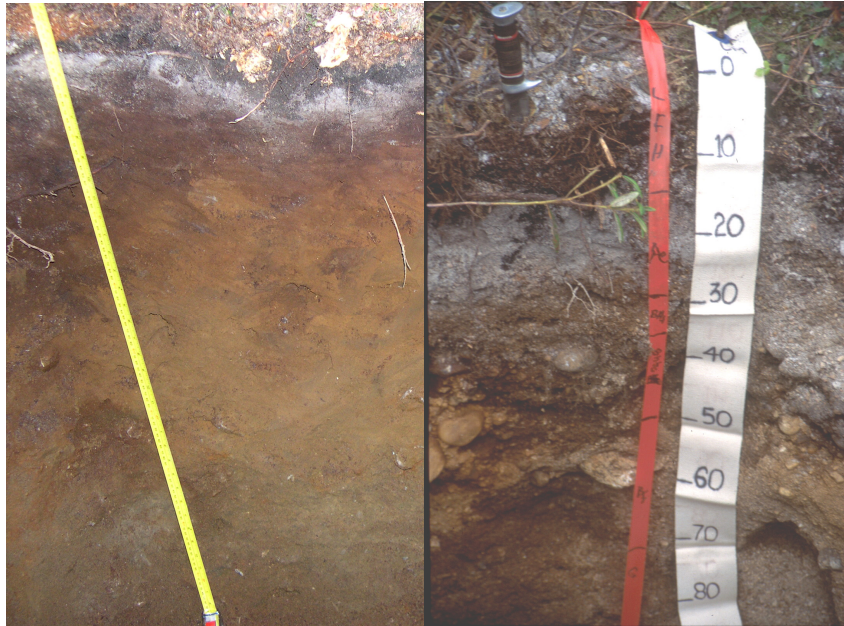
Tournée des sols / Soils Tour

7 juin –
Pédopaysages
des basses-
terres du St-
Laurent



June 7th –
Soils and
landscapes
of the St-
Lawrence
lowlands

8 juin – Les
sols de la forêt
boréale du
Bouclier
Canadien



June 8th –
Soils and
landscapes
of the
Boreal
forest and
Canadian
Shield

June 7 – 8 juin 2012

Remerciements / Acknowledgments

Organiser cette tournée sur le terrain a été une activité à la fois plaisante et éducative. Nous voudrions remercier Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, l'Université Laval, l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), l'Université McGill, le Service canadien des Forêts de RNCAN et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNFQ) pour leur soutien technique dans la réalisation de cette tournée. Nous remercions particulièrement les gens et organismes suivants :

This soils tour was both a very pleasant and learning activity to organize. We would like to thank Agriculture and Agri-Food Canada, Laval U., UQAC, McGill U., the Canadian Forest Service of RNCAN and the Quebec Ministry of Natural Resources and Wildlife (MRNFQ) for their technical support in the realization of this tour. We acknowledge in particular the participation of:

André Lachance, Maxi Plant Inc.
David Paré, CFS, NRCAN
Jean Noël, DRF, MRNFQ
Jean-Daniel Sylvain, DRF, MRNFQ
Josyane Giroux, DRF, MRNFQ
La Ferme Cantin et Fils, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier
La Ferme Coulombe, Saint-Jean, Île d'Orléans
Loïc D'Orangeville, Dpt. Natural Resource Sciences, McGill U.
Lucie Grenon, Agriculture and Agri-Food Canada
Mario Deschênes, Agriculture and Agri-Food Canada
Martin Chantigny, Agriculture and Agri-Food Canada
Michel Parent, Geological Survey of Canada
Patrice Thibault, Réseau de Lutte Intégrée Orléans
Serge Payette, Dpt. Biology, Laval U.
Yan Boucher, DRF, MRNFQ

La réalisation de cette tournée aurait été impossible sans leur implication. Ce guide fait partie de leur travail. Nous espérons que vous apprécierez votre tournée.

The achievement of this tour would have been impossible without their implication. This guide is a part of their labour. We hope you will enjoy this tour.

Athyna Cambouris

Agriculture de précision et fertilisation de l'agroécosystème
Agriculture et Agroalimentaire Canada
979, Avenue de Bourgogne, local 140
Québec, Québec G1W 2L4
Tél.: 418-648-4779
Télécopieur: 418-648-5489
Courriel: athyna.cambouris@agr.gc.ca

Rock Ouimet

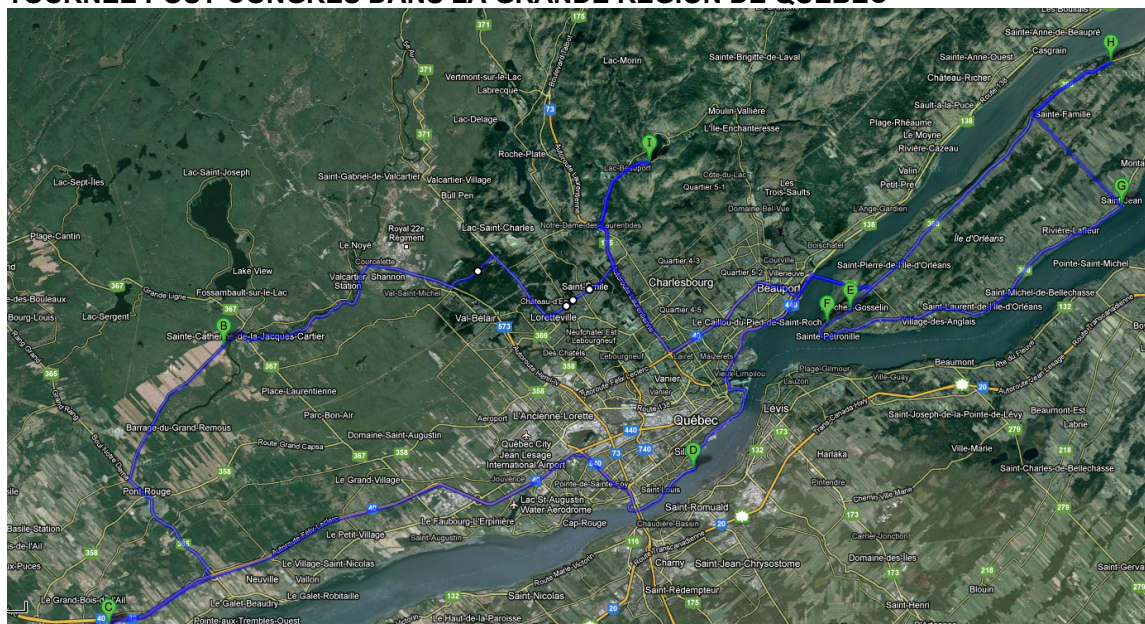
Direction de la recherche forestière
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
2700, rue Einstein
Québec, Québec G1P 3W8
Tél.: (418) 643-7994, poste 6533
Télécopieur: (418) 643-2165
Courriel: rock.ouimet@mrrnf.gouv.qc.ca

Table des matières / Table of content

	Page
Remerciements / Acknowledgments.....	ii
Le jeudi 7 juin 2012 / <i>Thursday June 7th 2012</i> 8 h – 16 h 30.....	1
Comté de Portneuf : caténa Morin – Deligny – Saint-Louis / Portneuf County : Morin – Deligny – St-Louis catena	3
Comté de Québec : caténa Tilly – Joly – Platon / Quebec County : Tilly – Joly – Platon catena	4
Île d’Orléans: Séries orléans – Lafleur – Dauphine / Orleans Island : Orléans – Lafleur – Dauphine soil series	5
Le vendredi 8 juin 2012 / <i>Friday 8th, June 2012</i> 8 h – 17 h	6
Forests of the Laurentian Highlands / Les forêts du Massif des Laurentides.....	7
Impact of forest biomass harvesting on soil fertility / Impact de la récolte de biomasse forestière sur les sols	11
Lichen woodland / Pessière à lichens.....	12
Frost hollow / Gélivasques (cuvettes de gel).....	15
Spruce budworm / Tordeuse des bourgeons de l’épinette (TBE)	17
The jack pine stand / Le peuplement de pin gris	18
Charlevoix impact crater / L’astroblème de Charlevoix	20

Le jeudi 7 juin 2012 / Thursday June 7th 2012 8h – 16h30

TOURNÉE POST-CONGRÈS DANS LA GRANDE RÉGION DE QUÉBEC



7 h 55: Rassemblement en face du Manoir Saint-Castin / *Gathering at the bus in front of the conference site (Manoir Saint-Castin).*

8 h – 9 h : Déplacement vers Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Dans l'autobus, tout au long du parcours, information géologique le long du territoire de la Rivière Jacques Cartier. / *Transport to our first stop. On bus, geological information will be provided on the region of Jacques Cartier River. Person in charge: Michel Parent*

9 h – 10 h : Présentation de l'entreprise Cantin et Fils par M. André Lachance M. Sc. agr., Maxiplant et visite guidée d'un site portant sur l'étude de la fertilisation azotée agro-environnementale dans la culture de la pomme de terre cultivée sur sol léger. Profil de sol et information géologique / *Frist stop: Farm Cantin et fils, research activities on the agri-environmental management of nitrogen in potato cropping systems will be presented (soil profile of the Morin Series, geologic information, monitoring of soil nitrogen mineralization, denitrification and nitrate leaching, proximal sensing tools, meteorological station).* Persons in charge: Athyna Cambouris, Andrée Lachance, Rock Ouimet, Lucie Grenon et Michel Parent.

10 h – 10 h 30 : Transport en autobus vers la Ferme de l'Université Laval situé à Saint-Augustin. / *Transport to the second stop: Laval University Experimental farm.*

10 h 30 – 11 h 30 : Visite guidée d'un site expérimental portant sur la dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore en période hivernale cultivé sur des sols appartenant à la caténa de sol Tilly, Joly, Platon (profil de sol, information géologique et présentation des équipements pour les mesures hivernales sur les sols). / *2nd stop: Demonstration of research activities on the use of farm effluents and soil nutrient dynamics during winter will be presented (soil profile of the Tilly Series, geologic information, description of field trials and monitoring equipment for the winter period).* Responsables Martin Chantigny, Rock Ouimet, Lucie Grenon et Michel Parent. *Persons in charge: Martin Chantigny, Rock Ouimet, Lucie Grenon and Michel Parent.*

11 h 30 – 12 h 30 : Transport en autobus vers l'Île d'Orléans : tout au long du parcours, présentation historique du chemin du Roy par Mme Monique Bhérier, guide touristique chez Gestion en Tourisme du Québec. / *Transport in bus. The tour will then follow the St-Lawrence river shore to get to Orléans Island. A bilingual guide, Mme Monique Bhérier, will entertain the group on the long history of that region since coming of the first European settlers.*

12 h 30 – 14 h 15 : Repas sur l'Île d'Orléans, Auberge la Goéliche Sainte-Pétronille. / *Stop for lunch at the Goéliche Auberge, Sainte-Pétronille, Orléans Island.*

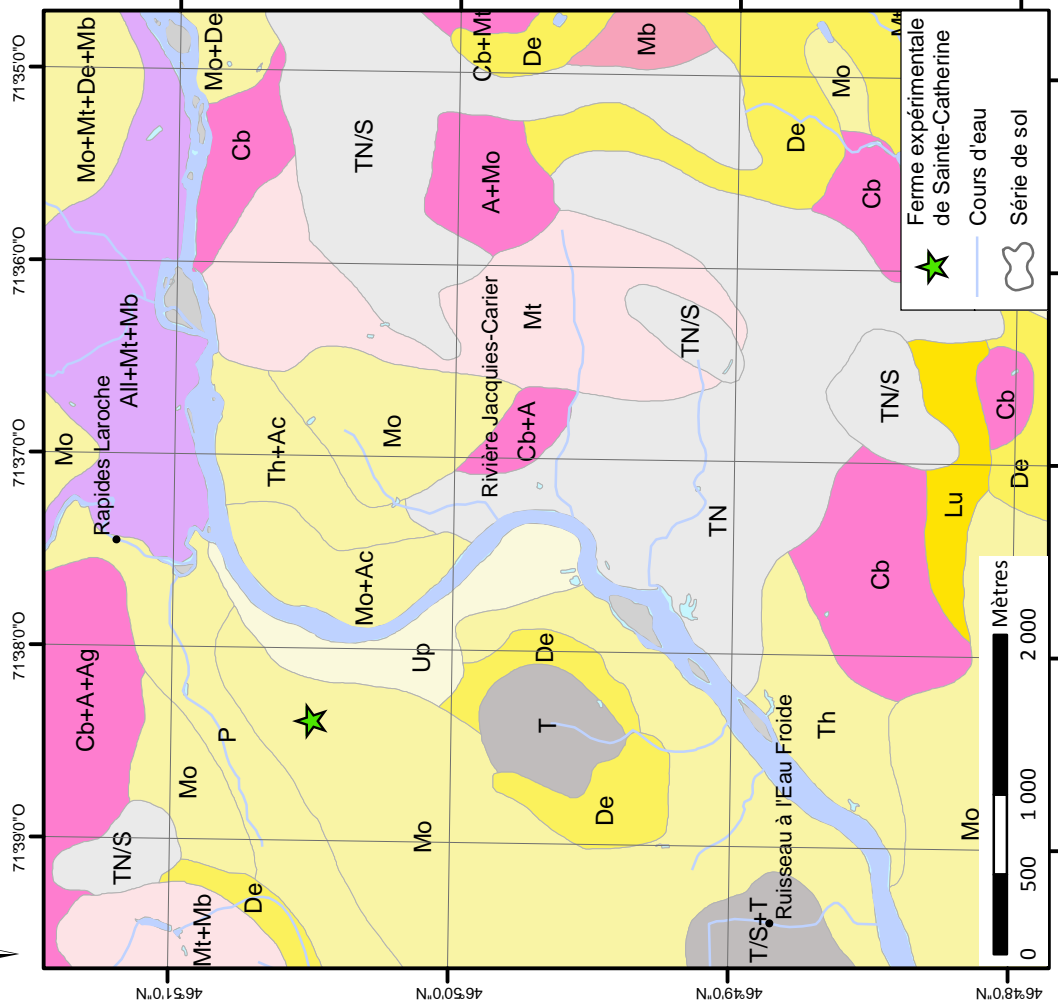
14 h 15 – 14 h 30 : Transport en autobus jusqu'à Saint-Jean Île d'Orléans chez l'entreprise Colombe. / *Transport to our last stop: Coulombe farm at Saint-Jean, Île d'Orléans.*

14 h 30 – 15 h 30 : Présentation de l'entreprise par M. Patrice Thibault, agr. réseau de lutte intégrée Orléans.
Présentation de cartes de la variabilité spatiale des propriétés de sols d'un champ situé sur la caténa Orléans Dauphine Lafleur. / *Presentation of research activities on soil relationship and apparent electrical conductivity conducted on the Farm (soil profiles of Lafleur, Dauphine and/or Orléans Series, geologic information, VERIS 3100 equipment demonstration if possible). Persons in charge: Athyna Cambouris, Rock Ouimet, Lucie Grenon et Michel Parent.*

15 h 30 – 16 h 30 : Transport en autobus au Manoir Saint-Castin. / *Transport via bus to the conference site.*



Comté de Portneuf: Caténa



Sources:
 MARCOUX, R.(1980). Étude pédologique des îles d'Orléans, aux Coudres et aux grues, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la recherche, 64p.
 IRDA (2012). Données numériques vectorielles pédologiques.
 Géobase (2012). Réseau hydrographique national, donnée obtenue de <http://www.geobase.ca/geobase/fr/index.html>.

