

**De la fin de la période glaciaire
jusqu'à l'Anthropocène
dans l'Est de l'Amérique du Nord :**
nouvelles méthodes, questions et perspectives

Programme du Colloque 201

Section 200 : Sciences naturelles, mathématiques et génie

les 4 et 5 mai 2021

dans le cadre du 88^e Congrès de l'ACFAS
tenu aux Universités de Sherbrooke et Bishop's
du 3 au 7 mai 2021

Table des matières

Description du colloque	page 1
Un brin d'histoire sherbrookoise	page 3
Horaire des activités	pages 4 et 5
Résumés des exposés, ordre chronologique	page 7
Résumés des affiches, ordre chronologique	page 19
Réalisation des objectifs du colloque	page 22
Liste alphabétique des autrices et des auteurs	page 23
Et deux articles livrés en annexes,...	pagination à part

... afin de mesurer le chemin parcouru depuis 50 ans. D'abord, l'avis d'un palynologue-géologue chevronné, suivi de celui d'un doctorant palynologue-forestier alors débutant :

Terasmae, Jaan, 1969. Quaternary palynology in Québec: a review and future prospects.

Revue de Géographie de Montréal, 23 (3): 281-288.

Richard, Pierre (J.H.), 1970. L'analyse pollinique au Québec: mise au point et tendances actuelles.

Revue de Géographie de Montréal, 24 (2): 189-197.



Les responsables du Colloque vous souhaitent la bienvenue.



Campus de l'Université de Sherbrooke



Campus de l'Université Bishop's

Description du Colloque 201

dans le cadre du 88^e Congrès de l'ACFAS tenu aux Universités de Sherbrooke et Bishop's

De la fin de la période glaciaire jusqu'à l'Anthropocène dans l'Est de l'Amérique du Nord: nouvelles méthodes, questions et perspectives

Responsable: **Matthew Peros**, Université Bishop's

Coresponsables:

Élisabeth Levac, Université Bishop's

Jeannine-Marie St-Jacques, Université Concordia

Pierre J.H. Richard, Université de Montréal

Le thème de ce colloque porte sur les **changements environnementaux et climatiques** depuis la fin de la dernière période glaciaire jusqu'à aujourd'hui dans l'Est de l'Amérique du Nord. Outre la recherche sur les changements environnementaux, notre colloque sollicite également des contributions sur le **rôle des peuples autochtones et non-autochtones** dans la formation des paysages de cette région – grâce à des activités comme le défrichement et l'agriculture – et sur la façon dont ces peuples se sont adaptés au climat naturel et aux variations environnementales.

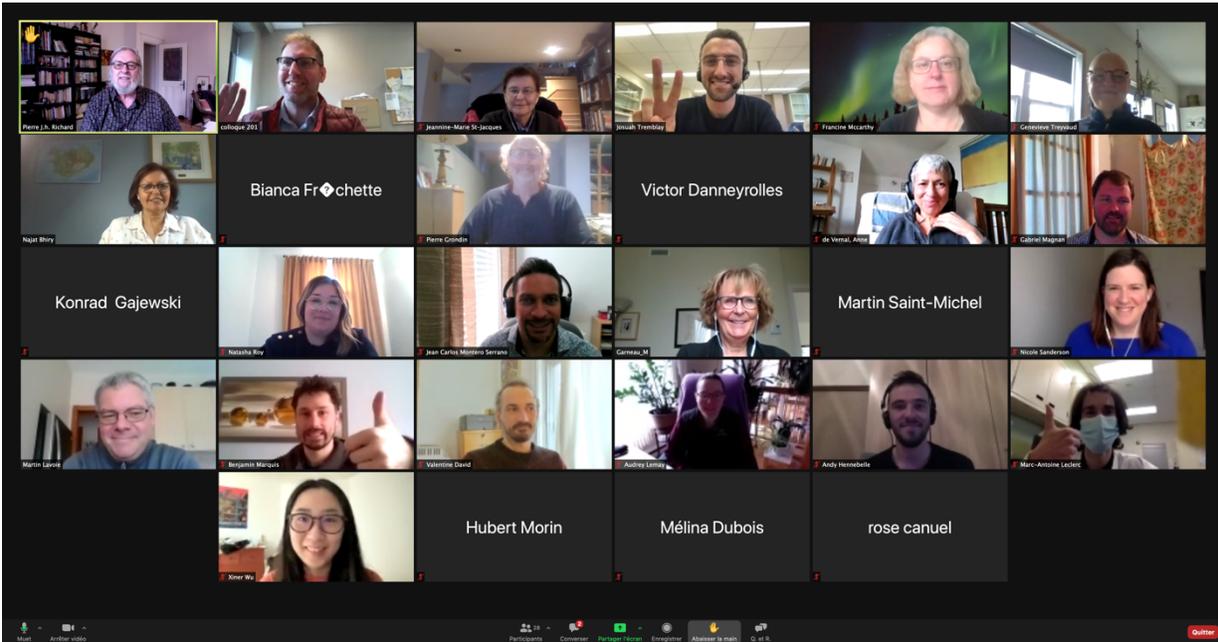
Au cours des 20 000 dernières années, l'est de l'Amérique du Nord fut une région très dynamique qui a connu des changements environnementaux considérables, notamment la fonte de l'Inlandsis Laurentidien, la migration des plantes et des animaux après la déglaciation, ainsi qu'une histoire longue, dense et complexe d'établissements humains et d'utilisation des terres. Par ailleurs, cette région possède une multitude de lacs, de tourbières et d'autres archives naturelles qui foisonnent de données paléoenvironnementales de haute qualité.

En adoptant une **perspective à long terme** et en se concentrant sur la recherche entreprise à l'aide d'une large **gamme d'indicateurs substitutifs** (p. ex. : pollen, charbon de bois, diatomées, dinoflagellés, cernes d'arbres, géochimie, écailles d'ailes de papillons, etc.), nous espérons que le colloque permettra de **mieux comprendre les mécanismes** à l'origine des **variations climatiques naturelles** ainsi que les **interactions humaines** avec l'environnement pour plusieurs périodes et à **diverses échelles**.

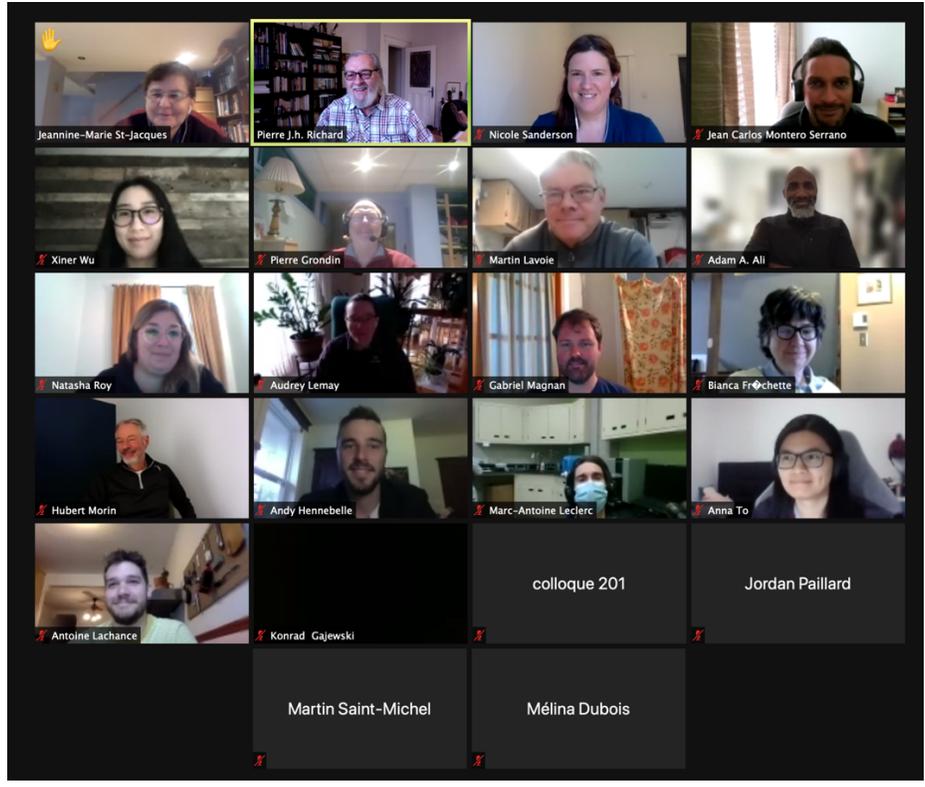
Bien que les études entreprises à l'aide de **données indirectes traditionnelles** soient les bienvenues, nous invitons particulièrement les exposés portant sur des recherches réalisées à l'aide de **nouvelles méthodologies et approches**, ainsi que les études à grande échelle au **niveau régional** fondées sur des **bases de données paléoécologiques et archéologiques**.

Bienvenue à notre colloque 100% virtuel !

«Photo» de groupe, le 4 mai vers midi» (capture d'écran par PjhR)



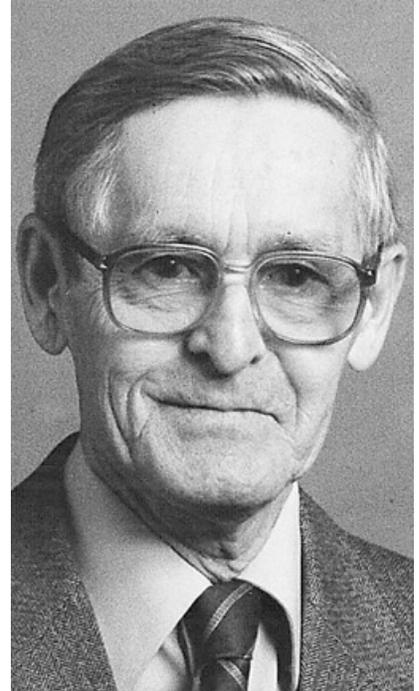
«Photo» de groupe, le 5 mai vers 13h00» (capture d'écran par PjhR)



Un brin d'histoire *palyno-sherbrookoise*, par Pierre J.H. Richard

Hommage à Albert Legault (1919-2011)

Albert Legault a fait carrière au département de biologie de l'Université de Sherbrooke comme professeur de botanique et responsable d'un important herbier. **Il fut le tout premier palynologue québécois.** En 1958, il a obtenu une maîtrise ès Sciences à l'Université de Montréal, sous la direction de Pierre Dansereau (1911-2011). Son mémoire portait sur *l'Évolution végétale postglaciaire sur la terrasse au sud du mont Tremblant*. La même année, Albert Courtemanche (1907-1985) et lui présentaient au 26^e Congrès de l'ACFAS tenu à Ottawa les toutes **premières déterminations ¹⁴C** touchant l'histoire postglaciaire de la végétation au Québec et rendaient aussi compte des **profils polliniques de 12 tourbières réparties entre Saint-Jovite et Fort Chimo** (maintenant Kuujuaq). Ces diagrammes avaient été dressés par **John E. Potzger** (1886-1955), un écologue états-unien pionnier de l'analyse pollinique au Québec et ami de Courtemanche. Albert Legault a entrepris des études doctorales mais n'a pas pu les mener à terme. En 1967, il invitait le jeune Pierre J.H. Richard à son laboratoire de botanique et lui remettait ses collections et divers documents.



Les études sur le Quaternaire à l'Université de Sherbrooke

Les départements de géographie puis de géographie et télédétection sont les ancêtres de l'actuel **Département de géomatique appliquée** à l'Université de Sherbrooke. Dans les années '70 et '80, c'était sans doute le département qui réunissait la plus grande équipe de professeurs-chercheurs dédiés à **l'étude du Quaternaire du Québec**, avec au premier chef Jean-Marie Dubois, Hugh Gwyn, André Poulin, Pierre Clément, Hardy Granberg en géographie physique, et Ferdinand Bonn puis Alain Royer en télédétection satellitaire. De jeunes chercheurs innovants comme Michel Parent et Armand LaRocque étaient dans les parages. **Jean-Marie Dubois** fut pendant des décennies le secrétaire dévoué à l'**AQQUA** (Association québécoise pour l'étude du Quaternaire : 1973 à 2008). Le rôle de l'AQQUA fut primordial dans la création, en 1975, de la **CANQUA** (Association canadienne pour l'étude du Quaternaire), présidée par **Matthew Peros** (2018-2020 et plus...).