Réalisé par:
 Josyane Giroux, BSC
 Jean-Daniel Sylvain, MSC
 Direction de la recherche forestière, MRNF

Ministère des
 Ressources naturelles
 et de la Faune
 Québec

Comté de Deligny - Saint-Louis

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Sable Morin	Excessif à bon	Horizontale à ondulée	Podzol humo-ferrugine orthique

Dans Portneuf, les sables Morin occupent des replats de terrasses ou les entrants de vallées glaciaires. Le matériau originel est associé à un sable moyen à grossier. Ce sont des sols de fertilité moyenne à pauvre.

Horizon	Profondeur	Description
L-H	7-0	Matière organique à demi-décomposée, noire (2.5YR 2/0 h), brun très foncé (10YR 2/2 s); sans structure; meuble; limite abrupte, ondulée; pH: 4.8.
Ae	0-5	Sable gris (5YR 5/1 h, 10YR 5/1 s); particulaire; meuble; racines peu abondantes, moyennées, non-orientées; limite abrupte, ondulée; pH: 5.1.
Bfh	5-23	Sable loameux à loam sableux rouge-jaune (5YR 4/6 h), brun-jaune (10YR 5/4 à 5/6 s); particulaire; meuble; concrétions rouge très sombre (2.5YR 2/2 h) abondantes, irrégulières, moyennées, réparties dans la matrice et cimentées par les oxydes; limite graduelle, ondulée; pH: 5.6.
Bm ou BC	23-50	Sable brun-jaune (10YR 5/6 h), brun pâle (10YR 6/3 s); particulaire; meuble; gravier (10%) arrondi à sub-arrondi; limite graduelle, régulière; pH: 5.2.
C	à 57 cm	Sable grossier brun pâle (10YR 6/3 h, 6/3 s); particulaire; meuble; pH: 5.0.

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Loam sableux Deligny	Imparfait	Horizontale à légèrement déprimé	podzol ferro-humique gleyifié

Les sols Deligny se situent dans les espaces plats ou légèrement déprimés. Ils sont naturellement pauvres et requièrent des applications répétées d'engrais chimiques et de chaux.

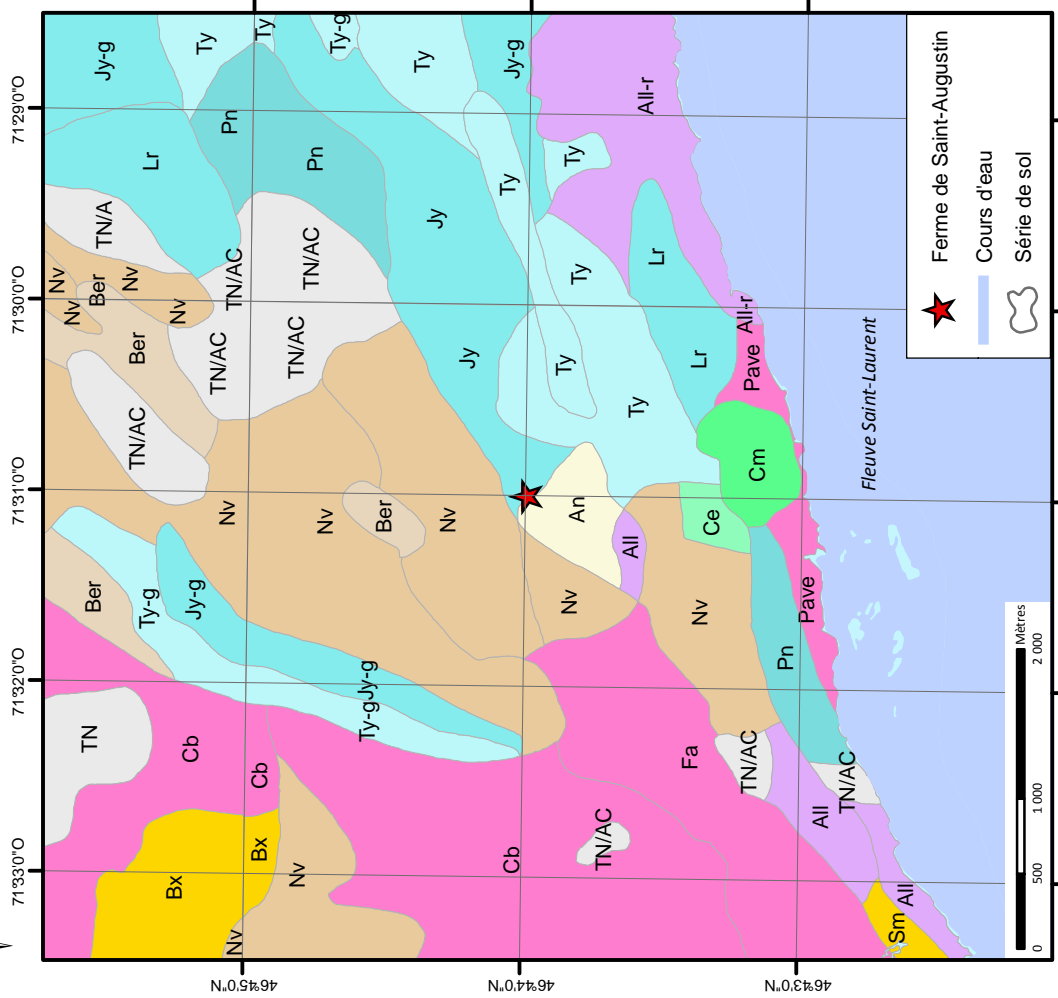
Horizon	Profondeur	Limite	Description
Ap (L-H)	0-20	14-20	Loam sableux et matière organique à demi-décomposée (moder) brun foncé à gris (7.5YR 4/2 à 10YR 5/1 e Salt & Pepper.); particulaire; très friable; limite abrupte, régulière; pH: 4.7.
Ae	20-28	5-14	Sable loameux gris (10YR 6/1 h), gris clair (10YR 7/1 s); particulaire; meuble; limite abrupte, ondulée; pH: 4.6.
Bfgl	28-36	4-12	Sable loameux brun-rouge foncé (5YR 2/4 h), brun-rouge (5YR 4/4 s); particulaire; meuble; horizon parfois concrétionné à l'état sec; limite distincte, interrompue; pH: 4.8.
Bfg 2	36-58	13-30	Sable loameux rouge foncé à brun vif (2.5YR 3/6 à 7.5YR 5/8 h), brun-jaune (10YR 5/8 s); particulaire; meuble; limite graduelle, ondulée; pH: 5.1.
Cg	à 58 cm		Sable grossier jaune-brun (10YR 6/6 h), brun très pâle (10YR 7/4 s); particulaire; meuble; pH: 5.2.

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Sable Saint-Louis	Mauvais à très mauvais	En dépression à horizontale	gleysol humique orthique

Ce sable occupe les endroits déprimés en bordure des Laurentides et est presque toujours cartographié en complexe avec les séries Morin et Deligny.

Horizon	Profondeur	Limite	Description
L (Ap)	51-31	Les épaisseurs sont constantes pour ce profil	Matière organique à demi-décomposée avec débris végétaux sont non décomposés, noire à brun-rouge foncé (5YR 2/1 .5 h), brun-rouge foncé (5YR 2/2 s); très friable; limite distincte, régulière; pH: 3.7.
F	31-11		Matière organique, noire (5YR 2/1 h), brun-rouge foncé (5YR 2/2 s); très friable; limite abrupte, régulière; pH: 3.8.
H	11-0		Matière organique bien décomposée, noire (10YR 2/1 h), gris foncé (10YR 4/1 s); très friable; limite abrupte, régulière; pH: 4.4.
Bg	0-10		Sable brun foncé (7.5YR 3/2 h, 4/2 s); particulaire; meuble; limite distincte, régulière; pH: 4.9.
Cg'	10-24		Sable fin gris (5Y 5/1 h), gris clair (5Y 7/2 s); taches brun-gris foncé (10YR 4/2 h) assez nombreuses, moyennées, très marquées; particulaire; meuble; limite distincte, régulière; pH: 5.3.
Cg2	à 85 cm		Sable gris (5Y 5/1 h), gris clair (5Y 7/1 s); particulaire; meuble; pH: 5.1.

Comté de Québec: Caténa Tilly - Joly - Platon



Série Tilly (Jy)	Drainage Bon	Topographie horizontale à faiblement ondulée	Sous-groupe podzol humo-ferrique orthique
Horizon	Profondeur (cm)	Description	
Ap	0-14	Loam argileux brun foncé (10YR 3/3 b), gris-brun clair (10YR 6/2 s); granulière, grossière, modérée; très friable; quelques fragments de schistes; limite distincte, régulière; pH: 6.1.	
Ae	14-18	Loam limono-argileux brun clair (7.5YR 6/4 h), gris clair à brun très pâle (10YR 7/2 à 7/3 s); granulière, grossière, modérée; très friable; quelques fragments de schistes; limite abrupte, interrompue; pH: 4.6.	
Bf	18-28	Loam argileux rouge-jaune (5YR 5/6 h), brun-jaune clair (10YR 6/4 s); granulière, grossière, modérée; très friable; quelques fragments de schistes; limite distincte, ondulée; pH: 4.8.	
Bm	28-37	Loam limoneux brun vif (7.5YR 5/6 b), brun très pâle (10YR 7/4 s); polyédrique subangulaire, moyenne, modéré; très friable; quelques fragments de schistes; limite distincte, ondulée; pH: 4.8.	
Bngl	37-60	Loam limoneux brun-jaune foncé (10YR 4/4 h), brun pâle (10YR 6/3 s); taches jaune-rouge (7.5YR 6/6 h), nombreuses, petites, distinctes; polyédrique subangulaire, moyenne, modérée; très friable; quelques fragments de schistes; limite distincte, régulière; pH: 4.8.	
Cg1	60-75	Loam brun foncé à brun-jaune foncé (7.5YR 4/4 h), brun (10YR 3/3 s); taches jaune-rouge (7.5YR 6/6 h), nombreuses, petites, distinctes; lamellaire, moyenne, modérée; très friable; fragments de schistes; limite distincte, ondulée; pH: 4.8.	
Cg2	A 75 cm	Loam brun-gris (10YR 5/2 h), brun (10YR 5/3 s); taches jaune-rouge (7.5YR 6/6 h), nombreuses, petites, distinctes; lamellaire, moyenne, modérée; très friable; fragments de schistes; pH: 4.6.	

Série Joly (Jy)	Drainage Imparfait	Topographie sub-horizontale à légèrement déprimée	Sous-groupe gleysol orthique
--------------------	-----------------------	--	---------------------------------

La série Joly constitue les pentes très douces et les replats faiblement inclinés de cette vaste terrasse marine. Elle se retrouve en moindre importance avec les séries Neuville (Nv), Saint-Antoine (An) et MacDonald (Mc).

Horizon H (Ah)	Profondeur (cm) 5-0	Description	
Aeg	0-5	Loam argileux brun-gris très foncé (10YR 3/2 h) et gris très foncé (10YR 3/1 s); structure fine grenue moyennement développée et subanguleuse moyenne, moyennement développée; consistance très friable; apparence de mull; limite diffuse et discontinue.	
Bfg1	5-10	Argile brune à brun-gris (10YR 3.5/2 h) et blanc (10YR 8/2 s) avec enduits brun-gris foncé (10YR 4/2 h) et brun très pâle (10YR 8/4 s); mouchetures distinctes; jaune-brun (10YR 6/8 s); structure subanguleuse moyenne à grossière, moyennement développée; consistance friable.	
Bfg2	10-28	Argile limoneuse brun pâle (10YR 6/3 h), mouchetures moyennes, distinctes et modérément développées de couleur jaune-brun à brun jaune (10YR 6/8, 5/8 h); structure lamellaire grossière au sein des pedes subangulaires grossiers bien développés.	
Bg	28-41	Loam limono-argileux gris (5Y 6/1 h), gris clair (7.5YR 7/0 s), mouchetures nombreuses, grossières, distinctes, brun vif (7.5YR 5/8 h) et jaune (10YR 7/6 s); structure prismatique très grossière et bien développée; consistance plastique, dure à l'état sec.	
R non calcaire	49-74	Argile limoneuse gris clair (5Y 7/1 h) et gris-brun clair (10YR 6/2 s); mouchetures nombreuses, moyennes, rouge-jaune (5YR 5/6, 5/8 h) et brun vif (7.5YR 5/8 s); structure massive; limite abrupte marquant le début d'une stratification des matériaux autochtones.	
R non calcaire	41-49	Fragments de schistes gris foncé et gris clair (10YR 4/1 h, 2.5Y 7/2 h) et brun foncé (10YR 4/3 s); mouchetures moyennes, moyennement abondantes, de couleur brun-jaune (10YR 5/8 h); consistance collante, structure lamellaire grossière, composée de lits schisteux.	
R non calcaire	49-74	Schiste altéré brun-gris très foncé (10YR 3/2 h) et brun-gris non calcaire (2.5Y 5/2 s); nombreux enduits gris à gris foncé (N5, h), (N4, s).	

Série Platon (Ph)	Drainage Très mauvais	Topographie en dépression à horizontale	Sous-groupe gleysol humique orthique
----------------------	--------------------------	--	---

La série Platon se retrouve dans les dépressions topographiques faibles et les surfaces planes. Cette série est acide en surface (pH<6,0) et calcaire (pH>7,4) assez rapidement au fur et à mesure que l'on descend dans le profil.