L'ACFAS et les études sur le Quaternaire du Québec

En 1968, le 1^{ier} **Colloque sur le Quaternaire du Québec** organisé par Jean-Claude Dionne s'est tenu à l'Hôtel Chicoutimi sous l'égide de la **section Géomorphologie et Quaternaire de l'ACFAS**. Il était présidé par Pierre Dansereau et André Cailleux (1907-1986), qui enseigna à l'Université de Sherbrooke. Deux doctorants assistèrent au colloque et participèrent aux excursions au lac Saint-Jean : c'étaient Serge Payette et Pierre Richard. **Jaan Terasmae** (1926-1998), apparemment élève de **Gunnar Erdtman** (1897-1973) et pionnier de la palynologie quaternaire canadienne a publié dans un numéro de *La Revue de géographie de Montréal* (1969) issu du colloque un article intitulé **Quaternary Palynology in Québec : a review and future prospects** (voir ses conseils en annexe). Puis le temps a passé... **Et c'est maintenant à vous de jouer ! Bon colloque à toutes et tous!**

Colloque 201 : Horaire des activités du Mardi 4 mai 2021

Exposés classiques de 15 minutes (+ 5) et présentations d'affiches (10 minutes + 10)

Horaire	Activité	Oratrice/Orateur	Sujet
8h30 à 8h40	Accueil	Mot de bienvenue et instructions ultimes	
Paléoécologie I : séance présidée par Jeannine-Marie St-Jacques			
8h40	Exposé #01	Gajewski, Konrad	L'Holocène du nord du Canada
9h20	Exposé #02	McCarthy, Francine	Crawford Lake et l'Anthropocène
9h40	Exposé #03	Saint-Michel, Martin	Modélisation des successions holocènes
10h00	Exposé #04	Treyvaud, Geneviève	La vannerie abénaquise
10h20	Pause santé		
Paléoécologie II : séance présidée par Matthew Peros			
10h40	Exposé #05	Roy, Natasha	Dendroécologie et histoire, région de NAIN
11h00	Exposé #06	Pace, Alexandre	Eau des montagnes et dendroécologie
11h20	Exposé #07	Danneyrolles, Victor	Colonisation euro-américaine et feux
11h40	Exposé #08	Tremblay, Josuah	Histoire d'un méandre abandonné
12h00-13h00	Lunch		
Paléoécologie III : séance présidée par Francine McCarthy			
13h00	Exposé #09	O'Neil-Sanger, Claire	2000 ans d'histoire au mont Orford
13h20	Exposé #10	Amon, Leeli par Matthew Peros	12 700 ans d'histoire à Scotstown
13h40	Exposé #11	Peros, Matthew	La tourbière de Johnville depuis 11 500 ans
14h00	Exposé #12	Caron, Catherine par Martin Lavoie	Boisement accéléré des tourbières
14h20	Exposé #13	Lavoie, Martin	Forêts des tourbières méridionales du QC
14h40	Pause santé		
Paléoécologie IV : séance présidée par Pierre J.H. Richard			
15h00	Exposé #14	Magnan, Gabriel	Tourbières forestières boréales Ouest-QC
15h20	Exposé #15	Sanderson, Nicole	C et dégel des tourbières pergélisolées
15h 40	Exposé #16	Marquis, Benjamin	Gel printanier et dormance des arbres
16h00	Exposé #17	Montero-Serrano, J-C	Traceurs géochimiques sédimentaires
16h20	Exposé #18	Leclerc, Marc-Antoine	Chronologie holocène de la TBE
16h40	Exposé #19	Lemay, Audrey	Dendrochronologie et épidémies de la TBE

Colloque 201 : Horaire des activités du Mercredi 5 mai 2021

Exposés classiques de 15 minutes (+ 5) et présentations d'affiches (10 minutes + 10)

Horaire	Activité	Oratrice/Orateur	Sujet
Paléoécologie V : séance d'affiches présidée par Matthew Peros			
8h40	Affiche #1	Beudry , Marie-Lore	Vagues de chaleur en 3 villes au 20 ^e siècle
9h00	Affiche #2	Lachance , Antoine	Paléo-tempêtes aux Îles-de-la-Madeleine
9h20	Affiche #3	Mruczek , Sabrina	Inondations d'un bras mort à Coaticook
9h40	Affiche #4	To , Anna	Environnement et climat au Nunavik
10h00	Affiche #5	Wu , Xiner	2 ka de climat dans le Golfe du St-Laurent
10h20	Affiche #6	Whyte , Charlotte par Jeannine-M. St-Jacques	Histoire des feux de forêt à Scotstown
Paléoécologie VI : séance présidée par Pierre J.H. Richard			
10h40	Exposé #20	Fréchette , Bianca	Végétation et climat de la Boréale du QC
11h00	Exposé #21	Ali , Adam	Géochimie supplante palyno à Manicouagan
11h20	Exposé #22	Hennebelle , Andy	Holocène des pessières noires à mousses
11h40	Exposé #23	Paillard , Jordan	Érablières nordiques : quand?, comment?
12h00	Exposé #24	Gronin , Pierre	Du passé vers le futur : Pistes Actions/Forêts
12h20	Mot de la fin et remerciements		
12h30-13h30	Lunch		

EX01-HISTOIRE ENVIRONNEMENTALE HOLOCÈNE DU NORD DU CANADA

Konrad GAJEWSKI

Laboratoire de paléoclimatologie et de climatologie (LPC), Département de géographie, environnement et géomatique, Université d'Ottawa

Cette présentation traite de nos connaissances sur les environnements postglaciaires de l'Amérique du Nord septentrionale. Bien que de nouvelles méthodes soient maintenant accessibles, des réseaux spatiaux suffisamment étendus ne sont disponibles que pour les méthodes basées sur les microfossiles, principalement les assemblages de pollen. Des banques de données modernes, utilisées pour quantifier les environnements passés, sont maintenant à notre disposition pour plusieurs groupes de fossiles. Les carottes de sédiments couvrent maintenant tout l'Arctique nord-américain, bien qu'à une très faible densité. Les plantes arctiques ont immigré dans tout l'Arctique immédiatement après la déglaciation. La réponse de la végétation aux variations climatiques se produit principalement par des changements de production biologique, plutôt que par la diversité. La température maximale de l'Holocène s'est produite à différents moments dans différentes régions, et une reconstruction paléoclimatique cohérente est disponible pour le Canada boréal et arctique, l'Alaska et le Groenland. L'histoire de la limite des arbres montre une réponse plus nuancée aux changements climatiques qu'un simple déplacement vers le nord ou sud. La dynamique de la population humaine est aussi associée aux changements climatiques passés.

EX#02 LES SÉDIMENTS D'UN PETIT LAC EN ONTARIO POURRAIENT-ILS DÉFINIR UNE NOUVELLE ÉPOQUE GÉOLOGIQUE?

Francine McCARTHY

Earth Sciences, Brock University

Les microfossiles qui s'accumulent dans les sédiments du lac Crawford, un petit bassin profond sur l'escarpement du Niagara dans le sud de l'Ontario enregistrent plusieurs phases d'impact anthropique qui peuvent être précisément datées en dénombrant les laminations, ou varves annuelles. Ces phases comprennent notamment un établissement agricole iroquoien du 14^e au 16^e siècle. suivi de l'exploitation forestière et de l'agriculture par les colons canadiens à partir du milieu du 19^e siècle. C'est toutefois c'est le récit clair de l'accélération de l'impact humain d'après-guerre qui fait de cette séquence sédimentaire un candidat potentiel fort pour marquer le début de l'époque anthropocène au milieu du 20^e siècle.

EX#03 CARACTÉRISATION MATHÉMATIQUE DE LA SUCCESSION DES ESPÈCES DE PLANTES VASCULAIRES POUR LA PÉRIODE DE L'HOLOCÈNE EN AMÉRIQUE DU NORD

Martin SAINT-MICHEL¹, Lorne Nelson² et Matthew Peros³

¹ Professeur de physique au CÉGEP de Sherbrooke

² Physics Department, Université Bishop's

³ Department of Environmental Studies and Geography, Université Bishop's

Décrire la succession des espèces dans l'espace et le temps est un problème colossal en raison de la complexité des relations entre les espèces animales et végétales. Certains patrons généraux comme les relations espèces-surface et espèces-temps illustrent toutefois ces phénomènes. L'approche mathématique traditionnelle utilise des facteurs d'échelle et des fonctions de puissance mais malgré des apports importants, elle ne décrit jamais complètement la succession des espèces. Les populations tendent à se stabiliser vers la fin du processus lorsque les milieux atteignent leur capacité de support (*carrying capacity*), alors que les lois de puissance continueront à générer des espèces à l'infini. Aucune théorie n'appuie de façon rigoureuse l'application de lois de puissance pour décrire la succession des espèces malgré un comportement semblable aux données empiriques au début du processus. Nous proposons une théorie fondée sur les statistiques des événements rares pour décrire la relation entre les espèces et le temps. Les données polliniques de sites couvrant l'Amérique du Nord durant l'Holocène illustrent la correspondance entre nos valeurs théoriques et les données extraites de ces sites. Le pollen, en raison de sa grande résilience joue le rôle de témoin de la présence des plantes vasculaires. Nous estimons que notre théorie pourrait être généralisée à d'autres espèces animales et végétales ainsi qu'à d'autres milieux où des successions d'espèces s'opèrent.

EX#04 ABASNODALI8WDI : LA ROUTE DES PANIERS, HISTOIRE ET CARTOGRAPHIE DE LA PRATIQUE DE LA VANNERIE

Geneviève TREYVAUD

Bureau du Ndakina, Odanak et INRS-ETE, Québec

La vannerie est pratiquée par les W8banakiak depuis des temps immémoriaux. Vers 1880, la fabrication des Abasnodal devient une industrie pour la Nation W8banaki et elle constitue le principal moyen de subsistance de nombreuses familles. L'importance de la vannerie et la disparition du frêne noir et du foin d'odeur nous conduit à aborder cette pratique en relation aux contextes culturel, naturel et économique entre l'homme et l'environnement qui la sous-tendent. Le Ndakina est indissociable des connaissances des W8banakiak touchant la gestion des ressources, le prélèvement de la matière première, les modes de fabrication et la transmission des différents savoirs. Nous présentons aujourd'hui les premiers résultats d'un projet de recherche collaboratif entre le Bureau du Ndakina et l'INRS-ETE subventionné par le CRSH. Il comprend trois axes : 1) une analyse des modes de production et la transmission des savoirs; 2) une mise en dialogue des sources orales, historiques et archéologiques; 3) le géoréférencement des données afin de traduire cette pratique au sein des schèmes d'occupation du territoire. À partir de ces données géospatiales, nous évaluons les impacts des changements climatiques et de l'anthropisation du Ndakina sur la viabilité de la pratique de la vannerie w8banaki.

EX#05 IMPACTS ANTHROPIQUES SUR LES FORÊTS SUBARCTIQUES DE LA RÉGION DE NAIN, NUNATSIAVUT : APPROCHES DENDROÉCOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Natasha ROY¹, James Woollett², Najat Bhiry³, Isabel Lemus Lauzon⁴, Ann Delwaide⁵, Dominique Marguerie⁶

¹ Geotop, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec)

² Département d'histoire et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec (Québec)

³ Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval (Québec)

⁴ Institut de développement durable des Premières Nations du Québec et du Labrador (IDDPNQL) Wendake (Québec)

⁵ Faculté de Forestière, de géographie et de géomatique, Université Laval, Québec (Québec)

⁶ UMR 6553 ECOBIO, Campus de Beaulieu Université de Rennes 1, Rennes (France)

Plusieurs études dendrochronologiques et paléocologiques ont récemment porté sur la dynamique forestière dans la région de Nain au Nunatsiavut, (centre-nord du Labrador). Ces études ont documenté la composition, le taux de croissance et la diversité des espèces de ces forêts ainsi que les patrons de récolte de bois par les résidents de la région au cours des cinq derniers siècles. La présente étude consiste en une synthèse de données publiées ainsi que de résultats originaux, afin d'évaluer dans quelle mesure la dynamique de la forêt d'épinettes est liée aux impacts anthropiques. Dans les trois études de cas choisies, des événements de détente de la croissance des cernes de *Picea* sp. démontrent que plusieurs perturbations isolées de la forêt sont survenues à partir du XVII^e siècle. Le régime des perturbations s'est accéléré vers 1875; cette augmentation est liée à une hausse de la demande en bois due aux changements socio-économiques vécus par les communautés inuites et les premiers arrivants Européens. Les relevés de terrain en cours révèlent des traces manifestes d'une exploitation forestière à travers toute la région de Nain ce qui indiquerait que les impacts anthropiques ne se limitent pas aux zones spécifiques d'habitation humaine récente.

EX#06 DISPONIBILITÉ EN EAU DES 211 DERNIÈRES ANNÉES POUR LES MONTAGNES DE LA GASPÉSIE, BASÉE SUR LES CERNES D'ARBRES

Alexandre PACE, Jeannine Marie St-Jacques, Duane Noel

Department of Geography, Planning and Environment, Université Concordia

Pour déterminer si le changement climatique anthropique affecte le climat d'une région, de longues données instrumentales sont requises mais en Gaspésie intérieure, elles sont particulièrement brèves. Les données sur le climat et l'écoulement des eaux y remontent en effet seulement à l'année 1960. Les régions montagneuses sont reconnues comme étant particulièrement sensibles aux changements climatiques anthropiques. Les reconstitutions climatiques basées sur l'analyse de cernes d'arbres, relativement rares dans les monts Chic-Chocs et McGerrigle, permettent pourtant de déduire des données plus anciennes sur une base annuelle ou même sous-annuelle. Nous présentons ici les résultats finaux pour 6 sites de cèdres blancs (*Thuja occidentalis*) dans une vallée fluviale et pour 3 sites à la limite altitudinale des arbres, dont 2 d'épinettes noires (*Picea mariana*) et 1 d'épinette blanche (*Picea glauca*). Les données couvrent collectivement les derniers 456 ans. Cinq des sites présentent un important signal de haut débit estival de la rivière Sainte-Anne et un des sites localisés à la limite des arbres traduit une réponse à la température moyenne de fin d'été. Ces reconstitutions climatiques et hydrologiques pourraient être utiles pour la gestion de la flore et de la faune du Parc national de la Gaspésie, particulièrement pour le caribou, une espèce en voie de disparition, et pour les pêcheries de saumon de la rivière Sainte-Anne.

EX#07 EFFETS CUMULÉS DES FLUCTUATIONS CLIMATIQUES ET DE LA COLONISATION EURO-AMÉRICAINNE SUR LES RÉGIMES DE FEUX DES DERNIERS SIÈCLES DANS L'EST DU CANADA.

Victor DANNEYROLLES¹, Dominic Cyr¹, Martin Girardin² et Yves Bergeron^{1,3}

¹ Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue; ³ Université du Québec à Montréal

² Service canadien des forêts, Centre de Foresterie des Laurentides, Sainte-Foy, Québec

Le feu influence le système terrestre à l'échelle globale et fait partie des principaux agents de perturbation des forêts. Les régimes de feux sont liés aux fluctuations climatiques ainsi qu'aux impacts directs des activités humaines. Cependant, les effets cumulés de ces deux causes, ainsi que leurs interactions potentielles, restent très peu documentés. Nous re-analisons un ensemble de jeux de données issus d'études antérieures ayant reconstitué l'historique des feux aux cours des derniers siècles dans l'est du Canada. Les taux de brûlage historiques de 12 différents paysages (de 1800 à 16 000 km²) ont été reconstitués en couplant des photographies aériennes et des archives historiques, ainsi que des données dendrochronologiques. Nous testons comment les taux de brûlage ont répondu aux périodes climatiques propices aux feux ainsi qu'aux périodes de colonisation américano-européenne. Nos résultats préliminaires indiquent que depuis la seconde moitié du 19^e siècle au moins, les deux facteurs ont eu un impact significatif avec des surfaces brûlées plus élevées durant les périodes sèches, et dans une moindre mesure durant les périodes de colonisation. L'effet de la colonisation semble par ailleurs minimisé lors des périodes climatiques les plus sèches, confirmant l'effet prépondérant du climat sur les régimes de feux. Cette étude souligne la nécessité d'une approche holistique, intégrant les facteurs climatiques et anthropiques dans les analyses de régime de feux.