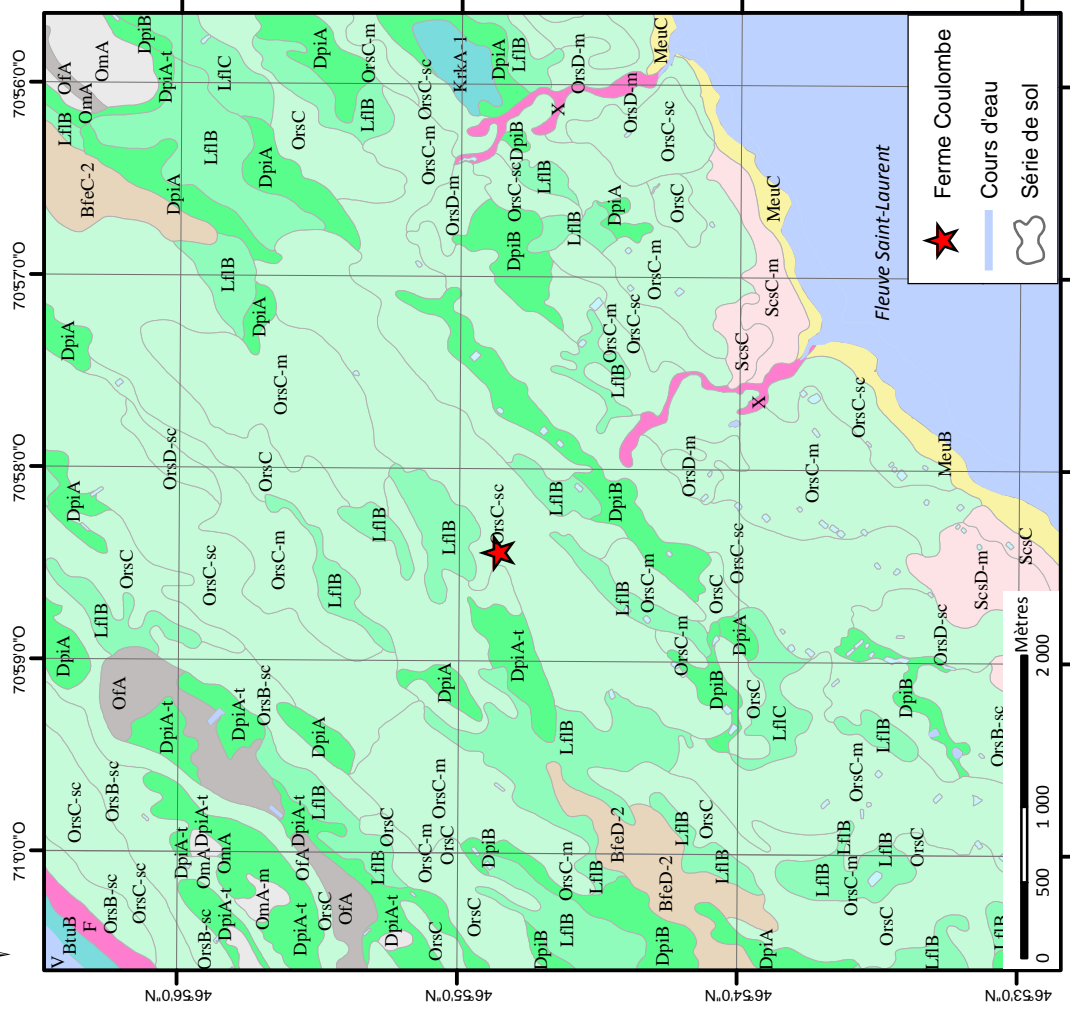
Horizon Oh (Ah)	Profondeur (cm) 5-0	Description	
Aeg	0-5	Masse granulaire noire et brune humifère avec très abondantes racines. Au contact avec le Aeg, il y a une zone discontinue d'environ 1-2 cm de minéralisation "mull".	
Bg	5-23	Argile brun-jaune clair (2.5Y 6/4 h) et gris clair (10YR 7/1 s) avec mouchetures diffuses jaune brun (10YR 6/6 h) et jaune (10YR 7/6 s); friable en place légèrement plastique détaché; limite claire et sinueuse.	
IIIrj Non calcaire	23-30	Argile limoneuse plastique gris (5Y 6/1 h), blanc (5Y 8/2s) et dans la partie inférieure gris-vert foncé (5BG 4/1 h), grandes, saillantes et nombreuses; mouchetures brun-jaune (10YR 5/8 h) jusqu'à 12 cm et rouge-jaune (5YR 3/8) dans la partie inférieure; limite abrupte, régulière.	
IIIrj calcaire	30-55	Loam limoneux schisteux plastique gris (5Y 5/1 h) et gris clair non calcaire (5Y 6/1, 7/1 s) avec de nombreuses mouchetures moyennes, saillantes, brun-jaune (10YR 5/6 h) et brun-gris très foncé (10YR 3/2 h), jaune-brun (10YR 6/6 s) et brun-jaune (10YR 5/8 s).	
IIIrj calcaire	30-55	Schiste calcaire gris foncé (5Y 4/1 h et s); les lits se séparent facilement jusqu'à 60 cm et sont plus consolidés en dessous; enduits calcaires gris clair (5Y 7/1 h et s) sur les surfaces inférieures et argileux gris foncé (5Y 4/1 h et s) sur la partie supérieure et le côté.	

Sources:
 Raymond, R., Laflamme G. & Godbout G. (1976). Pédologie du comté de portneuf, Agriculture Québec, Direction de la recherche et de l'enseignement, 164p.
 IRDA (2012). Données numériques vectoriels pédologiques.
 Géobase (2012). Réseau hydrographique national, donnée obtenue de <http://www.geobase.ca/geobase/fr/index.html>.

Réalisé par:
 Josyane Giroux, BSc
 Jean-Daniel Sylvain, MSc
 Direction de la recherche forestière, MRNF

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune Québec

Île d'Orléans: Séries Orléans - Lafleur - Dauphine



Sources:
 MARCOUX, R.(1980). Étude pédologique des Îles d'Orléans, aux Coudres et aux grues, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la recherche, 64p.

IRDA (2012). Données numériques vectorielles pédologiques.

Géobase (2012). Réseau hydrographique national, donnée obtenue de <http://www.geobase.ca/geobase/fr/index.html>.

Réalisé par:
 Josyane Giroux, Bsc
 Jean-Daniel Sylvain, Msc
 Direction de la recherche forestière, MRNF

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Orléans (ORS)	Bon	C - 2 à 5% de pente D - 5 à 9% de pente	Brunisol dystrique éluviié

Les sols de la série Orléans représentent les sols les plus extensifs dans les îles. Ils occupent les versants et reposent à des profondeurs variables, sur une assise rocheuse perméable.

Horizon	Profondeur (cm)	Description
AP	0-15	Loam limono-argileux brun gris très foncé (10 YR 3/2 h); structure granulaire fine à moyenne, modérée; quelques schistes plats, émousés; transition abrupte, régulière; fortement acide.
Aej	15-17	Loam limono-argileux brun (7.5 YR 4/2 h); structure polyédrique subangulaire moyenne; faible; perméable; collant ; limite graduelle, ondulée; fortement acide.
Bij	17- 24	Loam sablo-argileux brun foncé (10 YR 4/3 h); sans structure; fragments schistoux et gréseux abondants et partiellement enrobés de loam argileux; friable et particulaire; très perméable; limite graduelle, ondulée; fortement acide.
Bm 1	24-34	Loam sablo-argileux brun jaune foncé (10 YR 4/4 h); sans structure; schistes et grès plats, légèrement enrobés d'un loam argileux; très perméable; limite graduelle, ondulée; fortement acide.
Bm 2	34- 47	Loam sablo-argileux brun jaune foncé (10 YR 4/4h); sans structure; schistes et grès très abondants; très perméable; limite diffuse; fortement acide.
BC	47- 80	Loam brun foncé (10 YR 4/2 h) sans structure; gravier de schistes et de grès, de teintes diverses; limite diffuse; très fortement acide.
C	80	Loam sableux brun foncé (10 YR 3/3 h); gravier de schistes et de grès contenant des sables moyens et grossiers, très fortement acide; repose sur roc schistoux.

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Lafleur (Lfi)	Imparfait	B - 1 à 2% de pente	Brunisol dystrique éluviié geyffiié

Les sols de la série Lafleur sont étroitement associés à des dépôts de plage étalés sur les versants supérieurs des îles. Ils occupent une position intermédiaire entre les sols Orléans et Dauphine.

Horizon	Profondeur (cm)	Description
Ap	0-15	Loam limono-argileux brun gris très foncé (10 YR 5/8 h); structure granulaire fine à moyenne; quelques fragments schistoux; transition abrupte, régulière; fortement acide.
Aeg	15-17	Loam limono-argileux brun pâle (10 YR 6/3 h); sans structure; quelques fragments schistoux et gréseux peu abondants; peu friable; perméable; limite graduelle, régulière; fortement acide.
Bfjg1	17-26	Loam limono-argileux et schistoux, brun jaune (10 YR 5/8 h); sans structure; marbrures brunes (10 YR 5/5 h), nombreuses, moyennes, faibles, fragments schistoux et gréseux abondants; perméable; peu collant; limite diffuse, régulière; fortement acide.
Bfjg2	26-44	Loam limono-argileux et graveleux brun jaune foncé (10 YR 4/4 h); sans structure; marbrures brunes (10 YR 5/3 h), petites et faibles; fragments schistoux et gréseux abondants; perméable; limite diffuse; fortement acide.
Cg	44	Loam limono-argileux et graveleux gris olive foncé (5Y 3/2 h); marbrures brun jaune (10 YR 5/8 h); fréquentes, moyennes et faibles; fragments schistoux et gréseux très abondants; perméable; légèrement acide.

Série	Drainage	Topographie	Sous-groupe
Dauphine (Dpi)	Mauvais à très mauvais	A - 0.5 à 1% de pente B - 1 à 2% de pente	Gleysols lumineux orthiques

Les sols de la série Dauphine occupent des endroits plats au creux des îles ou dans les anses anciennes d'estuaire.

Horizon	Profondeur (cm)	Description
Ap	0-15	Argile limoneuse brun gris très foncé (2.5 Y 5/2h); structure polyédrique subangulaire, fine, faible; perméable; quelques fragments de schistes; transition abrupte, régulière; fortement acide.
Aeg	15- 18	Loam limono-argileux gris (5 Y 8/1 h); sans structure; quelques marbrures brun jaune (10 YR 5/8 h), fines et faibles; massif; plastique; peu perméable; présence de fragments de schistes; fortement acide.
Bg1	18-30	Loam limono-argileux et graveleux gris foncé (5 Y 4/1 h); sans structure; marbrures brun jaune (10 YR 5/8 h); fragments de schistes abondants; peu friable; peu perméable; limite diffuse, régulière; fortement acide.
Bg2	30-45	Loam limono-argileux et graveleux gris olive (5 Y 5/2 h) ; sans structure; marbrures brun jaune (10 YR 5/8 h); fragments de schistes et de grès abondants; friable; perméable; limite diffuse; moyennement acide.
Cg	45	Loam limoneux gris olive (5 Y 5/2 h); sans structure; fragments de schistes en mélange avec des sables moyens à grossiers; présence de la nappe d'eau; moyennement acide.

Le vendredi 8 juin 2012 / Friday 8th, June 2012 8 h – 17 h

TOURNÉE POST-CONGRÈS DANS LA FORÊT BORÉALE DU BOUCLIER CANADIEN /
POST MEETING TOUR IN THE BOREAL FOREST OF THE CANADIAN SHIELD

7 h 50 : Rassemblement en face du Manoir Saint-Castin / *Meeting in front of the St-Castin Manor*

8 h – 9 h : Déplacement en autobus vers la Forêt Montmorency, U. Laval. Présentation des domaines bioclimatiques le long du voyage. Par Yan Boucher, biol., Ph.D., MRNFQ /
Trip to the Forêt Montmorency, Laval U, by bus. Briefing on the changing bioclimatic ecological domains along the way. By Yan Boucher, biol. Ph.D., MRNFQ.

9 h – 9 h 45 : Sols et changements climatiques à la Forêt Montmorency. Par Rock Ouimet, MRNF / *Soils and climate change at the Forêt Montmorency. By Rock Ouimet, MRNF.*

Expérience de réchauffement du sol en forêt boréale. Responsable : Loïc D'Orangeville, candidat Ph.D., U. McGill et UQAC / *Soil heating experiment in the boreal forest. By Loïc D'Orangeville, Ph.D. candidate, McGill U. and UQAC.*

10 h – 10 h 45 : Impact de la récolte de biomasse forestière sur la fertilité des sols. Par David Paré, ing.f., Ph.D. SCF-RNCAN / *Impact of forest biomass harvesting on soil fertility. By David Paré, ing.f., Ph.D. CFS-NRCAN.*

10 h 45 – 13 h : Déplacement vers le Parc national des Grands-Jardins. Présentation des forêts le long du voyage et lunch. Par Yan Boucher, biol., Ph.D., MRNFQ / *Moving to the Parc national des Grands-Jardins. Comments on the forest landscape along the way and lunch time. By Yan Boucher, biol., Ph.D., MRNFQ.*

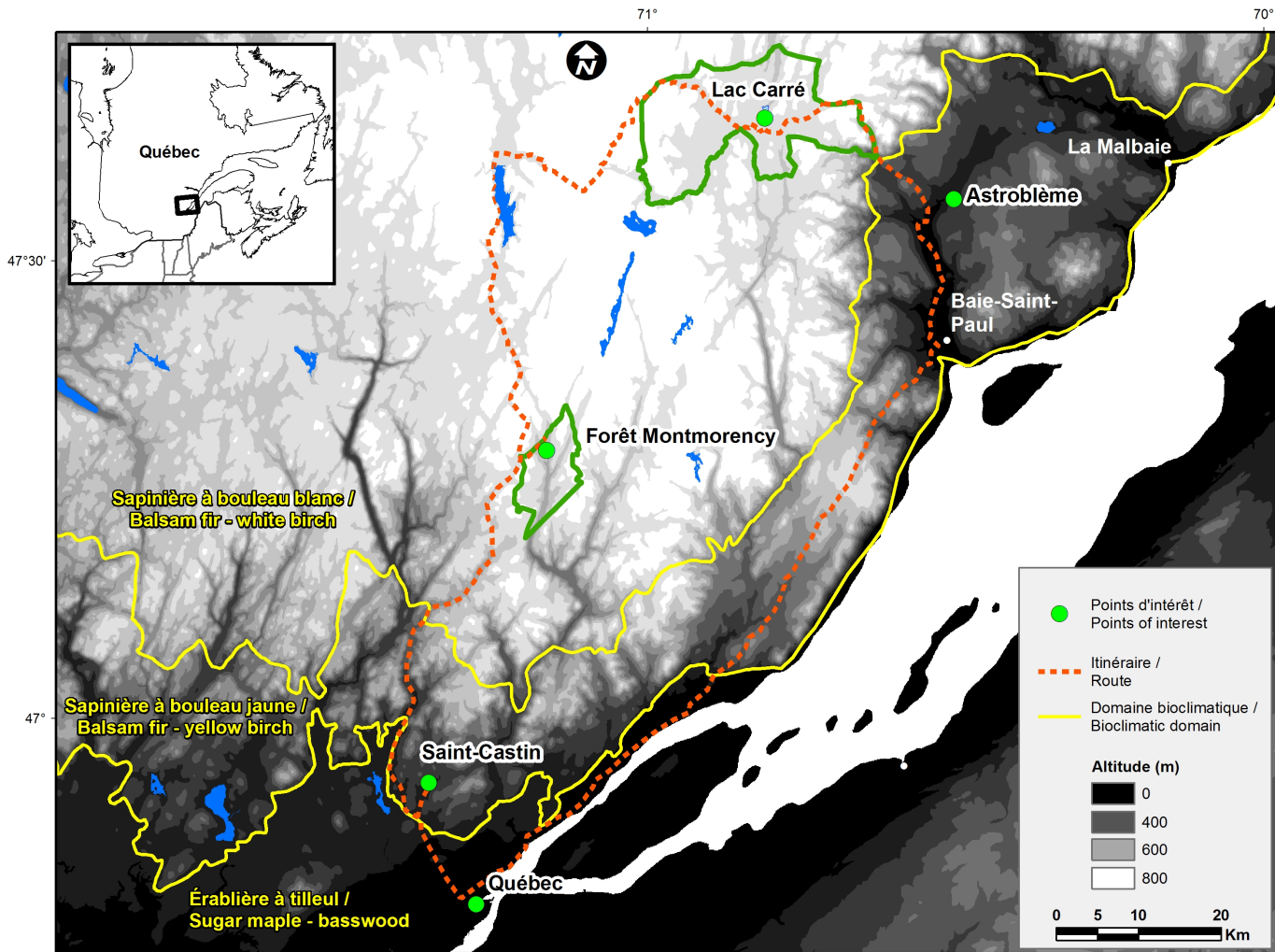
13 h – 13 h 45 : La forêt de pin gris et les feux. Par Serge Payette, ing.f., Ph.D., U. Laval / *The jack pine forest stand and fire. By Serge Payette, ing.f., Ph.D., U. Laval.*

14 h – 14 h 45 : Sols périglaciaires dans les cuvettes de gel. Par Serge Payette, ing.f., Ph.D., U. Laval / *Periglacial soils in frost hollows. By Serge Payette, ing.f., Ph.D., U. Laval.*

14 h 45 – 17 h : Retour au Lac Beauport par Charlevoix. Bref arrêt le long de la route 138 à l'aire de repos pour présenter l'astroblème de Charlevoix. Par Rock Ouimet, MRNFQ / *Moving back home by Charlevoix. Short stop along road 138 at the rest area to see the Charlevoix crater. By Rock Ouimet, MRNFQ.*

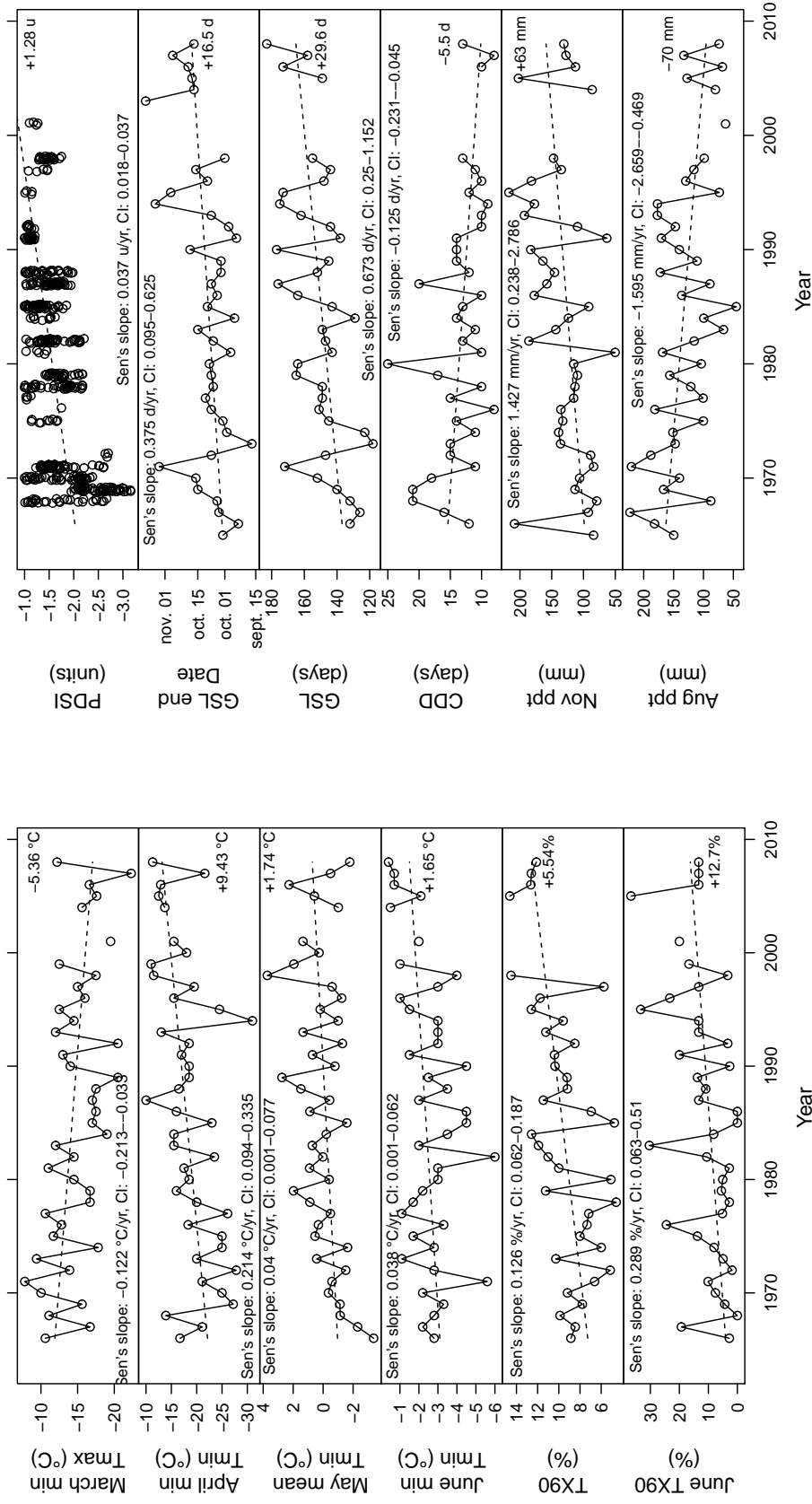
Forests of the Laurentian Highlands / Les forêts du Massif des Laurentides

Yan Boucher, biol., Ph.D. et Jean Noël, GIS Spec. Techn., MRNF-DRF



Bioclimatic domain	Species	Natural disturbances	Landuse	Elevation
Sugar maple-basswood	Sugar maple, basswood, balsam fir, red maple, white pine, American elm	Canopy gap	Agriculture, small-scale logging	Low (< 200 m)
Balsam fir-yellow birch	Balsam fir, yellow birch, sugar maple, red spruce	Spruce budworm outbreak, fire	Small-scale logging	Medium (200-500 m)
Balsam fir- white birch	Balsam fir, black spruce, white birch, trembling aspen	Spruce budworm outbreak*, fire*	Industrial forestry	Medium-High (400-1000 m)

Évolution d'indicateurs climatiques à la Forêt Montmorency entre 1965 et 2008 / Evolution of climate indicators at the Forêt Montmorency between 1965 and 2008. Compiled by Rock Ouimet, MRNF-DRF.



Evolution of climate indices that showed significant changes between 1965-1966 and 2008 at Forêt Montmorency according to the Kendall correlation test. From bottom to top and left to right: 1) percentage of warm days in June - where max temp. > 90th percentile (25 °C) (June TX90); 2) percentage of warm days in the year - where max temp. > 90th percentile (21.7 °C) (TX90); 3) minimum value of June minimum temp.; 4) mean value of May minimum temp.; 5) minimum value of April minimum temp.; 6) minimum value of March maximum temp.; 7) August precipitation; 8) November precipitation (mm eq. of water); 9) maximum consecutive dry days (CDD); 10) growing season length (GSL); 11) GSL end date; 12) occurrence of plant water stress events (Palmer Drought Severity index - PDSI); points were slightly jittered to reduce overlapping and represent weekly PDSI values ≤ -1 unit. Dashed lines show the monotonic trends with their respective Sen's slope and 95% confidence interval (CI). Numbers at right in the panels indicate the overall change values between 1965 or 1966 and 2008. For instance, the median GSL increased by 29.6 days over the period.



LFH: granular mor,
black

Ae: light gray, loamy
sand

Bhf: Dark brown,
loamy sand

Bf1: Brown-red,
loamy sand

Bf2: Brown, loamy
sand

Bf3p: Dark
yellowish-
brown, sand

BCc: dark gray,
compacted
medium to
coarse sand
(duric)

Typical Laurentide soil profile: Ferro-humic Podzol (site 303). Source: Ouimet, R. 2008. Using compositional change within soil profiles for modelling base cation transport and chemical weathering. *Geoderma* 145: 410-418.