EX#08 RECONSTRUCTION PALÉOENVIRONNEMENTALE D'UN MÉANDRE ABANDONNÉ DE LA RIVIÈRE L'ASSOMPTION DANS LA RÉGION DE LANAUDIÈRE AU QUÉBEC

Josuah TREMBLAY, Najat Bhiry et Martin Lavoie

Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec

On observe de part et d'autre de la rivière L'Assomption dans la région de Lanaudière plusieurs méandres abandonnés aux formes variées. Certains semblent abandonnés depuis longtemps, tandis que les processus de recouplement sont encore actifs pour d'autres. Ce projet visait à reconstituer le processus de comblement sédimentaire de l'un d'entre eux. L'analyse d'une série de photographies aériennes portant sur l'évolution du méandre et des terres adjacentes depuis 1957 a été combinée à une analyse paléoécologique (macrorestes végétaux, chrono et lithostratigraphie) d'une carotte sédimentaire. Le recouplement du méandre s'est produit entre 210 et 150 BC. Au total, 63 taxons vasculaires ont été identifiés dans les assemblages macrofossiles. Suite au recouplement, l'accumulation sédimentaire a débuté au sein d'un environnement aquatique riverain. Les conditions ont ensuite évolué successivement vers un milieu aquatique (étang), herbacé humide et, enfin, minérotrophe. Le processus de comblement fut perturbé par le défrichement des terres périphériques et des activités agricoles subséquentes. Ces perturbations ont eu pour effet d'éroder une partie des sédiments et de déposer un lit silteux. Le comblement fut régi par des facteurs autogènes, à l'exception des dernières décennies durant lesquelles les activités humaines ont influencé la dynamique sédimentaire. C'est la première fois au Québec qu'une telle étude paléoécologique était menée sur les sédiments d'un méandre abandonné.

EX#09 RECONSTRUCTION FORESTIÈRE AU COURS DES DEUX DERNIERS MILLÉNAIRES DANS LE PARC NATIONAL DU MONT-ORFORD EN UTILISANT DES DONNÉES DE POLLEN À HAUTE RÉOLUTION

Claire O'NEILL SANGER^{1,2}, Jeannine-Marie St-Jacques¹, Matthew Peros² et Kayden Schwartz^{1,2}

¹ Department of Geography, Planning and Environment, Université Concordia

² Department of Environmental Studies and Geography, Université Bishop's

Les données environnementales historiques sont nécessaires pour établir les états de référence pour l'aménagement écosystémique. Au Canada, ces observations couvrent à peine 150 ans. Il faut pourtant disposer de données à plus long terme pour établir si les changements récents de la végétation (et du climat) se situent hors de l'intervalle naturel de variabilité. Au sud-ouest du Québec, des études polliniques à basse résolution ont permis d'établir les dynamiques forestières générales durant l'Holocène. Or, des données à haute résolution sont nécessaires pour évaluer la variabilité forestière à l'échelle des décennies et des siècles. Le pollen d'une carotte sédimentaire extraite de l'étang Fer-de-lance dans le Parc national du Mont-Orford fut analysé pour la période entre 350 av. J.-C. à 2018 apr. J.-C. Échantillonnée à une résolution de 10 ans, la carotte permet de reconstruire les changements forestiers dans le domaine de l'érablière à tilleul au cours des derniers 2000 ans et les changements d'utilisation des terres lors de la colonisation européenne en Estrie. Nos résultats montrent l'expansion de l'épinette blanche au cours du dernier millénaire, un déclin continu de la pruche de l'Est et du hêtre, l'augmentation du pin blanc durant le Petit Âge Glaciaire et la repousse, après la colonisation européenne, d'une forêt modifiée. Notre étude contribue donc à la compréhension de la dynamique naturelle à basse fréquence de la forêt du sud-est du Québec.

EX#10 ENVIRONNEMENT TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE À LA TOURBIÈRE DE SCOTSTOWN, SUD DU QUÉBEC, À L'AIDE D'INDICATEURS MULTIPLES

Leeli AMON¹ et Matthew Peros² *(présentation par Matthew Peros)*

¹ Department of Geology, Tallinn University of Technology, Estonia

² Department of Environment and Geography, Université Bishop's

Durant la dernière glaciation, le développement puis le retrait de l'Inlandsis Laurentidien a affecté la géologie et les paysages de vastes régions du Canada et de l'Est des États-Unis d'Amérique. Les dépôts de la tourbière de Scotstown comptent parmi les rares séquences sédimentaires étudiées par des méthodes paléoécologiques dans cette région. Six mètres de sédiments y furent récupérés : une argile silteuse héritée d'un lac proglaciaire y est surmontée de gyttja (une boue organique lacustre), puis de tourbe de marais riverain, de fen (minérotrophe) et enfin de bog (ombrotrophe) accumulée après le comblement du bassin lacustre. Les sédiments de la tourbière de Scotstown remontent à plus de 12 700 ans avant nos jours. Ils furent soumis à diverses analyses paléoécologiques afin d'en tirer des informations sur l'environnement local et régional: les analyses polliniques et microfossiles pour la végétation et l'analyse des assemblages de Chironomides pour l'environnement aquatique. D'autres mesures (matière organique, granulométrie, n-alkènes, isotopes de l'hydrogène) contribuent à révéler les tendances passées du cycle hydrologique et la stabilité du bassin versant. Les résultats pourront contribuer à la reconstitution des dynamiques environnementales anciennes et mieux comprendre les changements qui pourront survenir.

EX#11 ANALYSE MULTI-INDICATEURS DE LA TOURBIÈRE DE JOHNVILLE, SUD DU QUÉBEC, CANADA, DE LA FIN DE LA PÉRIODE GLACIAIRE JUSQU'À L'ANTHROPOCÈNE

Matthew PEROS¹, Hongyan Zhao², Hongkai Li², Jingling Sun², Zhaojun Bu², Julien Vachon¹ et Jennifer Ward¹

¹Department of Environment and Geography, Université Bishop's

²Institute of Peat and Mire Research, Northeast Normal University, Changchun, China

La tourbière de Johnville, située dans les Cantons de l'Est au Québec, a fait l'objet d'une étude paléoécologique pour documenter l'évolution à long terme de cet écosystème. La tourbière est caractérisée par un environnement de tourbière ouverte, semi-boisée le long de sa frange nord. Trois carottes ont été prélevées dans la partie la plus profonde de la tourbière et étudiées pour le pollen, les macrofossiles, les thécamoebiens, l'humification de la tourbe, et les macrocarbons. La datation au radiocarbone et les résultats des macrofossiles indiquent que la tourbière s'est formée il y a environ 11 500 ans sous la forme d'une tourbière minérotrophe. Elle est restée ainsi jusqu'à ce qu'elle devienne une tourbière ombrotrophe il y a 1000 ans. En outre, environ 80 tiges de *Picea mariana* ont été échantillonnées pour une étude dendroécologique, afin d'identifier le moment et le schéma de croissance des arbres dans la tourbière. Une forte expansion de *P. mariana* s'est produite au début des années 1970, probablement liée à une baisse du niveau d'eau associée au drainage de la tourbière à des fins agricoles. Nos recherches à la tourbière de Johnville ont des implications importantes pour améliorer notre compréhension des facteurs naturels et anthropiques qui influencent le développement des tourbières et peuvent contribuer à éclairer les récents efforts de restauration axés sur le rétablissement de la tourbière à un état «naturel».

EX#12 LE PHÉNOMÈNE DE BOISEMENT ACCÉLÉRÉ DES TOURBIÈRES : L'EXEMPLE DE LA TOURBIÈRE DE LA BASE DE PLEIN AIR DE SAINTE-FOY

Catherine CARON¹, Pierre Grondin² et Martin Lavoie³

¹Département de géographie, Université Laval, Québec

²Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction de la recherche forestière, Québec

³Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec

Plusieurs tourbières des régions tempérées sont présentement caractérisées par un processus de densification rapide de leur couverture forestière. Au Québec, ce phénomène est particulièrement marqué dans les basses-terres du St-Laurent. La présente étude vise à documenter celui de la tourbière ombrotrophe de la Base de plein air de Sainte-Foy située au sein d'un paysage semi-urbain de la ville de Québec. Elle montre un important déploiement du mélèze laricin et de l'érable rouge. Les principaux objectifs sont de caractériser la dynamique du développement du couvert forestier à l'aide de la dendrochronologie et d'une analyse de photographies aériennes, et de reconstituer l'évolution à long terme (plusieurs millénaires) des espèces arborescentes grâce à l'identification botanique de pièces de bois macroscopiques préservées dans la tourbe. Le couvert végétal s'est modifié rapidement au cours des 50 dernières années, d'abord par une augmentation du mélèze laricin, ensuite de l'érable rouge. Ces modifications font suite à plusieurs millénaires au cours desquels la tourbière était relativement ouverte et où les arbres consistaient surtout en de l'épinette noire, une espèce aujourd'hui peu abondante. La densification du couvert forestier fut causée par les activités humaines en périphérie de la tourbière qui ont eu pour effet de réduire sa superficie et de l'assécher. L'érable rouge domine maintenant la régénération au sol et devrait éventuellement devenir l'espèce dominante.

EX#13 TRANSFORMATION DES PEUPELEMENTS FORESTIERS D'UNE VASTE TOURBIÈRE SOUS L'INFLUENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES : QUELLE ESPÈCE EST LA GAGNANTE ?

Martin LAVOIE¹, Maude Demers² et Pierre Grondin³

¹ Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec

² Département de géographie, Université Laval, Québec

³ Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction de la recherche forestière, Québec

Plusieurs tourbières du sud du Québec sont occupées par des peuplements forestiers mixtes. Les facteurs à l'origine de ces peuplements ainsi que leur dynamique demeurent encore peu connus. Six peuplements mixtes furent étudiés au sein de la vaste tourbière de Saint-Georges-de-Clarenceville en Montérégie. Des analyses dendrochronologiques et des identifications botaniques de souches et de fragments de bois de taille macroscopique enfouis dans la tourbe ont été effectuées. Les objectifs étaient 1) de dresser un portrait de la dynamique contemporaine (XIX^e et XX^e siècles) des peuplements, 2) de retracer leur composition sur quelques milliers d'années, 3) de déterminer si leur évolution est d'origine anthropique ou naturelle, et 4) d'estimer comment ils pourraient évoluer au cours des prochaines décennies. Le couvert végétal fut caractérisé au cours des derniers milliers d'années essentiellement par l'épinette noire, le mélèze laricin et le thuya occidental. Le pin blanc, une espèce moins fréquente sur les tourbières, est présent localement depuis au moins 3000 ans et devait être relativement abondant autrefois. Le développement marqué de l'érable rouge a débuté au milieu du XIX^e siècle, après des coupes forestières sélectives d'espèces conifériennes dans la tourbière. L'érable rouge est aujourd'hui abondant et domine la régénération au sol. Cette espèce devrait poursuivre son expansion au cours des prochaines décennies pour mener à la formation d'éraiblières rouges sur tourbe.

EX#14 SUCCESSIONS VÉGÉTALES, VARIABILITÉ HYDROLOGIQUE ET SÉQUESTRATION DU CARBONE EN TOURBIÈRES FORESTIÈRES BORÉALES DE L'OUEST DU QUÉBEC DURANT L'Holocène

Gabriel MAGNAN¹, Michelle Garneau¹, Éloïse Le Stum-Boivin¹, Joannie Beaulne¹, Pierre Grondin², Nicole Fenton³ et Yves Bergeron³

¹ Département de géographie et Geotop, Université du Québec à Montréal

² Direction de la Recherche forestière, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec

³ Institut de recherche sur les forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Les tourbières forestières abondent dans la ceinture d'argile de l'ouest du Québec et y subissent des transformations associées aux changements climatiques et aux coupes forestières. Cette étude visait à mieux comprendre le développement des tourbières forestières et leur fonction de séquestration du carbone en lien avec les variations climatiques et la dynamique des feux au cours de l'Holocène. Une approche paléoécologique a permis de reconstituer les dynamiques végétales (macrorestes végétaux), l'histoire des feux (charbons) et la variabilité hydrologique (thécamoebiens) des tourbières par l'analyse de carottes de tourbe. La dynamique spatiale et temporelle de l'entourbement initial a d'abord été établie le long de toposéquences partant de tourbières semi-forestières vers des forêts en voie de paludification. Les trajectoires des successions végétales et les fluctuations du niveau de la nappe phréatique des tourbières furent reconstituées. Cette étude a permis de mieux comprendre la variabilité écohydrologique naturelle des tourbières depuis leur formation à la suite du retrait du lac proglaciaire Ojibway il y a ~8000 ans. Le rôle fondamental des tourbières forestières en tant que réservoirs de carbone est établi. Ces données nouvelles éclairent les pratiques d'aménagement forestier durable au sein de la forêt boréale. Elles permettent de mieux anticiper les conséquences des changements climatiques et des perturbations anthropiques sur les tourbières forestières boréales.

EX#15 RÉCENTE ACCUMULATION RAPIDE DU CARBONE SUIVANT LE DÉGEL DU PERGÉLISOL DANS LES TOURBIÈRES DE LA CÔTE-NORD DU ST-LAURENT

Nicole K. SANDERSON^{1,2}, Dan J. Charman², Iain P. Hartley² et Michelle Garneau¹

¹ Geotop : Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Université du Québec à Montréal

² Geography Department, University of Exeter, UK

Les tourbières boréales et subarctiques représentent des puits de carbone (C) importants à l'échelle mondiale. Le dégel du pergélisol causé par le réchauffement climatique modifie la dynamique du cycle du C dans ces tourbières. Cependant, les changements à l'échelle décennale/centenaire dans ces écosystèmes demeurent encore mal connus. Nous avons étudié les taux d'accumulation du C durant les derniers ~200 ans dans trois régions longeant la côte nord du Saint-Laurent et suivant un gradient de conditions de pergélisol. Trois tourbières ont été échantillonnées dans chaque région et trente carottes de surface ont été prélevées suivant un gradient écohydrologique. Des chronologies détaillées ont été obtenues à partir de datations au ¹⁴C et au ²¹⁰Pb. L'approche méthodologique de cette étude a permis d'évaluer la variabilité de l'accumulation du C à l'intérieur des sites, entre les tourbières d'une même région ainsi qu'entre les régions. Les résultats montrent que les conditions de dégel du pergélisol favorisent, à des degrés divers, une modification de la topographie de surface, du bilan hydrique et de la composition de la végétation dans les tourbières. Elles favorisent aussi une croissance accélérée des sphaignes et donc de l'accumulation du C. Le choix du modèle âge-profondeur peut avoir des conséquences importantes pour l'évaluation du C. En raison de l'ampleur du puits de C des tourbières, la dynamique du C devrait être incorporée dans les bilans à l'échelle nationale.

EX#16 ADAPTATIONS LOCALES DU CYCLE DE DORMANCE DES ARBRES RELIÉES AU GEL PRINTANIER: IMPORTANCE POUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE FORESTIER DU QUÉBEC

Benjamin MARQUIS¹, Yves Bergeron^{1,2}, Martin Simard³ et Francine Tremblay¹

¹ Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

² Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Université du Québec à Montréal

³ Département de géographie, Université Laval

Puisqu'il est anticipé que les populations locales d'arbres deviendraient inadaptées au climat futur, reboiser avec des arbres de populations mieux adaptées aux conditions futures permettrait de maintenir la productivité forestière. Cependant, en forêt boréale, la forte fréquence de gel printanier peut endommager les arbres ayant un cycle de dormance mal synchronisé avec le gel. En analysant le débourrement des bourgeons, la croissance en hauteur et les dommages causés par le gel aux cellules cambiales sur différentes provenances d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss), d'épinettes noires (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) et d'épinettes de Norvège (*Picea abies* [L.] Karst) plantées des deux côtés de l'écotone de la forêt tempérée-boréale, nous montrons que, dû à leur sensibilité plus élevée à la photopériode, les provenances de la forêt tempérée ouvrent leurs bourgeons plus hâtivement que les provenances de la forêt boréale. Ainsi, lorsque plantées en forêt boréale, ces provenances sont plus petites et plus endommagées par le gel que les provenances locales; mais lorsque plantées en forêt tempérée, certaines provenances du sud peuvent performer aussi bien que des provenances de la forêt boréale. La migration assistée n'est donc présentement pas envisageable en forêt boréale mais semble prometteuse en forêt tempérée. L'effet des changements climatiques sur le territoire forestier serait mieux compris en intégrant les adaptations locales des diverses populations d'arbres.

EX#17 LES TERRES RARES ET LES ISOTOPES DU Nd COMME TRACEURS DES APPORTS LITHOGÉNIQUES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT AU COURS DE L'HOLOCÈNE

Jean-Carlos MONTERO-SERRANO^{1,2}, Marie Casse^{1,3}, Guillaume St-Onge^{1,2,4} et André Poirier²

¹ Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, Québec-Océan

² Geotop : Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Université du Québec à Montréal

³ Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Brest, France

⁴ Chaire de recherche du Canada en géologie marine, Université du Québec à Rimouski

L'évolution des sources détritiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (EGSL) au cours de l'Holocène est révélée par les concentrations en terres rares (TR) et les compositions isotopiques en Nd (ϵ Nd) de la phase authigénique (oxyhydroxides de Fe et de Mn) des sédiments de deux carottes sédimentaires. Avant 8 cal ka BP, des valeurs ϵ Nd très peu radiogéniques sont enregistrées, avec une composition isotopique en Nd de $\sim -24,3$ et $\sim -21,4$ respectivement pour les carottes de l'estuaire et du golfe. Ces valeurs ne sont pas contrôlées par des variations de l'origine et/ou du mélange au sein des masses d'eau, mais par les apports de particules associés à la fonte des glaces laurentiennes ayant érodé les roches précambriennes de la Côte-Nord. Par la suite (8 cal ka BP à l'actuel), les variations du niveau marin apparaissent comme le forçage principal contrôlant la dynamique sédimentaire dans l'EGSL. Pendant cette période, les valeurs enregistrées dans la carotte de l'estuaire indiquent que les sédiments sont principalement originaires de la Côte-Nord. De façon opposée, les sédiments du golfe sont caractérisés par des valeurs indiquant une origine sédimentaire provenant principalement de la chaîne des Appalaches et des Provinces Maritimes, avec une influence secondaire de la Côte-Nord. Nos résultats illustrent le potentiel des TR et des isotopes du Nd de la fraction authigénique des sédiments pour identifier les sources sédimentaires et les voies de transport dans l'EGSL.

EX#18 CHRONOLOGIES HOLOCÈNE DE LA TORDEUSE À BOURGEON D'ÉPINETTE ET DU FEU EN FORÊT MIXTE DU QUÉBEC

Marc-Antoine LECLERC et Hubert Morin

Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique et du changement climatique, la caractérisation de la variabilité des régimes de perturbations à long-terme est essentielle. Un retour dans le passé pourrait livrer un aperçu des changements qui nous attendent. Le but du projet est de développer des chronologies holocènes des perturbations importantes dans la sapinière : la tordeuse des bourgeons d'épinette et le feu. Il s'agit de déterminer, en étudiant des sédiments lacustres, si les régimes de ces deux perturbations et leurs interactions ont changé selon les fluctuations climatiques du passé. La tordeuse devrait avoir été favorisée durant des périodes chaudes et humides tandis que le feu l'aurait été durant des périodes froides et sèches. Durant les périodes chaudes et sèches, il y aurait une «compétition» entre les deux perturbations puisque ces conditions favorisent à la fois la tordeuse et le feu. Les interactions seront analysées selon deux échelles temporelles : à court terme (10-20 ans) et à long terme (1000 ans). À court terme le feu réduirait les chances qu'il y ait une épidémie mais la tordeuse, en changeant la quantité et la distribution des combustibles, pourrait augmenter la probabilité d'un feu. À long terme, à l'instar de ce qui a été observé en pessière, on s'attend à voir une relation inverse entre la fréquence des épidémies et celle du feu.

EX#19 RECONSTRUCTION DENDROCHRONOLOGIQUE DES ÉPIDÉMIES DE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE À PARTIR D'ARBRES SUBFOSSILES

Audrey LEMAY¹, Marie-Josée Tremblay¹, Dominique Arseneault² et Hubert Morin¹

¹Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

²Laboratoire d'écologie historique et de dendrochronologie, Université du Québec à Chicoutimi

Les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) sont connues pour le sud du Québec pour les derniers 450 ans (Boulanger *et al.* 2012), mais aucune étude dendrochronologique n'a réussi à remonter plus loin dans le temps. Par ailleurs, au nord de la distribution de l'insecte, encore très peu d'informations sont disponibles sur les épidémies de TBE. Dans cette étude, des arbres subfossiles ont été récoltés dans 6 lacs au Saguenay-Lac-Saint-Jean et sur la Côte-Nord. Les techniques standard en dendrochronologie ont été utilisées pour détecter les épidémies de TBE à l'aide des cernes de croissance des arbres. Les résultats préliminaires permettent d'obtenir une chronologie de près de 800 ans. Les épidémies de TBE du 20^e siècle sont bien présentes; par contre, peu de variations importantes de la largeur des cernes de croissance sont observables aux siècles précédents, une période où le climat était plus frais. Au nord de la distribution de la TBE, les épidémies semblent avoir plus d'impact lorsque les températures sont plus clémentes. Nos résultats, bien que préliminaires, constituent les plus longues séries dendrochronologiques des épidémies de TBE à ce jour et la méthodologie utilisée présente un bon potentiel afin d'obtenir une chronologie millénaire.

EX#20 VÉGÉTATION POSTGLACIAIRE, GRADIENTS CLIMATIQUES ET ÉCHANGES OCÉAN-ATMOSPHÈRE EN BORÉALIE QUÉBÉCOISE

Bianca FRÉCHETTE¹, Pierre J.H. Richard², Martin Lavoie³ et Pierre Grondin⁴

¹ Geotop : Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Université du Québec à Montréal

² Département de géographie, Université de Montréal

³ Département de géographie, Université Laval, Québec

⁴ Direction de la Recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des parcs, Québec

La végétation et le climat postglaciaires furent reconstitués pour 61 sites des domaines bioclimatiques des pessières et des sapinières du Québec. Les végétations illustrées sur des cartes montrent qu'à l'échelle des millénaires, les gradients de composition et de structure de la végétation ont différé dans le temps. Les paramètres climatiques reconstitués incluent les températures de juillet et de janvier, les précipitations annuelles et l'ensoleillement estival. Le climat de l'est du Québec est comparé à celui de l'ouest. Un contraste est manifeste entre les deux secteurs jusque vers 7500 ans avant l'actuel (AA), particulièrement dans l'ensoleillement estival. La migration des arbres et l'établissement de forêts de type moderne est asynchrone, étant plus tardif dans l'ouest que dans l'est; un retard d'environ 1000 ans est survenu entre la côte nord de la Gaspésie et les secteurs voisins. La localisation des sites par rapport au front de l'inlandsis et les conditions de surface des eaux du golfe du Saint-Laurent et de la mer du Labrador, jumelées aux feux de forêts, expliquent l'asynchronisme observé. Avec l'amélioration climatique, la progression des forêts a culminé entre 8000 et 4000 ans AA par l'abondance accrue d'essences relativement thermophiles. Il y a 6000 ans AA, des végétations contrastées se côtoyaient, alors que 10 principaux types de végétation occupaient le territoire, ce qui traduit une plus grande diversité que de nos jours où ils se chiffrent à 4 seulement.

EX#21 GÉOCHIMIE DES SÉDIMENTS LACUSTRES RÉVÈLE QUE L'AUGMENTATION DE LA FRÉQUENCE DES INCENDIES COMPROMET LA RÉSILIENCE DE L'ÉCOSYSTÈME BORÉAL

Adam ALI¹, Carole Bastianelli², David Paré³, Christelle Hély⁴, Pierre Grondin⁵ et Yves Bergeron⁶

¹ Université de Montpellier, France; ² Université de recherche Paris Sciences et Lettres, France

³ Ressources naturelles Canada, Centre de foresterie des Laurentides, Sainte-Foy, Québec

⁴ École pratique des hautes études, Université de recherche Paris Sciences et Lettres, France

⁵ Direction de la Recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des parcs, Québec

⁶ Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Université du Québec à Montréal.

Cette étude aborde les processus à l'origine de la mosaïque paysagère actuellement observée à la latitude du réservoir Manicouagan, où se côtoient la pessière à mousses et la pessière à lichens. Cette mosaïque marque le passage de la forêt fermée à la forêt ouverte. L'analyse pollinique des sédiments lacustres permet difficilement d'identifier l'histoire holocène propre à chacune mais elle peut toutefois être captée par des marqueurs géochimiques. Des analyses de sols minéraux des forêts contemporaines (C:N, taux de carbone, oxyde d'aluminium, concentration en cations) ont d'abord montré des différences marquées entre les deux types d'écosystèmes. Des analyses géochimiques effectuées sur les sédiments lacustres de surface (n=6) ont ensuite révélé une signature spécifique à chacune des pessières. Les analyses, étendues finalement à la totalité des carottes sédimentaires, ont permis de caractériser les changements survenus dans la géochimie des lacs depuis 8000 ans et de les mettre en relation avec l'histoire des feux déduite par les charbons de bois accumulés dans les sédiments. Deux types de dynamique furent identifiés, l'un portant sur un renouvellement cyclique de pessières noires et l'autre, sur une dynamique d'ouverture menant à la formation et au maintien de pessières à lichens. Les changements se seraient surtout produits depuis 4000 ans. En plus des feux, le climat et le milieu physique auraient également contribué au développement de la mosaïque paysagère actuelle.

EX#22 EST-CE QUE LES ÉCOSYSTÈMES CONTEMPORAINS OBSERVÉS DANS LE SOUS-DOMAIN DE LA PESSIÈRE NOIRE À MOUSSES DE L'OUEST ONT UNE HISTOIRE HOLOCÈNE SPÉCIFIQUE ?

Andy HENNEBELLE¹, Olivier Blarquez¹, Pierre Grondin², Julie Aleman¹, Adam Ali³, Daniel Borcard⁴, Christopher Carcaillet⁵ et Yves Bergeron⁶

¹ Département de géographie, Université de Montréal; ² Direction de la Recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des parcs; ³ Institut des Sciences de l'Évolution, Montpellier, Université de Montpellier-EPHE, Montpellier, France; ⁴ Département de biologie, Université de Montréal

⁵ Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Université Claude Bernard-Lyon, France; ⁶ Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, Québec, Canada

Des études menées dans le sous-domaine de la pessière à mousses de l'Ouest (PMO) ont montré l'importante diversité des paysages forestiers à l'échelle des régions écologiques. L'analyse de redondance sur des données d'inventaires écologiques a permis de lier la composition forestière avec le climat local, les conditions de l'environnement physique et le régime de perturbations. Des analyses paléoécologiques basées sur des comptages de grains de pollen de sédiments lacustres et organiques (tourbières) ont permis de reconstruire l'histoire postglaciaire locale de la végétation autour de plusieurs sites répartis dans la PMO. En utilisant ces deux sources de données, nous nous sommes demandés si les écosystèmes actuellement observés avaient une histoire postglaciaire qui leur serait spécifique ? Une analyse en composantes principales menée sur les données polliniques de 16 sites (14 lacs, 2 tourbières) a mis en évidence trois types de dynamiques forestières régionales mises en place très tôt au cours de l'Holocène. Chacun de ces types présente une dynamique postglaciaire qui s'est développée sous les effets combinés de la migration des espèces forestières, de l'environnement physique et des feux (données de charbons microscopiques). Chaque dynamique de végétation est fortement associée à un paysage forestier dont les caractéristiques contemporaines et plurimillénaires doivent être prises en compte dans un contexte d'aménagement écosystémique.