Some properties of the Laurentide soil series

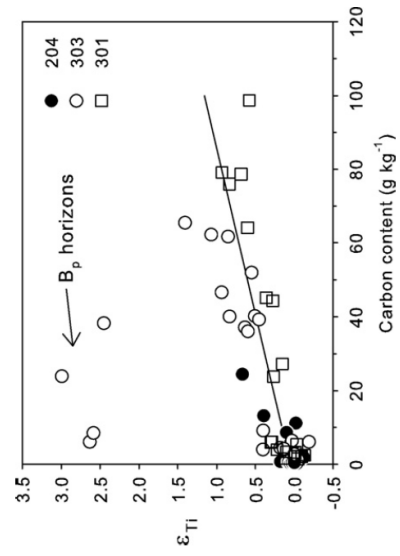
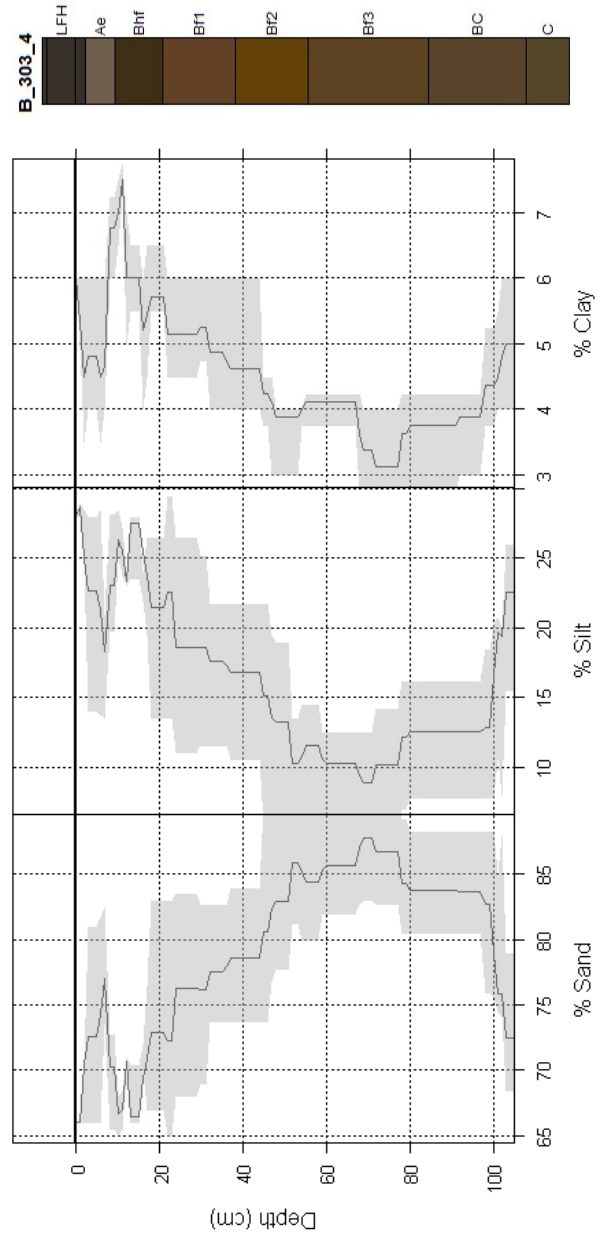
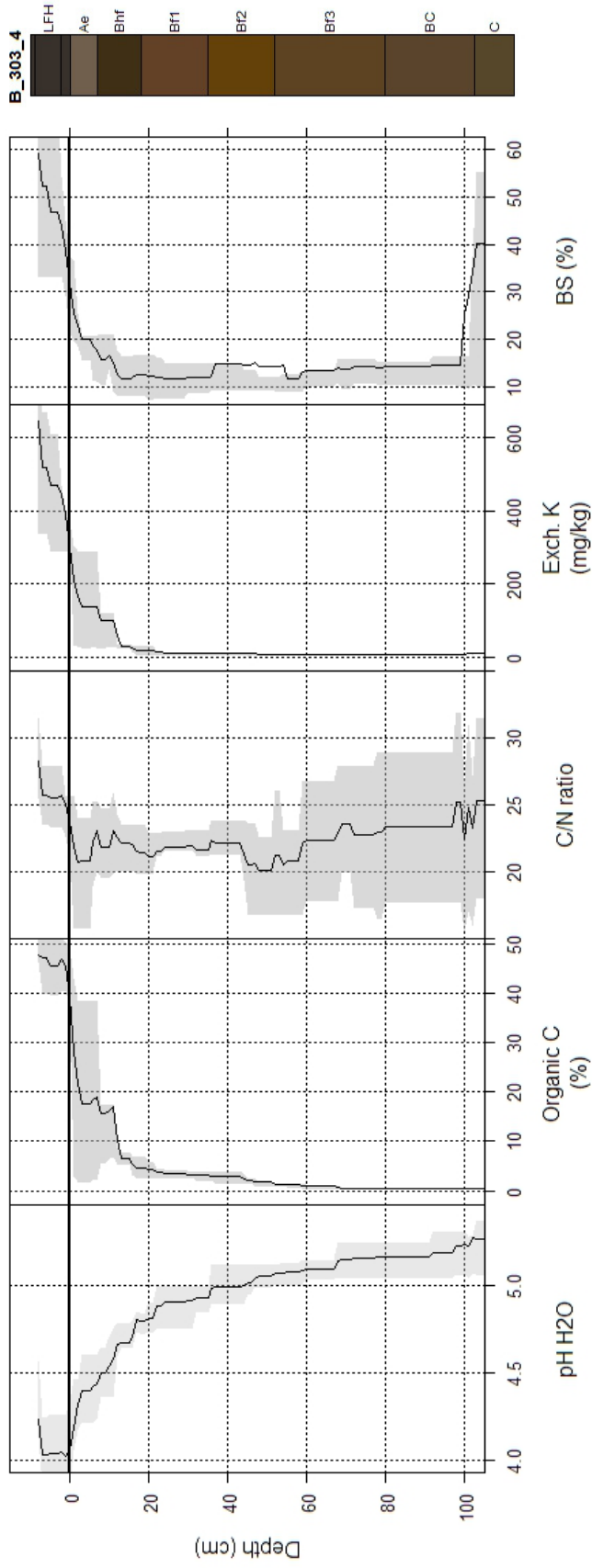
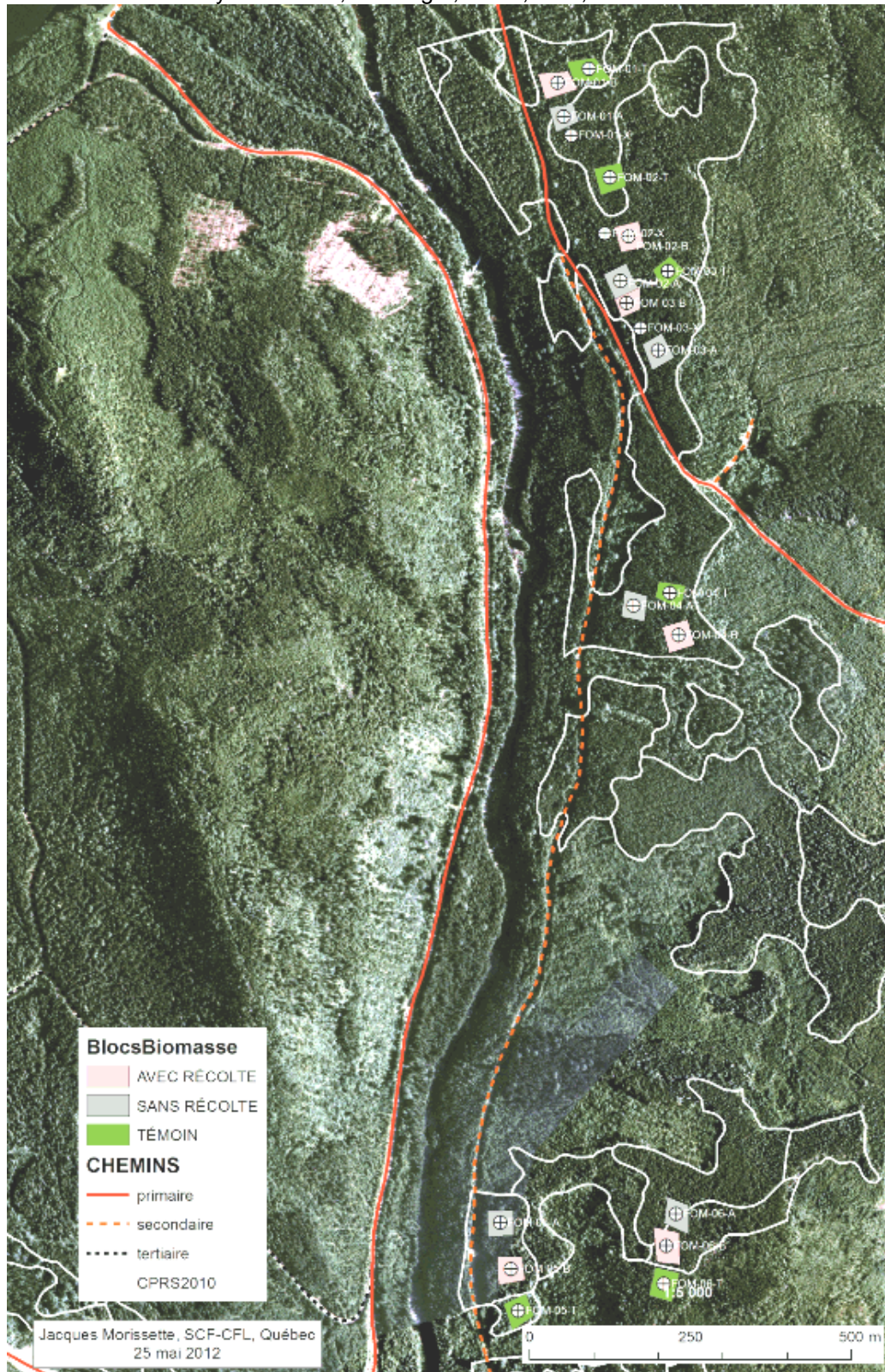


Fig. 3. Relationship between organic C concentrations in individual soil horizons samples and strain.

Impact of forest biomass harvesting on soil fertility / Impact de la récolte de biomasse forestière sur les sols

David Paré and Évelyne Thiffault, both ing.f., Ph.D., CFS, NRCAN



Lichen woodland / Pessière à lichens

Serge Payette, ing.f. PhD. Chaire de recherche nordique en écologie des perturbations, Université Laval

Lichen woodland	Pessière à lichens
<p>Réserve faunique des Laurentides (RFL)</p> <ul style="list-style-type: none"> * West of the PGJ * Precipitation ~1500 mm/year (orographic effect due to its higher altitude) * Mean altitude 800-900 m asl * Rainshadow effect over the PGJ * Fire frequency higher in PGJ than in RFL <p>Parc des Grands-Jardins (PGJ)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Located in the Charlevoix Highlands 120 km east of Québec City * Covers 310 km² * Mean altitude of 600-800 m asl * Precipitation ~1000 mm/year <p>Spruce Lichen Woodlands (SLW)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Open spruce (<i>Picea mariana</i>) forests; <25% tree cover * Lichen mat of <i>Cladonia rangiferina</i>, <i>C. mitis</i>, <i>C. stellaris</i> * <i>Betula glandulosa</i> (dwarf birch), <i>Vaccinium angustifolium</i>, <i>Rhododendron groenlandicum</i>, <i>Kalmia angustifolia</i> * Typically found north of 52°N * 28 km² of lichen woodland in the PGJ <p>Disturbance Factors</p> <p>Fire: 39% (119 km²) of the park has burned this century; last fire occurred in 1999 (38 km²)</p> <p>Insect outbreaks: spruce budworm (<i>Choristoneura fumiferana</i>): most destructive defoliator in the boreal forest epidemics in the PGJ: 1952-53, and bimodal 1977-79 and 1984-87 (Simard & Payette 2001)</p> <p>Logging: 40% of the park was logged before the park's creation in 1981</p> <p>Rationale</p> <p>Past explanation: the southernmost SLWs are enigmatic as they are located in the boreal forest 500 km south of the continuous lichen woodland zone. The northern SLW are a result of a reduced postfire regeneration due to poor climate. This explanation is unlikely for the southernmost SLWs, as the adjacent forests tend to regenerate after fire.</p> <p>Other hypotheses :</p> <ul style="list-style-type: none"> * Glacial relic maintained by cold climate and poor soils (Richard 1975) * The SLWs are adjacent to moss forests indicating that climate and soils are favorable for tree growth * No evidence SLWs existing over the last 10000 years * Fire Regime (Payette 1992; Bussièrès, Payette, Filion 1996) * One or several fires initiate SLW development * Open stand structure maintained by frequent light fires 	<p>Réserve Faunique des Laurentides (RFL)</p> <ul style="list-style-type: none"> * À l'ouest du PGJ * Précipitations d'environ 1500 mm/année (effet orographique causé par haut relief) * Altitude moyenne entre 800 et 900 m * Crée un effet orographique au-dessus du PGJ * Fréquence des feux plus élevée dans le PGJ que dans la RFL <p>Parc des Grands-Jardins (PGJ)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Situé dans les montagnes de Charlevoix 120 km à l'est de la ville de Québec * Superficie de 310 km² * Altitude moyenne entre 600 et 800 m * Précipitations d'environ 1000 mm/année <p>Pessièrès à lichens (PL)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Forêts ouvertes d'épinettes noires (<i>Picea mariana</i>); <25 % de recouvrement par les arbres * Tapis de lichens : <i>Cladonia rangiferina</i>, <i>C. mitis</i>, <i>C. stellaris</i> * <i>Betula glandulosa</i> (dwarf birch), <i>Vaccinium angustifolium</i>, <i>Rhododendron groenlandicum</i>, <i>Kalmia angustifolia</i> * Se trouve typiquement au nord du 52° parallèle; 28 km² de pessière à lichens dans le PGJ <p>Perturbations</p> <p>Feu : 39 % (119 km²) du parc a brûlé au 20^e siècle; le dernier feu est survenu en 1999 (38 km²)</p> <p>Épidémies d'insectes : la tordeuse des bourgeons de l'épinette (<i>Choristoneura fumiferana</i>): l'insecte défoliateur le plus destructeur dans la forêt boréale et au PGJ : en 1952-53, et bimodale 1977-79 et 1984-87 (Simard et Payette 2001)</p> <p>Coupe forestière : 40 % de la superficie du PGJ a subi la coupe avant sa création en 1981</p> <p>Problématique</p> <p>Explication antérieure : ces pessières à lichens énigmatiques puisqu'elles sont situées dans la forêt boréale à 500 km au sud de la zone de la pessière à lichens. Celle-ci est le résultat du climat rigoureux à cette latitude. Cette explication ne tient pas dans le cas des PL du PGJ, car elles sont adjacentes à des pessières qui se régénèrent après feu.</p> <p>Autres hypothèses :</p> <ul style="list-style-type: none"> * Relique glaciaire maintenue par le climat froid et des sols pauvres (Richard 1975) * Les PL sont adjacentes aux pessières à mousses, indiquant que le climat et les sols sont adéquats pour la croissance de forêts fermées. * Aucune preuve que les PL du Sud puissent exister depuis 10 000 ans * Régime de feu (Payette 1992; Bussièrès, Payette, Filion 1996)

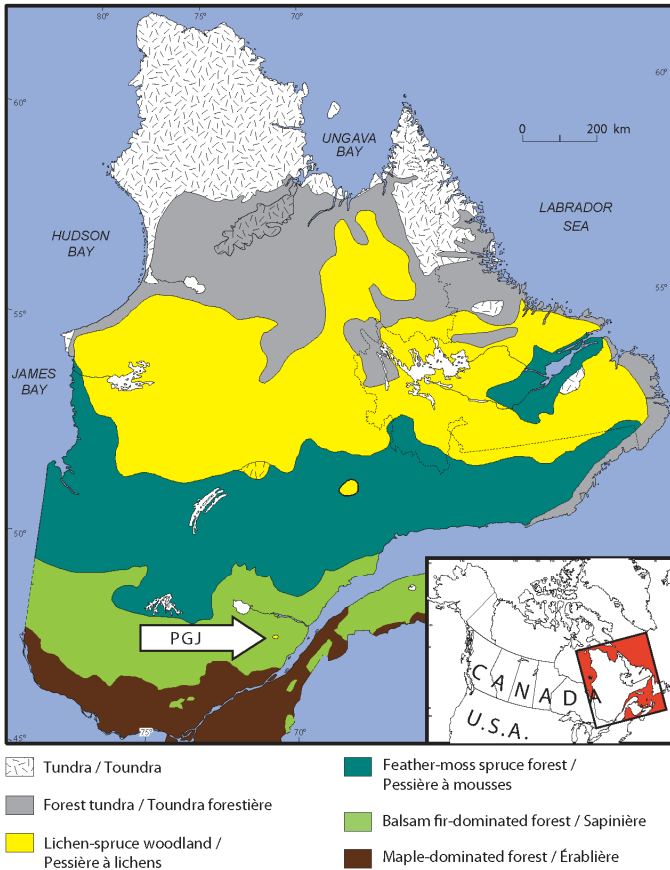
New hypothesis

The southernmost SLWs are the result of the combined impacts of insect and fire disturbances on the closed-moss forest, resulting in reduced post-fire tree regeneration and a shift to lichen woodland (Payette et al. 2000).

- * Un ou plusieurs feux catastrophiques créent la pessière à lichens
- * La structure est maintenue par des feux de faible intensité mais fréquents.

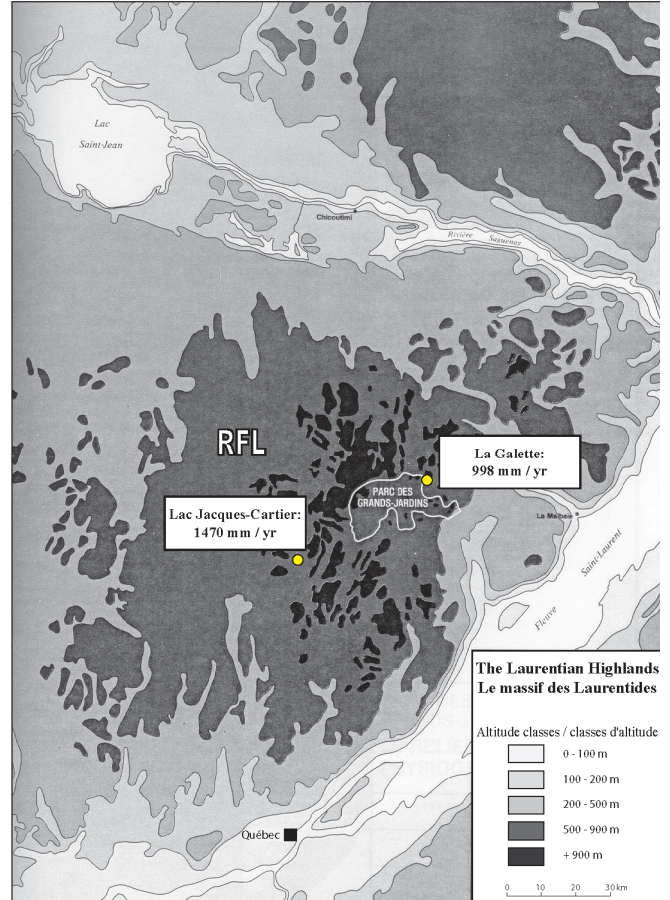
Nouvelle hypothèse

Les pessières à lichens les plus méridionales résultent de l'impact combiné des insectes défoliateurs et du feu sur la forêt fermée, conduisant à une réduction de la régénération des arbres après feu et à la transformation de la pessière à mousses en pessière à lichens (Payette et al. 2000).