EX#23 L'ÉTABLISSEMENT ET LE MAINTIEN DES ÉRABLIÈRES NORDIQUES : MOINS DE CONIFÈRES, PLUS DE BOULEAUX

Jordan PAILLARD¹, Olivier Blarquez¹, Yves Bergeron², Pierre Grondin³

¹ Département de géographie, Université de Montréal

² Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, Québec, Canada

³ Direction de la Recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des Parcs

Aux abords du lac Labelle, en plein domaine de la Sapinière à bouleau blanc se trouve une des érablières les plus disjointes de l'aire de peuplement des érablières. Pour en identifier l'origine et examiner le rôle des feux sur son établissement et son développement ultérieur, les sédiments du lac Labelle et de 2 autres lacs situés au sud, dans les domaines de la sapinière à bouleau jaune (lac Le Chasseur) et de l'érablière à bouleau jaune (lac Fur) ont fait l'objet d'analyses polliniques et anthracologiques. L'établissement local de l'érable à sucre est attesté dès 7800 cal. BP au site Fur, 5100 cal. BP au site Chasseur et 3900 cal. BP au lac Labelle. D'après le pollen, l'érable à sucre (Érs) : 1) n'a pas culminé durant l'Optimum climatique holocène mais il a augmenté durant le Néoglaciale ; 2) ne présente aucun lien avec les feux détectés par les charbons de bois ; 3) augmente seulement après l'émergence du pollen des bouleaux vers 6000 cal. BP et la diminution graduelle de celui du pin blanc au cours de l'Holocène. L'Érs paraît limité par la proportion de conifères dans le paysage. L'augmentation des bouleaux aurait ainsi permis la fragmentation de la combustibilité du paysage, la diminution de la sévérité des feux et une fertilisation accrue des sols en éléments nutritifs essentiels à la croissance de l'Érs. La diminution du pin blanc et son remplacement par les bouleaux. auraient donc été les éléments déclencheurs de l'établissement et du maintien de l'érable à sucre.

EX#24 CONNAÎTRE LE PASSÉ POUR MIEUX AMÉNAGER LE FUTUR ?

Pierre GRONDIN¹, Bianca Fréchette², Martin Lavoie³, Andy Hennebelle⁴, Olivier Blarquez⁴, Gabriel Magnan², Guillaume de Lafontaine⁵, Éric Domaine⁶ et Yves Bergeron⁷

¹ Direction de la Recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des parcs, Québec

² Geotop : Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Université du Québec à Montréal

³ Département de géographie, Université Laval; ⁴ Département de géographie, Université de Montréal

⁵ Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec à Rimouski

⁶ Aménagement et de l'Environnement forestier, Ministère des forêts, de la faune et des parcs

⁷ Institut de recherche sur les forêts, UQAT et Département des sciences biologiques, UQÀM

Le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) a développé un système hiérarchique de classification écologique visant à exprimer la diversité des écosystèmes forestiers. Or, l'aménagement écosystémique au centre du régime forestier québécois nécessite de comprendre non seulement la végétation contemporaine, mais aussi l'histoire des paysages végétaux durant les derniers millénaires (Holocène). Nous avons donc étudié plusieurs archives, dont les sédiments lacustres (chironomides, pollen, charbons), les tourbes (thécamoebiens, charbons, pollen) et les sols minéraux (charbons), et nous avons effectué une synthèse des nombreux diagrammes polliniques existants. Ces derniers permettent de caractériser la variabilité naturelle des paysages relativement au climat, aux feux, à la végétation ainsi qu'à la proportion de vieilles forêts et de se questionner à savoir si les changements climatiques nous conduiront hors de cette variabilité. Nous avons également pu, par la paléoécologie, appuyer des changements de composition forestière provoqués par les activités anthropiques (coupes) initialement documentées par les archives d'arpentage historique. Les populations marginales des espèces forestières tempérées en milieu boréal et les processus qui ont favorisé leur expansion-maintien-régression au cours des derniers millénaires sont également au centre de nos préoccupations. Ces diverses connaissances sont utiles pour la gestion et l'aménagement des forêts.

Colloque 201 : Séance d’Affiches : 08h30 à 10h20, Mercredi 5 mai 2021

A#1 ANALYSE DES VAGUES DE CHALEUR SURVENUES DEPUIS LE DÉBUT DU 20^{ème} SIÈCLE DANS TROIS VILLES PRINCIPALES DU SUD-EST DU CANADA

Marie-Lore BEAUDRY et André E. Viau

Laboratoire de recherche sur les changements climatiques (LCC), Département de géographie, environnement et géomatique, Université d’Ottawa

Des recherches récentes réalisées à grande échelle ont démontré une augmentation de la fréquence, de l’intensité et/ou de la durée des vagues de chaleur dans plusieurs régions du globe. Or, au Canada, seules quelques recherches ont porté sur les impacts des vagues de chaleur, et aucune n’a considéré leur fréquence historique et régionale. Notre projet de recherche vise à mettre en lumière les tendances historiques des vagues de chaleur de Montréal, Ottawa et Toronto, afin de déterminer si le phénomène s’est amplifié au pays comme ailleurs dans le monde. Les températures ressenties (*Humidex*) en période de vague de chaleur seront déterminées de même que les tendances de ces périodes dans les régions rurales sises aux abords de ces centres urbains. Le rôle des températures ressenties en période de vagues de chaleur et l’influence des îlots urbains de chaleur pourront alors être examinés. Nos analyses ont été réalisées grâce aux données météorologiques historiques offertes par Environnement Canada. Les résultats préliminaires de l’étude démontrent qu’il n’existe pas de tendances, ni à la hausse ni à la baisse, des caractéristiques des vagues de chaleur dans les trois grandes villes canadiennes étudiées. Il reste toujours à analyser les deux autres composantes de l’étude, soit les températures ressenties et l’effet de l’îlot urbain de chaleur. Nous pouvons donc actuellement conclure que les vagues de chaleur dans les régions d’études ne se sont pas amplifiées.

A#2 ÉTABLIR LA CHRONOLOGIE DES PALÉO-TEMPÊTES DURANT L’HOLOCÈNE AUX ILES-DE-LA-MADELEINE, À L’AIDE DE CAROTTES DE TOURBE

Antoine LACHANCE¹, Matthew Peros² et Jeannine-Marie St-Jacques¹

¹ Department of Geography, Planning and Environment, Université Concordia

² Department of Environmental Studies and Geography, Université Bishop’s

Les cyclones tropicaux et les tempêtes hivernales sont des dangers omniprésents pour les communautés côtières dans l’Est du Canada. Pour mieux comprendre l’impact des changements climatiques sur ces événements, nous avons récupéré, durant l’été 2020, deux carottes de tourbe de 3,16 et 7,19 mètres de long dans deux tourbières de l’Île du Havre-Aubert, au Sud de l’archipel des Îles-de-la-Madeleine, à l’aide d’un carottier russe. Nos échantillons couvrent l’intégralité des séquences de tourbe, la base des carottes se terminant sur des sédiments d’origine glaciaire ou marine. Nous avons effectué la datation au carbone 14 pour trois échantillons de la carotte de 7,19 mètres. La plus ancienne date, se trouvant près de la base, remonte à près de 8500 cal BP. Quand la chronologie des deux carottes sera établie, nous réaliserons une analyse par microfluorescence-X et une analyse de la présence de sable éolien, ce qui permettra de détecter dans les échantillons les éléments allochtones provenant de l’océan ou des falaises environnantes, et qui se seraient déposés dans les tourbières lors d’événements météorologiques extrêmes. À terme, une chronologie des ouragans et tempêtes durant l’Holocène sera établie.

A#3 RECONSTITUTION SÉDIMENTOLOGIQUE DES RÉCENTES INONDATIONS D'UN BRAS MORT PRÈS DE LA RIVIÈRE COATICOOK, SUD DU QUÉBEC, CANADA

Sabrina MRIUCZEK¹, Matthew C. Peros² et Jeannine-Marie St-Jacques¹

¹ Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University

² Department of Environmental Studies and Geography, Bishop's University

La région des Cantons de l'Est, dans le Sud du Québec, connaît fréquemment des inondations majeures, mais on ne sait pas si elles sont de plus en plus fréquentes en raison du réchauffement climatique. Les reconstitutions sédimentologiques ont le potentiel de prolonger les enregistrements instrumentaux et observationnels des inondations pour aider à résoudre cette question. Pour évaluer le potentiel d'une telle approche dans les Cantons de l'Est, nous avons extrait une carotte de sédiments d'un bras mort, situé à proximité de la rivière Coaticook, que nous avons analysée pour déterminer la granulométrie, la perte au feu et la susceptibilité magnétique. La datation préliminaire au Pb-210 indique que la carotte de ~120 cm de long représente moins de 100 ans d'accumulation de sédiments. Des augmentations brusques de la taille des grains se produisent dans les sédiments les plus récents et entre 60 et 90 cm de profondeur, ce qui indique que ces pics sont associés à des événements fluviaux à haute énergie. La susceptibilité magnétique est plus variable et présente plusieurs pics associés à des augmentations abruptes de sable qui pourraient traduire la présence de différentes zones-sources de sédiments. Nos travaux en cours examineront ces données conjointement avec les enregistrements des jauges de crues locales et des photographies aériennes afin de déterminer si ces changements sédimentologiques sont associés à des inondations historiques.

A#4 ENVIRONNEMENT MARIN ET CLIMAT AU NORD DU NUNAVIK DEPUIS LE DORSÉTIEN (550 AEC - 950 EC)

Anna TO

GEOTOP, Université du Québec à Montréal

Le site archéologique de Qajartalik, sur une île du Déroit d'Hudson, regorge d'artéfacts des cultures dorsétienne, thuléenne et inuite. Des pétroglyphes très anciens y représentent ~180 visages stylisés d'un grand intérêt culturel. Notre étude vise à préciser les changements climatiques et océanographiques de la région et déterminer leur impact éventuel sur les activités humaines au cours des 2 derniers millénaires. La reconstruction (MAT) des paramètres du milieu marin adjacent est réalisée par l'analyse palynologique d'une carotte sédimentaire (MSM46-22-8-GC) prélevée dans le déroit d'Hudson. Les résultats préliminaires indiquent des flux élevés de dinokystes (~10³ individus/cm²/an). Les concentrations des restes organiques de ciliés et des réseaux organiques de foraminifères indiquent que la productivité primaire y est très élevée. Les assemblages de dinokystes montrent une dominance des kystes de *Pentapharsodinium dalei*, d'*Islandinium minutum* et de *Brigantedinium* sp. suivie par les kystes d'*Operculodinium centrocarpum*, de *Spiniferites ramosus* et de *Spiniferites elongatus*. Ils témoignent tous de la saisonnalité de la glace de mer. La température estivale de la mer varie entre 1 et 4°C, la salinité, entre 31 et 32‰, la productivité primaire moyenne est de 750 mg C/m²/j et le couvert de glace de mer est de 7 à 9 mois par année. D'autres analyses permettront d'obtenir une meilleure résolution pour vérifier les tendances et leur variation dans la région du Déroit d'Hudson.

A#5 CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU COURS DES DEUX DERNIERS MILLÉNAIRES DANS LE GOLFE DU ST-LAURENT, CANADA ATLANTIQUE

Xiner WU¹, Anne de Vernal¹, Matthias Moros² et Kerstin Perner²

¹ Geotop : Centre de recherche sur la dynamique du système Terre, Université du Québec à Montréal

² Leibnitz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde, Seeßtrasse 15, 18119, Rostock

Des analyses palynologiques ont été effectuées sur la séquence composite de sédiment marin MSM46-03 prélevée dans la partie centrale du Golfe du Saint-Laurent, afin de reconstruire des fluctuations climatiques au cours des derniers ~2000 ans. Les données des assemblages de dinokystes ont permis de reconstruire la température de surface de la mer (SST), la salinité de surface de la mer (SSS), la durée de la glace de mer et la productivité primaire par la technique des Analogues Modernes (MAT). Les résultats ont révélé un refroidissement graduel et remarquable d'environ 4°C à partir de 1230 cal yr BP (720 CE), et un minimum thermique daté de 170-40 cal yr BP (1780-1910 CE) qui correspondrait vraisemblablement au signal régional du Petit Âge Glaciaire. Cet intervalle froid est suivi par un réchauffement important et rapide d'environ 3°C au cours des derniers 100 ans. À l'échelle des derniers 1700 ans, l'enregistrement du pollen a démontré une tendance qui indiquerait des changements dans les régimes du vent, marqués par des incursions plus fréquentes de la masse d'air froid et sec de l'Arctique au-dessus de l'Est du Canada.

A#6 HISTOIRE DES INCENDIES DE FORÊT À LA TOURBIÈRE DE SCOTSTOWN, SUD DU QUÉBEC, À L'AIDE DES MICROCHARBONS DE SÉDIMENTS LACUSTRES

Charlotte WHYTE¹, Leeli Amon², Matthew Peros³, Jeannine-Marie St-Jacques¹

¹ Department of Geography, Planning, and Environment, Concordia University

² Department of Geology, Tallinn University of Technology, Estonia

³ Department of Environment and Geography, Université Bishop's

Durant la dernière glaciation, le développement puis le retrait de l'Inlandsis Laurentidien a affecté les paysages et la végétation de vastes régions du Canada et de l'Est des États-Unis d'Amérique. Les dépôts de la tourbière de Scotstown, Cantons-de-l'Est, Québec, comptent parmi les rares séquences sédimentaires étudiées à haute résolution par des méthodes paléoécologiques dans cette région. Six mètres de sédiments y furent récupérés : une argile silteuse héritée d'un lac proglaciaire y est surmontée de gyttja (une boue organique lacustre), puis de tourbe de marais riverain, de fen (minérotrophe) et enfin de bog (ombrotrophe) accumulée après le comblement du bassin lacustre. Les sédiments de la tourbière de Scotstown remontent à plus de 12 700 ans avant nos jours. Ils furent soumis à une analyse à haute résolution des microcharbons en utilisant des échantillons contigus de 1 cm, afin d'en tirer des informations sur l'occurrence et la fréquence des feux de forêt. Étonnamment, les sédiments du lac proglaciaire ne contenaient pas de charbon, même si la marge nord de la forêt boréale n'était située qu'à ~100 km. La transition de l'argile silteuse du lac proglaciaire à la gyttja du lac se fait très rapidement, en moins de 2 cm. La transition rapide d'une absence totale de charbon à des quantités appréciables de charbon se produit en même temps. Par conséquent, nous en concluons que les incendies de forêt sont également apparus tout aussi soudainement dans le paysage.

Réalisation des objectifs du Colloque 201 à Sherbrooke

De la fin de la période glaciaire jusqu'à l'Anthropocène
dans l'Est de l'Amérique du Nord:
nouvelles méthodes, questions et perspectives

24 exposés, 6 affiches, 77 autrices et auteurs => Mission accomplie ✓

Responsable: **Matthew Peros**, Université Bishop's

Coresponsables:

Elisabeth Levac, Université Bishop's

Jeannine-Marie St-Jacques, Université Concordia

Pierre J.H. Richard, Université de Montréal

Le thème de ce colloque portait sur les **changements environnementaux et climatiques** ✓ depuis la fin de la dernière période glaciaire jusqu'à aujourd'hui dans l'Est de l'Amérique du Nord. Outre la recherche sur les changements environnementaux, notre colloque sollicitait également des contributions sur le **rôle des peuples autochtones et non-autochtones** ✓ dans la formation des paysages de cette région – grâce à des activités comme le défrichement et l'agriculture – et sur la façon dont ces peuples se sont adaptés au climat naturel et aux variations environnementales.

Au cours des 20 000 dernières années, l'est de l'Amérique du Nord fut une région très dynamique qui a connu des changements environnementaux considérables, notamment la fonte de l'Inlandsis Laurentidien, la migration des plantes et des animaux après la déglaciation, ainsi qu'une histoire longue, dense et complexe d'établissements humains et d'utilisation des terres. Par ailleurs, cette région possède une multitude de lacs ✓, de tourbières ✓ et d'autres archives naturelles ✓ qui foisonnent de données paléoenvironnementales de haute qualité ✓ ✓ ✓.

En adoptant une **perspective à long terme** ✓ et en se concentrant sur la recherche entreprise à l'aide d'une **gamme d'indicateurs substitutifs** ✓ (p. ex. : pollen, charbon de bois, diatomées, dinoflagellés, cernes d'arbres, écailles d'ailes de papillons, etc.), nous réalisons que le colloque a permis de **mieux comprendre les mécanismes** ✓ à l'origine des **variations climatiques naturelles** ✓ ainsi que les **interactions humaines** ✓ avec l'environnement pour plusieurs périodes et à **diverses échelles** ✓.

Des études entreprises à l'aide de **données indirectes traditionnelles** ✓ nous furent présentées, mais plusieurs exposés de recherches réalisées à l'aide de **nouvelles méthodologies et approches** ✓, ainsi que des études à grande échelle au **niveau régional** ✓ fondées sur des bases de **données paléoécologiques** ✓ et **archéologiques** ✓ nous ont aussi été offertes.

Merci pour votre participation au colloque!

Liste alphabétique des autrices et des auteurs (n=77)

Le nom des oratrices et des orateurs (n=30) figure en **MAJUSCULES**

Julie Aleman

Adam **ALI**

Leeli Amon

Dominique Arseneault

Carole Bastianelli

Marie-Lore **BEAUDRY**

Joannie Beaulne

Yves Bergeron

Najat Bhiry

Olivier Blarquez

Daniel Brocard

Zhaojun Bu

Christopher Carcaillet

Catherine Caron

Marie Casse

Dan J. Charman

Dominic Cyr

Victor **DANNEYROLLES**

Guillaume de Lafontaine

Ann Delwaide

Maude Demers

Anne de Vernal

Éric Domaine

Nicole Fenton

Bianca **FRÉCHETTE**

Konrad **GAJEWSKI**

Michelle Garneau

Martin Girardin

Pierre **GRONDIN**

Iain P. Hartley

Christelle Hély

Andy **HENNEBELLE**

Antoine **LACHANCE**

Martin **LAVOIE**

Marc-Antoine **LECLERC**

Audrey **LEMAY**

Isabel Lemus Lauzon

Éloïse Le Stum-Boivin

Hongkai Li

Gabriel **MAGNAN**

Dominique Marguerie

Benjamin **MARQUIS**

Francine **McCARTHY**

Jean-Carlos **MONTERO-SERRANO**

Hubert Morin

Matthias Moros

Sabrina **MRIUCZEK**

Lorne Nelson

Duane Noel

Claire **O'NEILL SANGER**

Alexandre **PACE**

Jordan **PAILLARD**

David **PARÉ**

Kerstin Perner

Matthew **PEROS**

André Poirier

Pierre J.H. Richard

Natasha **ROY**

Martin **SAINT-MICHEL**

Nicole K. **SANDERSON**

Kayden Schwartz

Martin Simard

Jeannine-Marie **ST-JACQUES**

Guillaume St-Onge

Jingling Sun

Anna **TO**

Francine Tremblay

Joshua **TREMBLAY**

Marie-Josée Tremblay

Geneviève **TREYVAUD**

Julien Vachon

André E. Viau

Jennifer Ward

Charlotte **WHYTE**

James Woolett

Xiner **WU**

Hongyan Zhao

QUATERNARY PALYNOLOGY IN QUEBEC: a review and future prospects

Jaan TERASMAE

*Professor at the Department of Geological Sciences, Brock University
St. Catharines (Ont.), Canada **

(Manuscript received January 8, 1969)

ABSTRACT

This review points out that Quebec was, in effect, the birthplace of Canadian Quaternary palynology. The early studies were concerned with peat resources and from these developed palynological studies when the usefulness of pollen stratigraphy in correlation, climatic studies and vegetation history was realized. In the 1950's several major projects were initiated and with the support of radio-carbon dating the palynological studies became increasingly helpful for geological investigations. However, in spite of the progress made our present knowledge of palynology in Quebec has not extended past the preliminary phase of reconnaissance which has, nevertheless, clearly indicated the potential value of palynological research. The greatest current needs are training of palynologists and providing financial assistance for basic palynological research in particular because without an adequate basic knowledge the full potential of this research cannot be realized. A summary of needs and priorities in Quaternary palynology is given in the last part of this review.

RÉSUMÉ

La palynologie du Quaternaire au Québec: état de nos connaissances et perspectives d'avenir. L'article fait voir que le Québec a été le berceau de la palynologie du Quaternaire au Canada. Faisant suite à des études sur les ressources en tourbe, la palynologie prit son essor sous l'interdépendance de la stratigraphie des grains polliniques et des éléments du milieu végétal et climatique. Plusieurs projets de recherches palynologiques furent entrepris au début des années 50; la datation au radiocarbone se montra alors utile aux levés géologiques. Malgré les nombreux progrès réalisés, la palynologie au Québec n'a pas dépassé les étapes de la reconnaissance qui néanmoins a clairement démontré toute son importance. La palynologie se doit de former avec urgence de jeunes chercheurs, tandis que l'aide financière devra permettre des recherches de base sans lesquelles toute autre recherche est impossible. Finalement, l'article résume les besoins et les priorités des études de palynologie du Quaternaire.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Quartärpalynologie in Québec: heutige Kenntnisse und Zukunftsaussichten. Der Beitrag zeigt wie Québec zur Heimstätte der kanadischen Quartärpalynologie wurde. Sie kam in Schwung nach Forschungen über Torfreichhaltigkeit und wie die Beziehungen zwischen Pollenstratigraphie, Klima und Pflanzenbildung erklärt wurden. Mehrere palynologische Forschungen wurden in den Jahren 50 begonnen. Die Datierung durch Radiokarbon erwies sich als sehr nützlich bei den geologischen Landesaufnahmen. Trotz vielen Fortschritte hat die Palynologie in Québec die Stufe der Untersuchung nicht überschritten. Sie hat jedoch ihre Wichtigkeit klargelassen. Junge Forscher müssen dringend gebildet werden. Eine finanzielle Hilfe sollte zuerst die notwendigen Grundforschungen und später gründlichere Forschungen erlauben. Zum Schluß faßt der Beitrag die Bedürfnisse und Vorzüge der Quartärpalynologieforschungen zusammen.

* Home address:
196 Woodside Drive
St. Catharines, Ont.
Canada

INTRODUCTION¹

It is interesting to note that Canadian Quaternary palynology, in effect, had its beginnings in Quebec, starting with studies of peat bogs by NYSTRÖM, ANREP and AUER (NYSTRÖM and ANREP, 1909; ANREP, 1914; AUER, 1927). However, the first actual published palynological studies were made by ERDTMAN in west-central Canada (ERDTMAN, 1931); a pollen diagram from the Worpsswede area, east of Edmonton, was published by ERDTMAN in 1924 in the *Geologiska Föreningens Förhandlingar* (vol. 46), and he should be assigned the honour of *father* of Canadian Quaternary palynology. In 1930 AUER published a series of pollen diagrams, including several in Quebec, resulting from his earlier studies of bogs in eastern Canada. In 1931 BOWMAN used pollen analysis to study a bog near the Matamek River, Quebec, and in 1945 RADFORTH published a palynological report on a peat deposit exposed in excavation at Shipshaw. The first major palynological study in Labrador was made by WENNER in 1947.

The first comprehensive palynological program in Quebec was initiated in the early nineteen fifties by COURTEMANCHE and POTZGER (TERASMAE, 1967). Several important contributions were published by these scientists in the following years (POTZGER, 1953; POTZGER and COURTEMANCHE, 1954; POTZGER *et al.*, 1956; POTZGER and COURTEMANCHE, 1956, 1956a). The writer started his palynological studies in the St. Lawrence lowlands in 1953 and these studies have been continued to the present, with some interruptions (TERASMAE, 1957, 1958, 1959, 1960; TERASMAE and MOTT, 1965; TERASMAE and LASALLE, 1968). Limited palynological studies in north-central Quebec were made by P. S. MARTIN (personal communication) while he was at *McGill University* in the nineteen-fifties.

Palynological studies in the Lake Mistassini area were made by IGNATIUS (1956) in conjunction with geological investigations, and in the Labrador-Quebec region by GRAYSON (1956) who studied postglacial history of vegetation and climate.

In more recent years palynological studies have been made by Joyce BROWN (MacPHERSON) in 1966 and 1967 in the St. Lawrence lowland, and by MORRISON in the Grand Falls area. Both of these studies were concerned with chronology and relative dating

of certain postglacial events and features. Recent pollen deposition has been studied in northern Ungava peninsula at Sugluk by BARTLEY (1967), and similar studies were made by the writer in the Nichicun Lake area (TERASMAE and MOTT, 1965). Palynological studies in the St. Lawrence lowland and in the Lake St. John area have been undertaken by LASALLE (1966) in support of his regional geological investigations of late-Quaternary history.

The conclusion of the above introduction is that Quebec is probably the palynologically best covered region of Canada, followed by Ontario and Manitoba where adequate preliminary studies have been made.

SOME OF THE PALYNOLOGICAL LANDMARKS

Palynological studies made to date in Quebec have answered several questions relating to glacial history and postglacial development of vegetation. At the same time many other problems have become apparent which are in need of further investigation. These problems will be discussed in some detail in the following chapter of this review.

The early studies by AUER (1930) were restricted to the St. Lawrence valley, and bogs at low elevations above sea level were investigated primarily for peat resources and bog stratigraphy. In spite of these limitations the major features of postglacial pollen stratigraphy are evident in AUER's diagrams although he did not propose the customary sequence of pollen zones for subdividing and correlation of his pollen records from the different areas studied. However, the diagrams published by AUER are incomplete in several respects. Not all identifiable tree pollen types were included and no non-tree pollen was considered. In addition, most of AUER's pollen sequences cover only a part of postglacial time. Because of the submergence of the St. Lawrence valley in late-glacial and early postglacial time, owing to crustal downwarping during the preceding glaciation and the eustatic sea level rise, the sites studied by AUER were covered by waters of the Champlain Sea and no accumulation of pollen bearing sediments occurred until the sites emerged. Therefore the earliest postglacial pollen record is missing in these diagrams.

In 1947 WENNER published a report based on palynological studies in Labrador. The area investigated extended from northern tip of Newfoundland to Okak in northern Labrador, and westward to Grand Falls. The study sites were in coastal areas (southernmost one at Sandwich Bay); most sites were at Nain, one at Grand Falls and three at the head of Lake Melville.

1. Contribution presented at the 1st *Symposium on the Quaternary of Quebec*, held at Chicoutimi on the September 5-7, 1968.

European influence is clearly evident throughout WENNER's report, including interpretation of results and an attempt of cross-Atlantic correlation. He used pollen assemblages from surface samples to identify different vegetation regions in the fossil record. His pollen diagrams are somewhat difficult to use because all conifer pollen types were grouped together.