Vegetation map of Québec and location of the parc des Grands-Jardins (PGJ) where the southernmost spruce-lichen woodlands in eastern Canada are found.

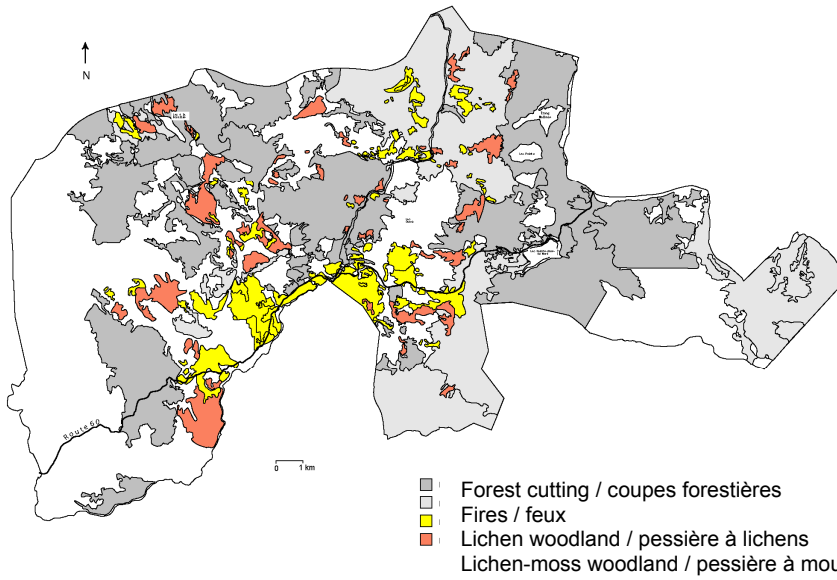
Végétation du Québec et localisation du parc des Grands-Jardins (PGJ), où se trouvent les pessières à lichens les plus méridionales dans l'est du Canada.



The Laurentian Highlands capture air humidity coming from westerly air masses, thus creating a precipitation gradient between the Réserve faunique des Laurentides (RFL) in the west and the parc des Grands-Jardins in the east. Yellow dots are weather stations, with corresponding mean annual precipitations.

Le massif des Laurentides intercepte l'humidité des masses d'air provenant de l'ouest, créant ainsi un gradient de précipitations entre la Réserve faunique des Laurentides (RFL) à l'ouest et le parc des Grands-Jardins à l'est. Les points jaunes représentent les stations météorologiques, avec les précipitations moyennes annuelles correspondantes.

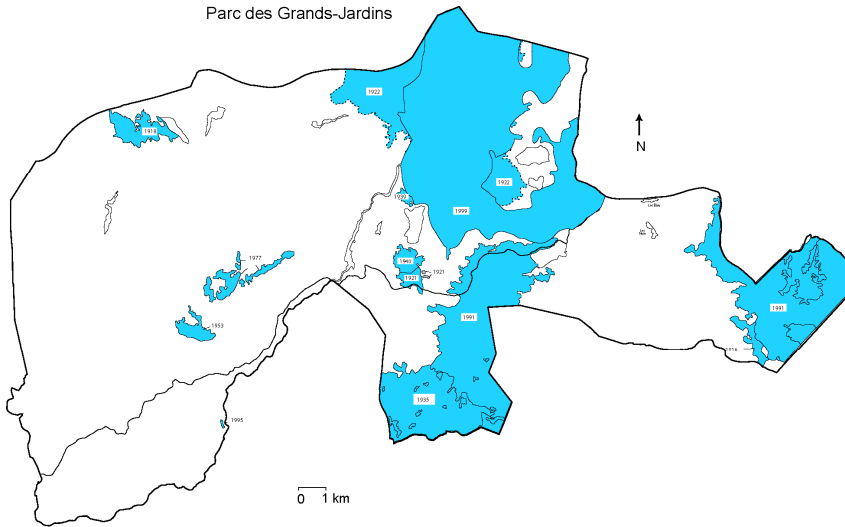
Parc national des Grands-Jardins



Lichen woodland and lichen-moss woodland, based on an extensive field survey and an interpretation of air photos from 1981.

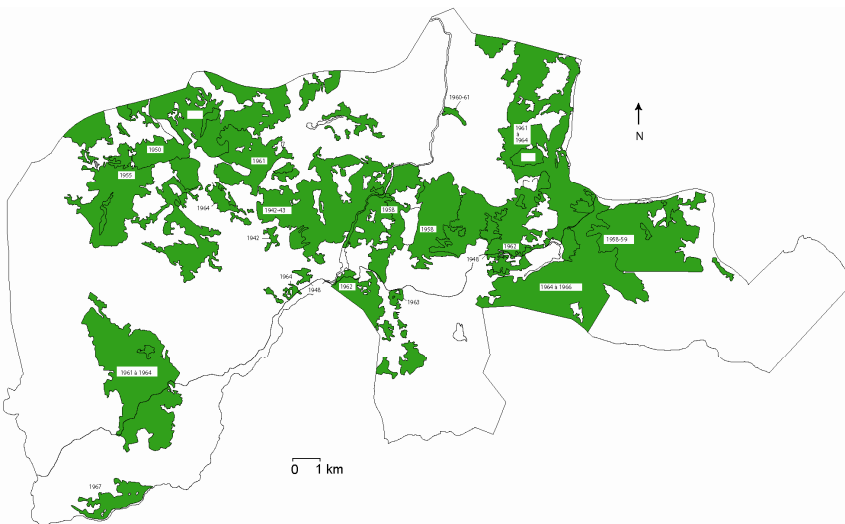
Pessières à lichens et pessières à lichens et mousses, d'après des relevés de terrain et les photographies aériennes de 1981.

Parc des Grands-Jardins



20th century fires

Feux du XX^e siècle



Logged areas

Zones affectées par les coupes forestières

Frost hollow / Gélivasques (cuvettes de gel)

Serge Payette, ing.f. PhD. Chaire de recherche nordique en écologie des perturbations, Université Laval

Open forest located in a topographic depression, where lichens and dwarf birch are the dominant species. Black spruce and larch are rare and often stunted.

Temperature

- * Temperature data at this station has been recorded every two hours since 1997 and at a lichen woodland site and a spruce-moss forest site since 1995. All three stations are located at a similar altitude (between 700 and 750 meters a.s.l.)
- * Mean monthly temperatures for summer as recorded during 1997 and 1998 are quite similar for spruce-moss forest, lichen woodland, and lichen communities, although they are higher for the lichen woodland station.
- * Differences between temperatures are particularly apparent for maximum and minimum data: highlighting the impact of forest canopy.
- * Frost events are common in hollows during the growing season, the longest free-frost periods vary from 5 to 15 consecutive days for the years 1997 to 2010.
- * In the lichen woodland, frost events during the growing season are less frequent, the longest free-frost periods observed between 1997 and 2010 vary from 22 and 64 consecutive days, with an average of 42 days.
- * Frost events occurred in the spruce-moss forest are uncommon. The free-frost period is about 84 consecutive days for the 1997-2010 period.
- * Frost events during the growing season have a major impact on tree growth, particularly during the juvenile stage.

Tree growth

- * Tree growth has been recorded weekly since 1995, using eighteen (18) girth band dendrometers on trees in the lichen woodland and spruce-moss forest. The growth of trees from the lichen woodland generally started 2 weeks before those from the closed forest. This is attributed to earlier snow melting (thus, soil thaw) in the open forest.
- * There is a greater susceptibility to frost at the beginning of the season (buds or elongating shoots).

Effects on tree architecture

- * Growing-season frosts kill developing vegetative buds and elongating shoots of black spruce (Bigras & Hébert 1996)
- * Killing of current-year shoots induces production of numerous epicormic shoots and leaders, a phenomenon known as reiteration (Bégin & Filion 1999)
- * Repetitive killing of apical shoots and subsequent reiteration results in prostrated and bushy black spruce growth forms in frost hollows
- * Dating of shoot mortality and epicormic shoot initiation with tree-rings allows the identification of growing-season frost years

Effects on ring anatomy: frost rings

- * Cambium and immature xylem cells are also affected by growing-season frosts: frost rings appear as one or several rows of distorted cells within an annual growth ring (Day & Peace 1934; Glerum & Farrar 1966)
- * Several frost events can be recorded in an annual ring and the position of the collapsed cells is indicative of time of frost relative to the growing season (Day & Peace 1934; Gurskaya & Shiyatov 2002)
- * Frost rings are found almost every year in black spruce trees growing in frost hollows; only extreme frost events are recorded in trees growing outside the topographic depressions
- * Frost rings are reliable pointer years for crossdating (Bailey 1925; Glock & Reed 1940; LaMarche & Hirschboeck 1984)

Formation très ouverte, constituée essentiellement de plusieurs espèces de lichens, bouleau glanduleux et de quelques épinettes noires et mélèzes.

Températures

- * Données de température sont enregistrées depuis 1997, de mai à octobre à intervalles de 2 heures. Les températures sont enregistrées également dans une pessière à lichens et dans une pessière à mousses. Toutes les stations sont situées à une altitude équivalente, variant entre 700 et 750 mètres.
- * Les températures moyennes mensuelles pour la saison estivale sont semblables dans le cas des quatre stations étudiées (pessière à mousses, pessière à lichens et lichénaires) quoique légèrement supérieure dans la pessière à lichens.
- * Les différences de température entre les stations se situent essentiellement aux maximums et aux minimums journaliers: effet de la couverture forestière.
- * Récurrence du gel dans les formations ouvertes (pessières à lichens et surtout lichénaires).
- * La saison de croissance est ponctuée de nombreux gels, particulièrement dans les cuvettes de gel, où les plus longues périodes sans gel varient de 5 à 15 jours (données de 1997 à 2010)
- * Le gel dans les pessières à lichens est moins important. Les plus longues périodes sans gel de la période 1997-2010 varient entre 22 et 64 (moyenne de 42 jours).
- * L'amplitude thermique journalière constitue un facteur déterminant et limitatif en ce qui concerne la croissance des épinettes dans un milieu ouvert (pessière à lichens et surtout lichénaires).

Croissance des arbres

- * 18 dendromètres installés sur des arbres de la pessière à mousses et de la pessière à lichens depuis 1995.
- * La croissance radiale débute environ 2 semaines plus tôt dans la pessière à lichens que dans la pessière à mousses. Le dégel du sol se produit plus rapidement en raison de la fonte plus rapide de la neige.
- * Plus grande susceptibilité aux gels en début de saison (gel de bourgeons en gonflement ou de pousses annuelles en élongation).

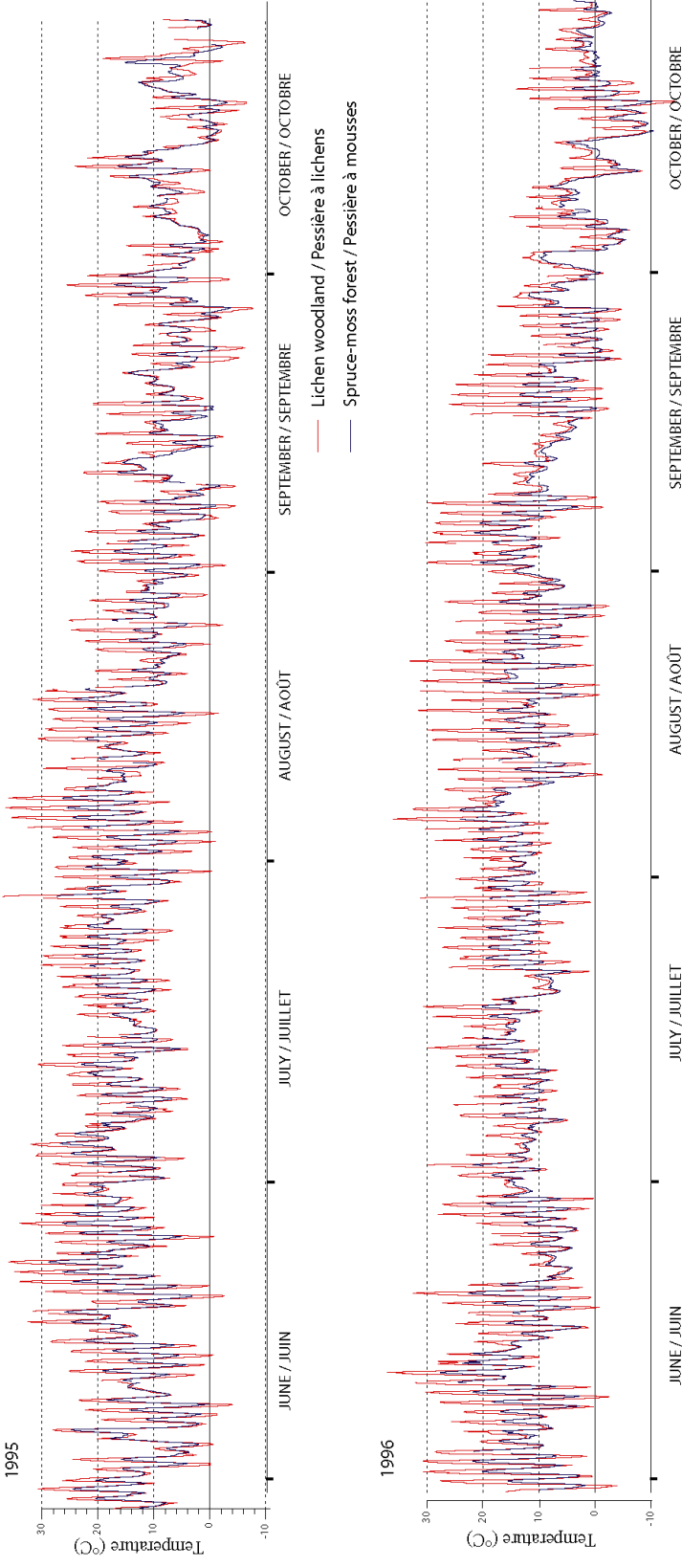
Effets du gel sur l'architecture des arbres

- * Les gelées survenant pendant la saison de croissance tuent les bourgeons végétatifs en développement et les pousses en élongation de l'épinette noire (Bigras and Hébert 1996).
- * La destruction des pousses de l'année courante induit la production de nombreuses pousses et têtes adventives, un phénomène appelé réiteration (Bégin and Filion 1999).
- * La destruction répétée des pousses apicales et la réiteration subséquente donne un port prostré et buissonnant aux épinettes noires poussant dans les trous de gel.
- * La datation de la mortalité des pousses et de l'année d'initiation des pousses adventives à l'aide de la dendrochronologie permet la détermination des années où des gelées sont survenues pendant la saison de croissance.