WENNER proposed a three-fold subdivision for the postglacial pollen record :

N.E. UNITED STATES	SWEDEN	LABRADOR
Climatic deterioration	Subatlantic time	Increased paludification (and reversion to tundra pollen)
Xerothermic phase	Subboreal time	Conifer forest at its height
	Atlantic time	Subarctic alder forest

The subsequent studies undertaken by COURTEMANCHE and POTZGER (POTZGER, 1953; POTZGER and COURTEMANCHE, 1954, 1956 and 1956a; POTZGER *et al.*, 1956) filled many of the gaps evident in AUER's reconnaissance. For example, all main identifiable tree pollen types were included in their diagrams and increasing attention was given to the non-tree pollen (NAP = non-arboreal pollen) component in the assemblages studied. The importance of modern pollen deposition in relation to surrounding vegetation was clearly recognized and studies were made to obtain reference data from surface samples for an improved interpretation of fossil assemblages. The pollen record was extended back in time to cover the early postglacial and at least a part of the late-glacial episode, particularly in the region north of the St. Lawrence lowland. However, POTZGER was somewhat puzzled by the apparent absence of evidence for a tundra episode in the bottom part of his pollen sequences, although « *in the present Quebec study at least one foot-level of sand was included in each profile. Nowhere was tundra encountered, not even in the deep Rivière Éternité and St. Siméon bogs* » (POTZGER, 1953, p. 399). It has been the experience of the writer that depth of peat is not a reliable criterion of age in bogs and furthermore, where peat overlies sand a considerable time gap may separate the basal peat from the deposition of sand and a part of the pollen record may not be present because of that hiatus. In addition it is possible that the sites mentioned by POTZGER are within the limits of the postglacial Champlain Sea submergence since they are close to the present St. Lawrence and Saguenay rivers. In that case the maximum age for basal organic

sediments will probably not exceed 9500 years which is younger in these areas than the age of sediments bearing evidence of tundra vegetation. It is unfortunate that POTZGER did not have available to him the benefit of supporting radiocarbon dating, at least throughout most of his studies.

On the basis of his studies POTZGER (1953) proposed a sequence of 5 pollen zones and inferred climatic episodes for the Laurentian Shield, the St. Lawrence lowland and Gaspé, ranging from zone Q5 as the youngest to zone Q1 as the oldest recognized subdivision of postglacial time (Table I). He postulated the following climatic fluctuations : (zone 1) an initial warm period when the Laurentide ice-cap shrank; (zone 2) deteriorating climate which favoured extensive local glaciation and increase in spruce and fir; (zone 3) a decided warm, dry period which very likely brought local glaciation to a close, gave expression to a prominent pine peak, and caused a great decline of spruce and fir; (zone 4) a warm moist period when *Tsuga* (hemlock) and broadleaved general increased, and in some locations, especially in the Gaspé, there was increase in pine; it was no doubt during this period that hemlock migrated northward to the Matahek River of coastal Quebec as reported by BOWMAN; (zone 5) deteriorating climate which was marked by increase in spruce and fir and paper birch, the near extinction of pine and hemlock, and increase of yellow birch.

In the early nineteen-fifties IGNATIUS carried out a palynological and geological investigation in the Mistassini-Chibougamau area, northwest of Lake St. John. He used both bog and lake deposits in his study and obtained limited radiocarbon control for his chronology. Because of the primarily geological objective of this study IGNATIUS (1956) emphasized the tree-pollen component in his diagrams and treated the non-tree pollen and spores components collectively without showing separate graphs for the different non-tree species. The oldest radiocarbon date obtained by IGNATIUS was for bottom sediment at Lake Irène in the Chibougamau area, 6960 ± 90 years (Y-223). IGNATIUS proposed the following sequence of pollen zones for the area studied.

The assemblages of zone 1, comprising maxima of *Alnus crispa*, *Salix* (willow), abundant NAP and spores, were interpreted by IGNATIUS as indicating the presence of tundra vegetation during the late-glacial episode when the area was recolonized by vegetation. The relatively high percentages of pine pollen (*Pinus banksiana*) were attributed to long-distance atmospheric transport.

TABLE I
PALYNO-STRATIGRAPHIC ZONES PROPOSED BY POTZGER (1953)
FOR GASPÉ, ST. LAWRENCE LOWLAND AND LAURENTIAN SHIELD

Pollen zones and climate	Gaspé	St. Lawrence lowland	Laurentian Shield
5. Colder and moist.	Spruce-fir, paper birch, decline of pine.	Increase of spruce-fir, paper birch, broadleaved genera, yellow birch; pine and hemlock decline.	Spruce-fir, decline of pine and hemlock, increase of paper birch, yellow birch; declining oak and beech.
4. Warm, moist.	Pine, paper birch yellow birch, beech intrusion, decreasing oak.	Hemlock, pine, beech and other broadleaved genera; rising spruce-fir.	Pine, hemlock, yellow and paper birch, low beech peak, spruce-fir increase, persistent low oak.
3. Warm, dry.	Pine, decline of spruce-fir, increase of broad-leaved genera.	Pine peak, decline of paper birch and hemlock; spruce-fir very low; increase in oak.	Pine peak, increase in oak; decrease in paper birch; very low spruce-fir.
2. Colder, moist.	Spruce-fir, decrease in pine, increase in paper birch, some oak.	Spruce-fir higher; small decrease in pine, small increase in paper birch; increase in oak and other broadleaved genera.	Spruce-fir increase, slight decrease in pine, slight increase in paper birch.
1. Initial warm period.	Pine high, spruce and fir low, rising paper birch, some oak.	Pine high, spruce-fir low, low hemlock peak, rising paper birch, low oak.	Pine high, low spruce-fir and paper birch, low oak prominence.

The identification of tundra vegetation from fossil pollen assemblages is an interesting, important and difficult problem. A part of this difficulty arises from the fact that tundra is not a uniform, tree-less expanse of vegetation, but varies in composition from area to area and hence, there is no single and simple definition for it. The only apparent solution to this problem is an extensive study of pollen and spore assemblages in surface samples, in relation to both local and regional vegetation. This investigation should be supported, furthermore, by a study of atmospheric pollen.

J. C. RITCHIE (*Dalhousie University*) has initiated such a project in west-central Canada and the usefulness of this approach is clearly indicated by the results obtained to date. It should be realized, however, that this program on a Canada-wide basis is a long-term study and should not be planned or attempted as a crash project carried on during one or a few field seasons. Palynologists in Quebec could make a significant contribution to this program. It may be interesting to note here that such a regional project was started in Quebec in the early 1950-s by COURTEMANCHE and POTZGER, but was not completed because of the untimely death of POTZGER.

GRAYSON (1956) made palynological studies at four localities (Site no. 1 was 335 km and Site no. 2 was 585 km north of Seven Islands; Site no. 3 was 45 km north of Knob Lake, and Site no. 4 100 km south of Fort Chimo) in Quebec and investigated postglacial history of vegetation and climate. He obtained radiocarbon dates for basal organic deposits at site (1) 5250 ± 800 years, site (3) 5300 ± 800 years, and site (4) 6400 ± 800 years.

On the basis of his studies GRAYSON concluded that « *palynological evidence indicates three regional periods. Tundra vegetation dominated during the first period. A Betula-Alnus association succeeded the tundra and was dominant during the second period. The boreal woodland succeeded the Betula-Alnus association and has been dominant for the past 4000 to 5000 years.* »

GRAYSON felt that his studies substantiated, « *only a continued warming trend, with pulsations, from the time of deglaciation of this region to the present.* » His studies indicated, « *a warm period which reached its maximum about 3500 years ago.* »

TABLE II
 POLLEN ZONES AS PROPOSED BY IGNATIUS (1956)
 FOR THE MISTASSINI-CHIBOUGAMAU REGION

Pollen zones	C-14 age	Chibougamau area	Mistassini area
3 b		<i>Picea</i> (spruce) declines slightly. <i>Pinus banksiana</i> rises; <i>Alnus</i> (alder) and NAP increase.	<i>Picea</i> declines slightly. <i>Pinus banksiana</i> (jackpine) rises; <i>Alnus</i> and NAP increase.
3 a		<i>Picea</i> rises; <i>Pinus strobus</i> disappears.	<i>Picea</i> maximum NAP and spores decrease.
2 c		<i>Betula</i> (birch) maximum. <i>Pinus strobus</i> maximum; <i>Picea</i> falls.	<i>Betula</i> maximum (bimodal). Trace of <i>Tsuga</i> (hemlock).
2 b		<i>Tsuga</i> consistently present (1-2%), <i>Picea</i> and <i>Pinus</i> relatively high; <i>Pinus strobus</i> appears; <i>Betula</i> high.	<i>Picea</i> fairly high, ca. 50%;
2 a	6730 ± 200 (Y—222) 6960 ± 90 (Y—223)	<i>Picea</i> rises, <i>Betula</i> increases and declines slightly; NAP decreasing.	<i>Pinus</i> well represented.
1		NAP and spores high; <i>Alnus crispa</i> and <i>Salix</i> maximum, <i>Pinus (banksiana)</i> relatively high.	<i>Alnus crispa</i> dominating; NAP and spores relatively high; <i>Pinus</i> present.
DEGLACIATION			

In 1952 N. R. GADD, of the Geological Survey of Canada, discovered buried plant-bearing beds near St. Pierre in the central part of the St. Lawrence lowland while mapping surficial geology. In the following years additional discoveries of the St. Pierre beds were made at a number of localities by GADD and members of his field party. Palynological studies made of the St. Pierre beds by the writer (TERASMAE, 1958) indicated that this non-glacial interval was characterized by boreal vegetation and a climate cooler than the present (fig.).

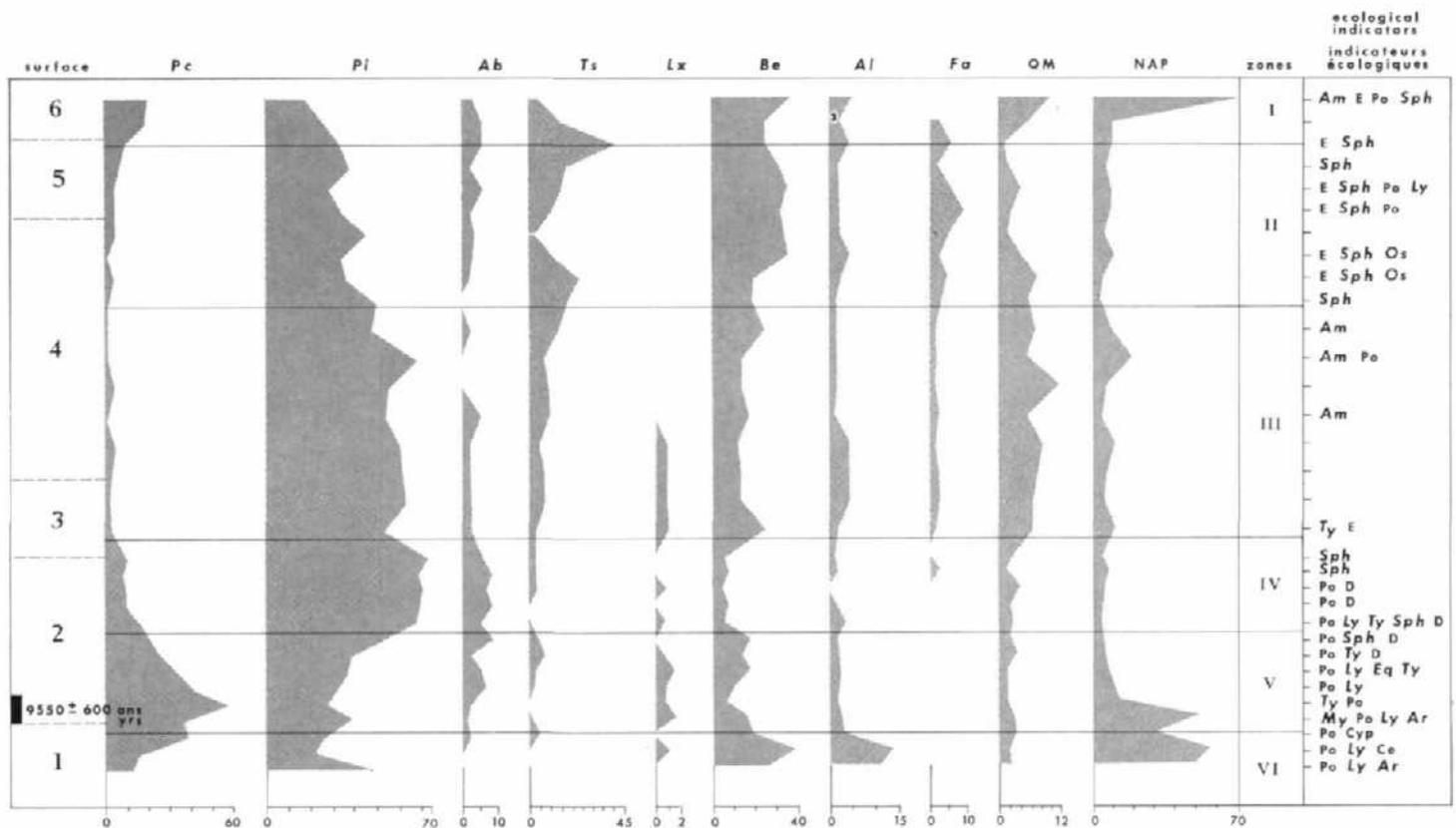
At the same time the post-Champlain Sea organic sediments were studied by the writer (TERASMAE, 1960) in support of geological investigations, and the oldest radiocarbon date obtained for the basal organic deposits was about 9500 years B.P. (before present). A pollen-stratigraphic sequence obtained was similar to that worked out by POTZGER.

Near Pierreville GADD discovered some lacustrine sediments beneath the marine deposits of the Cham-

plain Sea. Palynological studies of these lacustrine sediments indicated a late-glacial age for the silty clay and sand (TERASMAE, 1960). This discovery also suggested that palynological records spanning the Champlain Sea episode and including the late-glacial interval could be found in the St. Lawrence lowland at sites such as small lakes on the top of the Monteregian Hills. However, the lack of proper sampling equipment prevented exploration and confirmation of this hypothesis at that time.

J. BROWN MacPHERSON made palynological studies in the St. Lawrence lowland in support of her geographical studies in the 1960-s concerning the raised marine shorelines and drainage evolution. The palynological studies proved useful in the correlation and relative dating of these features, and also helped in establishing the rates of postglacial differential uplift in the region studied.

In the mid 1960-s GADD continued his mapping of surficial deposits in the Chaudière valley region and



Percentage of total tree pollen (total AP = 100%), St. Germain bog, near Drummondville. C-14 date: L 441-C. (From J. TERASMAE, *Contributions to Canadian Palynology No. 2*; Geol. Surv. Can., Bull. 56, 1960, fig. 2.)

Pourcentage des pollens arboréens de la tourbière de St-Germain, près de Drummondville, établi pour les seules espèces AP (100%). Datation par le C-14 (L 441-C).