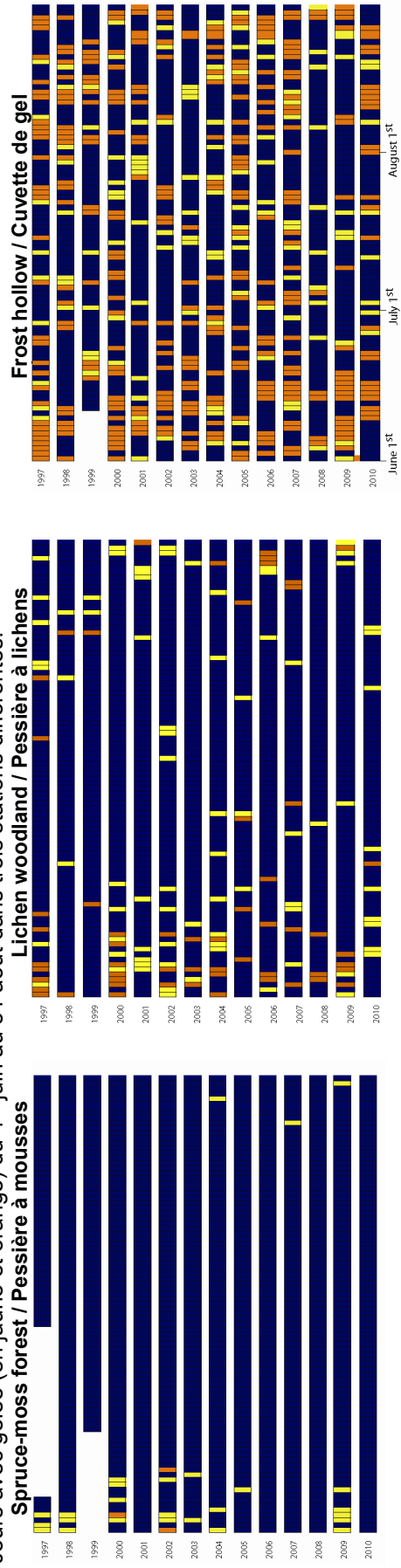
Effets sur l'anatomie des cernes : les cernes de gelée

- * Le cambium et les cellules de xylème immatures sont aussi affectées par les gelées estivales: les cernes de gelée se présentent comme une ou plusieurs rangées de cellules déformées à l'intérieur d'un cerne de croissance (Day & Peace 1934; Glerum & Farrar 1966).
- * Plusieurs gelées peuvent être enregistrées dans un cerne annuel et la position des cellules endommagées indique le moment de la gelée relativement à la saison de croissance (Day & Peace 1934; Gurskaya & Shiyatov 2002).
- * Les cernes de gelée sont formés presque chaque année chez les épinettes noires poussant dans les trous de gel; seules les gelées importantes sont enregistrées chez les arbres poussant à l'extérieur des dépressions.
- * Les cernes de gelée sont des cernes diagnostiques fiables pour l'interdatation (Bailey 1925; Glock & Reed 1940; LaMarche & Hirschboeck 1984).

Measured temperatures at the two study sites from June to October for years 1995 and 1996
 Températures mesurées aux deux stations étudiées de juin à octobre des années 1995 et 1996



Days with frost event (yellow and orange) from June 1st to August 31 for three different stands.
 Jours avec gelée (en jaune et orange) du 1^{er} juin au 31 août dans trois stations différentes.



Minimum daily T° / T° minimum journalières : blue / bleu = T° > 0 °C; yellow / jaune = 0 < T° < -2 °C; orange = T° < -2°C.

	Number of frosts (JJA) Nombre de gels (JJA)			Longest free-frost period Plus longue période sans gel		
	Spruce-moss forest / Pessière à mousses	Lichen woodland / Pessière à lichens	Frost hollow / Gélivasque	Spruce-moss forest / Pessière à mousses	Lichen woodland / Pessière à lichens	Frost hollow / Gélivasque
1997		16	40		34	7
1998	3	5	35	88	36	15
1999		5			53	12
2000	5	14	40	81	64	5
2001	0	10	28	90	51	15
2002	5	16	29	79	33	14
2003	2	7	26	80	70	15
2004	3	13	34	80	30	11
2005	1	7	38	83	22	9
2006	0	11	32	90	47	12
2007	1	11	46	81	27	7
2008	0	4	17	90	57	15
2009	6	11	31	79	46	14
2010	0	10	33	90	31	8
Average / Moyenne	2.00	10.00	33.00	84.25	42.92	11.36
St. dev. / Éc. type	2.19	3.96	7.35	4.86	14.66	3.54

Spruce budworm / Tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE)

- * The spruce budworm is the most important insect pest in eastern North America (Sanders et al. 1985; Armstrong & Yves 1995).
- * Spruce budworm larvae feed on needles of (in decreasing importance): balsam fir (*Abies balsamea*), white spruce (*Picea glauca*), red spruce (*P. rubens*), and black spruce (*P. mariana*) (Mattson, Simmons & Witter 1988).
- * Populations erupt in large-scale outbreaks lasting 5 to 10 years (Royama 1984) and result in high mortality of host species (MacLean 1980).
- * History of past spruce budworm outbreaks is well documented in balsam fir-dominated forests: major outbreaks occurred in the 1910s, 1940s, and 1970s (Blais 1983; Kettela 1983); what about the southern spruce-lichen woodlands?

Impact of spruce budworm in black spruce - lichen woodland

- * Classic method for detecting defoliating insect outbreaks: comparison of tree-ring signatures of host and non host tree species (Blais 1962; Swetnam & Lynch 1989; Morin, Laprise & Bergeron 1993).
- * Results: black spruce and balsam fir (but not jack pine) experienced reduced radial growth and high frequency of incomplete and missing rings during known spruce budworm outbreak (Simard & Payette 2001).
- * Synchronous mortality of black spruce trees.
- * Reduced black spruce seed bank (Schooley 1980): implications for postfire regeneration.

Epiphytic lichen invasion of spruce budworm defoliated trees

- * Black spruce decline: high lichen biomass on dead tops and branches of moribund trees (Simard & Payette 2001).
- * Is there a relationship between spruce budworm defoliation and lichen invasion?
- * Method: comparison of the distribution pattern in time and space of 1) epiphytic lichen and 2) growth anomalies associated with spruce budworm feeding (using dendroarchitectural analysis).
- * Results: epiphytic lichens were found on parts of branches 1) produced before and during the spruce budworm outbreak and 2) that showed growth anomalies associated with spruce budworm feeding.
- * Probable explanation: lichen invaded parts of trees that were defoliated by spruce budworm.

- * La TBÉ est l'insecte ravageur le plus important dans l'Est de l'Amérique du Nord (Sanders et al. 1985; Armstrong & Yves 1995).
- * Les larves de la TBE se nourrissent des aiguilles de (dans l'ordre décroissant d'importance) : sapin baumier (*Abies balsamea*), épinette blanche (*Picea glauca*), épinette rouge (*P. rubens*) et épinette noire (*P. mariana*) (Mattson, Simmons & Witter 1988).
- * Les populations entrent en période épidémique à grande échelle, durant 5 à 10 ans (Royama 1984) et causent une forte mortalité des espèces hôtes (MacLean 1980).
- * L'historique des épidémies de TBE est bien documenté dans le cas des forêts dominées par le sapin : des infestations majeures ont eu lieu dans les années 1910, 1940 et 1970. (Blais 1983; Kettela 1983); mais qu'en est-il des pessières à lichens méridionales?

Impact de la TBE dans les pessières noires à lichens

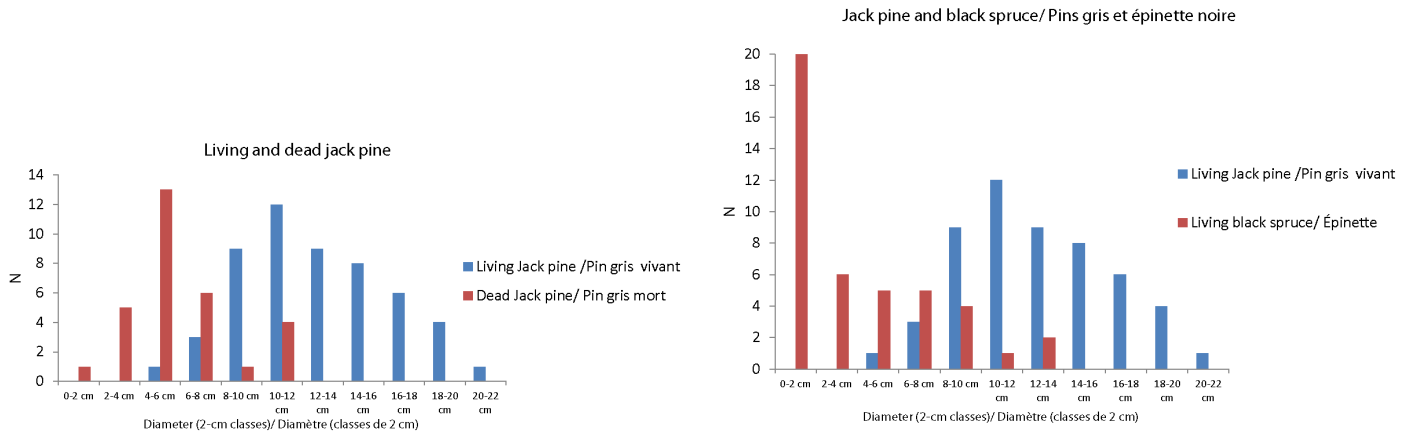
- * La méthode classique pour détecter les infestations d'insectes défoliateurs : comparer la signature dendrochronologique des arbres hôtes et non-hôtes de l'insecte étudié (Blais 1962; Swetnam & Lynch 1989; Morin, Laprise & Bergeron 1993).
- * Résultats : les épinettes noires et les sapins baumiers ont connu une chute de croissance radiale et une fréquence élevée de cernes incomplets et absents pendant la période épidémique connue de la TBE, mais pas le pin gris (Simard & Payette 2001).
- * Mortalité synchronisée des épinettes noires.
- * Banque de graines de l'épinette noire réduite (Schooley 1980): conséquences pour la régénération après feu.

Invasion par des lichens épiphytes des arbres défoliés par la TBE

- * Le dépérissement de l'épinette noire: biomasse lichénique importante sur les têtes et les branches mortes des épinettes moribondes (Simard & Payette 2001).
- * Y a-t'il une relation entre la défoliation par la TBE et le recouvrement par les lichens épiphytes?
- * Méthode: comparaison du patron de répartition spatial et temporel 1) du lichen épiphyte et 2) des anomalies de croissance associées à l'alimentation de la TBE en utilisant l'analyse dendro-architecturale.
- * Résultats: le lichen épiphyte présent sur les parties des branches 1) produites avant et pendant l'épidémie de TBE et 2) qui montraient des anomalies de croissance associées à l'alimentation de la TBE.
- * Explication probable: le lichen a colonisé les parties des arbres qui avaient été défoliées par la TBE.

The jack pine stand / Le peuplement de pin gris

Size structure of the jack pine stand / Structure de diamètre du peuplement de pin gris



HUMO-FERRIC PODZOL (orstein), Jack Pine Stand, PARC DES GRANDS-JARDINS (Charlevoix, Québec)
 PODZOL HUMO-FERRIQUE (orstein), peuplement de pins gris, PARC DES GRANDS-JARDINS (Charlevoix, Québec)

Profils	Horizons	pH		C. ORG. (%)	Extraction Fe (%)			Extraction Al (%)			(Fe+Al) _{pyro} (%)	C/Fe _{pyro}	(Fe+Al) _{pyro} / argile	Bases échangeables (%)					CEC (mEq / 100g)
		H ₂ O	CaCl ₂		Pyrophosphate	Oxalate	Dithionite	Pyrophosphate	Oxalate	Dithionite				Ca	Na	Mg	K	Saturation en bases	
1	Ae	3.55	3.40	0.39	0.0179	0.4352	0.0166	0.0175	0.0160	0.0026	0.0354	21.620		4.080	8.920	2.850	9.870	25.720	0.3678
	Bfc	4.19	4.72	1.21	0.1960	1.0029	0.1629	0.5517	1.3227	0.1114	0.7500	6.190		19.290	19.150	11.210	50.350	100.000	0.0705
	Bmc	4.50	5.02	0.27	0.0214	0.3479	0.0345	0.2486	0.3722	0.0192	0.2700	12.520		27.160	19.260	8.890	44.690	100.000	0.0405
	Cc	4.64	5.05	0.23	0.0390	0.3097	0.0103	0.4652	1.7257	0.0149	0.5042	5.920		40.810	1.250	5.920	52.020	100.000	0.0321

B horizon >10 cm/ L'épaisseur de l'horizon B est supérieure à 10 cm

Organic C = 1.2% / Le pourcentage de carbone organique se situe entre 0,5 et 5% (1,214 %)

(Fe + Al)_{pyro} = 0.74% / Le pourcentage de (Fe + Al)_{pyro} est supérieur ou égal à 0,4% pour les sables (0,7447 %)

Organic C / Fe-pyro = 6.1 / Le rapport Carbone organique / Fer-pyro est inférieur à 20 (6,173)

Indurated solum / induration du solum : ORSTEIN HUMO-FERRIC PODZOL / PODZOL HUMO-FERRIQUE À ORSTEIN

			Grain size (%) / Granulométrie (%)				Texture	Notes
			Gravel / Gravier	Sand / Sable	Silt / Limon	Clay / argile		
PGJ	Humo-ferric podzol / Podzol humo-ferrique	Ae	0	87	13	0	SI	
		Bfc	0	95	5	0	S	induration
		Bmc	0	96	4	0	S	induration
		Cc	2	97	1	0	S	

Horizon	Depth (cm)	Description
LH	10-0	Mor; poorly decomposed organic matter; very abundant fine and medium roots; acidic.
Ae	0-10	Fine loamy sand; dark gray (7.5 YR 4/1 h); abrupt, wavy boundary; abundant fine roots; acidic.
Bfc	10-30	Fine loamy sand; very dark brown (5 YR 2.5/2 h); strongly cemented at the base; clear wavy boundary; few fine roots; acidic.
Bmc	30-60	Medium to coarse sand; dark brown (10 YR 3/3 h); cemented at the upper boundary; gradual, wavy boundary; acidic.
C	60+	Coarse sand; dark olive brown (2.5Y 3/3 h); acidic.



Litterature cited / Références citées

- Armstrong, J. A. & W. G. H. Ives (ed.), 1995. Forest insect pests in Canada. Natural Resources Canada, Can. For. Serv., Ottawa, Ont., Canada.
- Bailey, I. W., 1925. The "spruce budworm" biocoenose. I. Frost rings as indicators of the chronology of specific biological events. *Botanical Gazette*, 80: 93-101.
- Baker, W.L. and G.M. Walford. 1995. Multiple stable states and models of riparian vegetation succession on the Animas River, Colorado. *Annals of the AAG* 85: 320-338.
- Bégin, C. & L. Filion, 1999. Black spruce (*Picea mariana*) architecture. *Canadian Journal of Botany*, 77: 664-672.
- Bigras, F. J. & C. Hébert, 1996. Freezing temperatures and exposure times during bud break and shoot elongation influence survival and growth of containerized black spruce (*Picea mariana*) seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 26: 1481-1489.
- Blais, J. R., 1962. Collection and analysis of radial-growth data from trees for evidence of past spruce budworm outbreaks. *Forestry Chronicle*, 38: 474-484.
- Blais, J. R., 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 13: 539-547.
- Day, W. R. & T. R. Peace, 1934. The experimental production and the diagnosis of frost injury on forest trees. *Oxford Forestry Memoirs*, 16: 1-60.
- Glerum, C. & J. L. Farrar, 1966. Frost rings in the stems of some coniferous species. *Canadian Journal of Botany*, 44: 879-886.
- Glock, W. S. & E. L. Reed, 1940. Multiple growth layers in the annual increments of certain trees at Lubbock, Texas. *Science*, 91: 98-99.
- Gurskaya, M. A. & S. G. Shiyatov, 2002. Formation of two xylem frost injuries in one annual ring in Siberian spruce under conditions of western Siberian tundra. *Russian Journal of Ecology*, 33: 73-79.
- Kettela, E. G., 1983. A cartographic history of spruce budworm defoliation from 1967 to 1981 in eastern North America. Inf. Rep. DPC-X-14, Can. For. Serv. Ottawa, Ont.
- LaMarche, V. C., Jr & K. K. Hirschboeck, 1984. Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions. *Nature*, 307: 121-126.
- MacLean, D. A., 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: A review and discussion. *Forestry Chronicle*, 56: 213-221.
- Mattson, W. J., G. A. Simmons & J. A. Witter, 1988. The spruce budworm in eastern North America. Pages 310-330 in A. A. Berryman (ed.). *Dynamics of forest insect populations*. Plenum Press, New York.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, Aims and methods of vegetation ecology. Wiley & Sons, New-York.
- Morin, H., D. Laprise & Y. Bergeron, 1993. Chronology of spruce budworm outbreaks near Lake Duparquet, Abitibi region, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 1497-1506.
- Morneau, C., and Payette, S. 1989. Postfire lichen-spruce woodland recovery at the limit of the boreal forest in northern Quebec. *Can. J. Bot.* 67: 2770-2782.
- Paine, R.T., M.J. Tegner, and E.A. Johnson. 1998. Compounded perturbations yield ecological surprises. *Ecosystems* 1: 535-545.
- Payette, S., and Morneau, C. 1993. Holocene relict woodlands at the eastern Canadian treeline. *Quatern. Res.* 39: 84-89.
- Payette, S., N. Bhiry, A. Delwaide & M. Simard (2000). Origin of the lichen woodland at its southern range limit in eastern Canada : the catastrophic impact of insects defoliators and fire on the spruce-moss forest. *Can. Jour. For. Res.*, 30 : 288-305.
- Royama, T., 1984. Population dynamics of the spruce budworm *Choristoneura fumiferana*. *Ecological Monographs*, 54: 429-462.
- Sanders, C. J., R. W. Stark, E. J. Mullins & J. Murphy (ed.), 1985. Recent advances in spruce budworms research. *Proceedings of the CANUSA Spruce Budworms Research Symposium*. Canadian Forestry Service, Ottawa, Ont., Canada.
- Schooley, H. O., 1980. Damage to black spruce cone crops by the spruce budworm. Inf. Rep. NX-187, Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent. St. John's, Nfld.
- Simard, M & S. Payette (2001). Black spruce decline triggered by spruce budworm at the southern limit of lichen woodland in eastern Canada. *Can. J. For. Res.*, 31 :2160-2172.
- Swetnam, T. W. & A. M. Lynch, 1989. A tree-ring reconstruction of western spruce budworm history in the southern Rocky Mountains. *Forest Science*, 35: 963-986.
- White, P.S., and S.T.A. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press, New York, pp. 3-13.

Selected publications available upon request to / Publications choisies disponibles auprès de Serge Payette (serge.payette@bio.ulaval.ca)

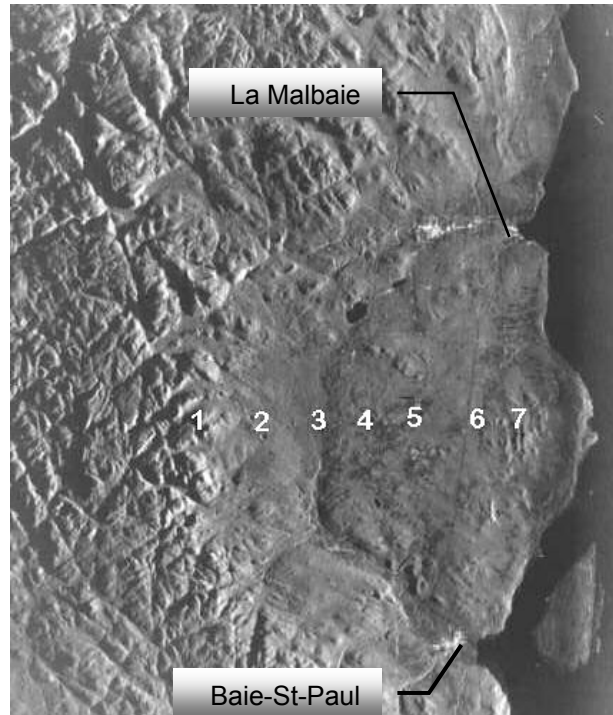
- Payette, S., N. Bhiry, A. Delwaide & M. Simard, 2000. Origin of the lichen woodland at its southern range limit in eastern Canada: the catastrophic impact of insect defoliators and fire on the spruce-moss forest. *Can. J. For. Res.* 30: 288-305.
- Jasinski, J.P.P. & S. Payette, 2005. The creation of alternative stable states in the southern boreal forest, Québec, Canada. *Ecol. Monogr.* 75(4): 561-583.
- Dy, G. & S. Payette, 2007. Frost hollows of the boreal forest as extreme environments for black spruce tree growth. *Can. J. For. Res.* 37: 492-504.
- Payette, S. A. Delwaide & M. Simard, 2010. Frost-ring chronologies as dendroclimatic proxies of boreal environments. *Geophys. Res. Lett.* 37, L02711, doi: 10.1029/2009GL041849.

Charlevoix impact crater / L'astroblème de Charlevoix

The Charlevoix impact crater is a large eroded meteorite impact crater in the Charlevoix region of Quebec, Canada. Only part of the crater is exposed at the surface, the rest being covered by the Saint Lawrence River. The original crater is estimated to have been 54 kilometres (34 mi) in diameter and the age is estimated to be 342 ± 15 million years (Mississippian). The projectile was probably a stony asteroid, at least 2 kilometres (1.2 mi) in diameter, and weighing an estimated 15 billion tonnes (1.7×10^{10} short tons). The Mont des Éboulements, situated in the exact centre of the crater, is interpreted as the central uplift, a consequence of elastic rebound.

The crater is classified as a multi-ringed basin with a central uplift. As illustrated in this Aerial Radar image (Earth Impact Database 2003), the morphology of the Charlevoix crater consists of:

1. Country rock at the outer modification zone of the crater;
2. Terraces (created from the initial crater collapse and modification);
3. Annular peripheral trough (ring graben);
4. Annular plateau;
5. Inner ring of hills;
6. Inner valley;
7. Central peak (Mont Des Éboulements is 780 m above sea level).



The impact origin of Charlevoix crater was first realized in 1965 after the discovery of many shatter cones in the area. Other evidence for impact includes impact melt and planar deformation features (PDFs) in quartz and feldspar grains.

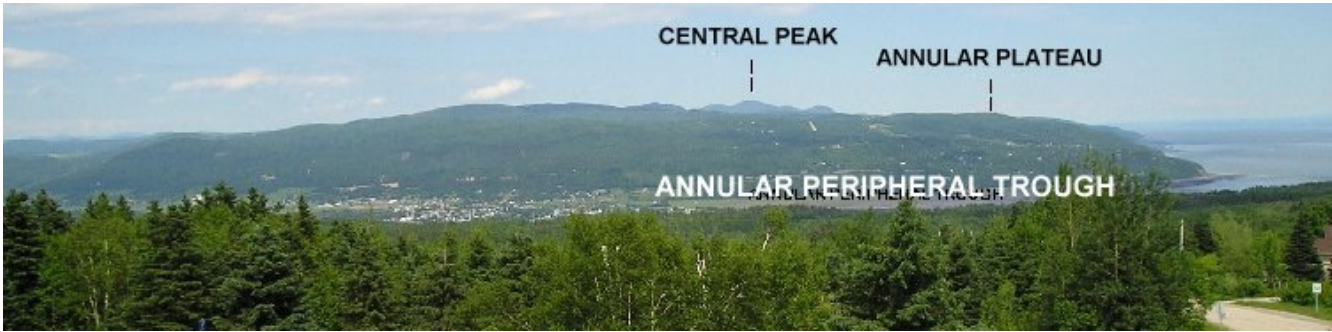


Shatter cones



Impact Melt

In contrast to the surrounding craggy Laurentian Mountains, the crater is relatively smooth and flat, which has facilitated human settlement. Today, 90% of the people of Charlevoix live within this crater.

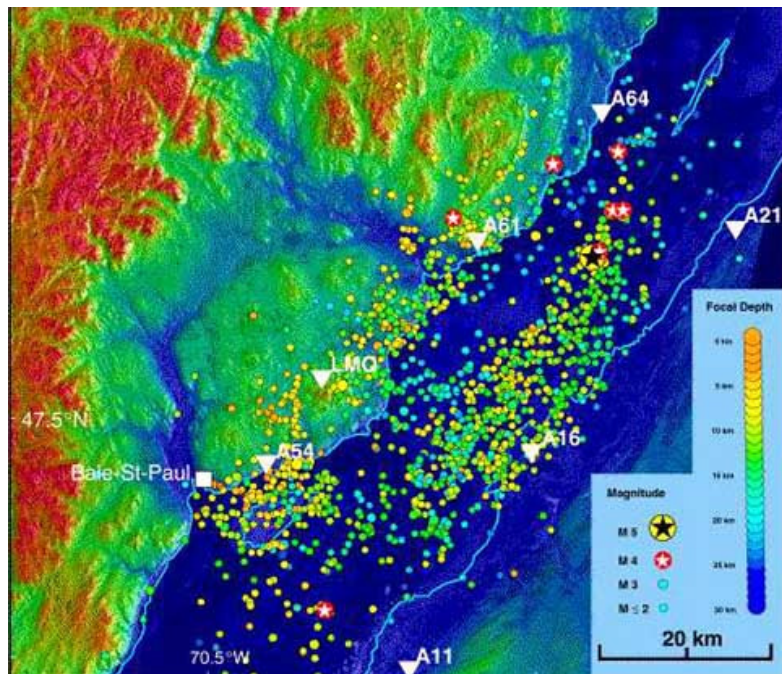


View of the Charlevoix crater from the highlands of Baie-Saint-Paul.

An earthquake zone

The Charlevoix crater region is historically the most active earthquake zone in Eastern Canada, illustrated in this Digital Elevation Model with Epicentres. The region has been monitored by a microseismic array since 1977, yielding accurate locations of the earthquake's hypocenters. Previous analyses of data from the array indicated a relationship between the earthquakes and the St. Lawrence Valley paleo-rift faults (Note 6). Within the impact structure, the highly fractured basement releases strain energy in small earthquakes, but it is unclear why earthquakes do not occur over the whole impact structure. The larger earthquake events (stars in the Digital Elevation Model with Epicentres chart) tend to be concentrated at both ends of the Charlevoix Seismic Zone located at the periphery of the impact structure. Most of the smaller earthquake events tend to be concentrated to the south east of the crater under the St. Lawrence River where the crater was obliterated and buried by early Palaeozoic sedimentary rock.

Source: Charles O'Dale (<http://ottawa-rasc.ca/wiki/index.php?title=Odale-Articles-Charlevoix>)



This is a chromo-stereoscopic image (about 80 km by 90 km; 30-m pixel size) that integrates the RADARSAT-SAR ortho-image with terrain elevation and seismicity (each data set with its own colour range). For the elevation, the colour range varies from 0 m in blue to 1100 m in red. The texture of the land surface comes from the RADAR data. While the south shore is a gently rolling landscape, the north shore is a mixture of rugged highlands, plateaus and valleys, separated by dramatic changes in elevation. The earthquake hypocenters (circles) for January 1978-September 1999 are overlain, with colors related to focal depth. White triangles are the stations of the Charlevoix Local Seismograph Network, part of the GSC's Canadian National Seismograph Network: (www.seismo.nrcan.gc.ca).