LIST OF ABBREVIATIONS, ABRÉVIATIONS EMPLOYÉES

- AP ARBOREAL POLLEN, *POLLEN ARBORÉEN*
 Ab *Abies* (fir; sapin)
 Al *Alnus* (alder; aulne)
 Be *Betula* (birch; bouleau)
 Fa *Fagus* (beech; hêtre)
 Lx *Larix* (tamarack; mélèze)
 Pc *Picea* (spruce; épinette)
 Pi *Pinus* (pine; pin)
 QM *Quercetum mixtum* (includes temperate deciduous trees; comprend les déçidus tempérés)
 Ts *Tsuga* (hemlock; pruche)

NAP NON-ARBOREAL POLLEN, *POLLEN NON-ARBORÉEN*

- Am *Ambrosia* type (ragweed, herbe à poux)
 Ar *Artemisia* type (wormwood, armoise)
 Ce Chenopodiaceae (goosefoot family; famille des ansérines)
 Cyp Cyperaceae (sedge family; famille des laïches)
 E Ericaceae (heath family; famille des « bruyères »)
 My *Myrica* (sweet gale, bois-sent-bon)
 Ty *Typha* (cat-tail flag, quenouille)

SPORES

- Eq *Equisetum* (horsetail, prêlé)
 Ly *Lycopodium* (club-moss, courant vert)
 Os *Osmunda* (flowering fern, fougère royale)
 Po Polypodiaceae (fern family, famille des fougères)
 Sph *Sphagnum* (sphagnum, sphaigne)

MISCELLANEOUS, *DIVERS*

- D Diatoms, diatomées

B.C. McDONALD carried on a similar project in the Sherbrooke area. Supporting palynological studies were made by the writer in both areas. This time adequate sampling equipment made it possible to obtain sediment cores from lakes, related to geological features. In both areas sediments of late-glacial age were discovered (dated at about 11000 and 12500 years B.P.). A report on these palynological studies is in preparation. In the Sherbrooke area McDONALD discovered buried plant bearing beds at several sites and in different stratigraphic units. Studies of these beds are in progress; some of the beds appear to be of St. Pierre age.

The writer assisted Pierre LASALLE in 1964 in obtaining lake sediment cores from depositional basins on the Beloeil Mountain. Palynological records extending to the late-glacial episode were discovered at two sites studied (LASALLE, 1966; TERASMAE and LASALLE, 1968).

The above studies have extended the previous palynological record in the St. Lawrence lowland by 2000 to 3000 years and have confirmed the earlier postulated presence of late-glacial pollen bearing deposits in the lowland region.

THE PRESENT STATE OF KNOWLEDGE

One might summarize all the following discussion in one word: insufficient. Although a good deal of progress has been made in palynological research in Quebec in the past 20 years, we have not in effect reached past the preliminary stage of reconnaissance. At best we have established a palyno-stratigraphic framework for the St. Lawrence valley and lowland, and we know something about pollen chronology f. ex. in the Chibougamau, Labrador, Schefferville and Fort Chimo areas. This is the more cheerful side of the current situation.

The very interesting and important region of Gaspé is almost unknown from the palynological point of view. We have no palynological studies made on the islands in the Gulf of St. Lawrence, except a recent study on Prince Edward Island by ANDERSON (1967). The large arctic, subarctic and boreal forest regions of Quebec remain to be studied. The postulated glacial refugia along the Labrador coast have remained untouched by palynological investigations to date. Surface sample coverage for most of Quebec and a study of modern pollen deposition is certainly insufficient or entirely lacking.

I am painting this picture in dismal colour shades of gray and muddy brown on purpose because I feel that although we have made some significant progress in palynological studies in Quebec recently, we should not feel satisfied with the present state of knowledge and every effort should be made to improve the situation.

A MATTER OF NEEDS AND PRIORITIES

An assessment of our present palynological knowledge in Quebec clearly points out the needs for further studies. One of these needs is surely the training of more students capable of undertaking the required investigations. In this regard we are again faced with a long-term project because the training of a competent palynologist requires long years of study and a good deal of practical experience. To have 10 or 20 palynologists working in Quebec would not be an unrealistic proposition. However, at the moment we do not have that many Quaternary palynologists working in the whole of Canada.

In view of these circumstances it becomes rather important to list the needs for palynological research and rate them in order of priorities. At the same time the priorities must be also assessed in terms of available support. Commonly there is more financial aid

granted to studies in applied palynology in the fields of paleoecology, geochronology, history of vegetation and paleoclimatology; whereas funds may be difficult to obtain for making up reference collections of modern pollen, studies of modern pollen morphology and atmospheric pollen dispersal and deposition in the different sedimentary environments. This in spite of the fact that the latter studies form a necessary foundation for investigations of fossil pollen assemblages and all applied palynology.

The writer would suggest the following listing of needs in Quaternary palynological research in Quebec, according to their relative priorities. 1, In the field of basic palynology :

- a) Morphological studies of modern pollen are urgently needed in aid of identification of fossil pollen types.
- b) Useful and necessary reference collections could result from these morphological studies if several slides are made of each preparation and exchanged between different laboratories.
- c) Studies of surface samples and modern pollen deposition (including preservation, redeposition, etc.) should be made on a regional basis and related to all major phytogeographic units.
- d) Studies of atmospheric pollen should be undertaken also on a regional basis and carried for several successive years at each collecting station.
- e) Modern data processing methods should be applied to records obtained from studies of surface samples and atmospheric pollen.

It will take at least an estimated 10 to 20 years to accumulate the necessary basic palynological knowledge as outlined above, assuming that palynological centres can be established at all major universities in Quebec and the required financial support will be available.

Admittedly this is an optimistic projection and a much longer time may be required to achieve the objectives in basic palynology. However, the research effort in basic palynology is essential for a full utilization of the palynological potential in the applied field, 2:

- a) Standard palyno-stratigraphic sequences should be established on a regional basis, related both to geological features and events and to different modern vegetation and climatic regions.
- b) These palyno-stratigraphic sequences should have sufficient radiocarbon control which would improve considerably the use of palynological records in stratigraphic correlation and chronology.

c) The palynological knowledge gained from studies of postglacial deposits should be utilized fully in support of investigations concerned with paleoclimatology, paleoecology, history of vegetation, forest and certain types of land use management, hydrology (climatic cycles and trends) and other studies dealing with environmental changes (f. ex. the post-settlement eutrophication and pollution in our lakes).

d) The buried interstadial and interglacial pollen bearing deposits need a great deal more of detailed study to define these stratigraphic units in terms of palynological characteristics. Evidence on hand from other areas and countries has clearly indicated that this is possible.

e) New uses of palynological studies (f. ex. the movement of air masses) should be explored and developed.

Several of the above objectives can be pursued at the same time and it is evident that many years of palynological research are required to achieve any one of these objectives. It is necessary to emphasize that we are opening up a new field of scientific endeavour and a good deal of *prospecting* is required before the *claims* can be staked with satisfactory precision. Only after exploration and development of the *claims* can one begin to estimate the full potential of the discovery.

Results obtained by the *prospecting* so far give us every reason to be optimistic about the future development of the *claims* staked and justify the necessary expenditures and research effort to bring the potential *mine* into full production.

REFERENCES

- ANDERSON, T.W. (1967): *Three Radiocarbon Dated Pollen Profiles of Late- and Postglacial Sediments from Prince Edward Island, Canada*; M.Sc. Thesis, Univ. of Waterloo, 104 pp.
- ANREP, A. von (1914): *Investigation of the Peat Bogs and Peat Industry of Canada 1911-12*; Can. Dept. Mines, Mines Branch, Bull. 9.
- AUER, V. (1927): *Stratigraphical and Morphological Investigations of Peat Bogs of Southeastern Canada*; Comm. Inst. Quaest. Forest, Finlandiae, vol. 12, pp. 1-62.
- (1930): *Peat Bogs in Southeastern Canada*; Geol. Surv. Can., Summ. Rept. 1927, pt. C, pp. 96-111.
- BARTLEY, D.D. (1967): *Pollen Analysis of Surface Samples of Vegetation from Arctic Quebec*; Pollen et Spores, vol. 9, no. 1, pp. 101-105.
- BROWN MacPHERSON, J. (1966): *The Post-Champlain Evolution of the Drainage Pattern of the Montreal Lowland*; Unpubl. Ph.D. Thesis, Dept. Geography, McGill Univ., Montréal.
- (1967): *Raised Shorelines and Drainage Evolution in the Montreal Lowland*; Cah. Géogr. Qué., vol. 11, no. 23, pp. 343-360.
- ERDTMAN, G. (1931): *Worpswede-Wabamun; Ein pollenstatistisches Menetekel*; Abh. Nat. Ver. Bremen, vol. 28 (Sonderheft), pp. 11-17.
- GRAYSON, J.F. (1956): *Post-Glacial History of Vegetation and Climate in the Labrador-Quebec Region as Determined by Palynology*; Unpubl. Ph.D. Thesis, Univ. of Michigan.
- IGNATIUS, H.G. (1956): *Late-Wisconsin Stratigraphy in North-central Quebec and Ontario, Canada*; Unpubl. Ph.D. Thesis, Yale University.
- LASALLE, P. (1966): *Late Quaternary Vegetation and Glacial History in the St. Lawrence Lowlands, Canada*; Leidse geol. mededel., vol. 38, pp. 91-128.
- NYSTRÖM, E. and ANREP, A. von (1909): *Investigation of Peat Bogs and Peat Fuel Industry of Canada, 1908*; Can. Dept. Mines, Mines Branch, Bull. 1.
- POTZGER, J.E. (1953): *Nineteen Bogs from Southern Quebec*; Can. J. Bot., vol. 31, pp. 383-401.
- and COURTEMANCHE, A., SYLVIO, Br. M. and HUEBER, F.M. (1956): *Pollen from Moss Polsters on the Mat of Lac Shaw Bog, Quebec, Correlated with a Forest Survey*; Butler Univ. Bot. Studies, vol. 13, no. 1, pp. 24-35.
- and COURTEMANCHE, A. (1954): *Bog and Lake Studies on the Laurentian Shield in Mont Tremblant Park, Quebec*; Can. J. Bot., vol. 32, pp. 549-560.
- and COURTEMANCHE, A. (1956): *Pollen Study in the Gatineau Valley, Quebec*; Butler Univ. Bot. Studies, vol. 13, no. 1, pp. 12-23.
- and COURTEMANCHE, A. (1956 a): *A Series of Bogs Across Quebec from the St. Lawrence Valley to James Bay*; Can. J. Bot., vol. 34, pp. 131-142.
- TERASMAE, J. (1957): *Paleobotanical Studies of Canadian Pleistocene Nonglacial Deposits*; Science, vol. 126, pp. 351-352.
- (1958): *Contributions to Canadian Palynology, Parts I-III; Part II, Non-Glacial Deposits in the St. Lawrence Lowlands, Quebec*; Geol. Surv. Can., Bull. 46.
- (1959): *Notes on the Champlain Sea Episode in the St. Lawrence Lowlands, Canada*; Science, vol. 130, pp. 334-336.
- (1960): *Contributions to Canadian Palynology No. 2, Parts I-II; Part I, A Palynological Study of Postglacial Deposits in the St. Lawrence Lowlands*; Geol. Surv. Can., Bull. 56.
- (1967): *A Review of Quaternary Palaeobotany and Palynology in Canada*; Geol. Surv. Can., Paper 67-13.
- and MOTT, R.J. (1965): *Modern Pollen Deposition in the Nichicun Lake Area, Quebec*; Can. J. Bot., vol. 43, pp. 393-404.
- and LASALLE, P. (1968): *Notes on Late-Glacial Palynology and Geochronology at St. Hilaire, Quebec*; Can. J. Earth Sci., vol. 5, no. 2, pp. 249-257.
- WENNER, C.-G. (1947): *Pollen Diagrams from Labrador*; Geogr. Ann., vol. 29, pp. 137-374.

L'ANALYSE POLLINIQUE AU QUÉBEC

Mise au point et tendances actuelles

Pierre RICHARD, ing. f., stagiaire au laboratoire de palynologie de la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier, France *

RÉSUMÉ Le pourcentage de représentation de chaque espèce végétale par son pollen, à une certaine strate d'un dépôt, est le spectre pollinique; l'expression graphique verticale de tous les spectres constitue le diagramme pollinique. Mais l'interprétation de ces données est fonction de connaissances précises sur le comportement des végétaux et des éléments du milieu. L'auteur passe ensuite en revue les travaux d'analyses polliniques effectués au Québec, qui ont débuté avec AUER en 1930, et se sont poursuivis avec BOWMAN, RADFORTH, WENNER, et surtout POTZGER (efficacement aidé par COURTEMANCHE) dont le nom demeurera intimement lié aux premières études polliniques couvrant presque tout le territoire québécois. Virent ensuite IGNATIUS, GRAYSON, LEGAULT, LASALLE et surtout TERASMAE dont les fructueuses études se poursuivent à l'échelle de tout le Canada. L'article évalue l'ensemble de tous ces travaux à la lumière des récentes connaissances sur le sujet, tant en ce qui a trait aux techniques qu'à l'interprétation. L'identification spécifique des grains de pollen demeure le moyen le plus efficace d'obtenir des indications paléo-biogéographiques détaillées. L'auteur propose une méthode simple de l'interprétation basée sur l'utilisation des données de l'analyse de la pluie sporo-pollinique sub-actuelle par unités de végétation.

ABSTRACT *Palynology in Quebec: Observations on its Development and Present Trends.* Pollen spectra are percentage counts of different plant pollen within a given stratum of a deposit. A vertical graphic representation of all the spectra of a deposit constitutes a pollen diagram. Nevertheless these data must be interpreted in connexion with precise knowledge of plant behaviour and conditions of environment. The author reviews the publications dealing with pollen analyses in Quebec. Palynological works were initiated in Quebec by AUER in 1930 and they have been carried on by BOWMAN, RADFORTH, WENNER and especially by POTZGER (assisted by COURTEMANCHE) whose name is closely connected to the first palynological studies covering almost all Quebec. More recently new works have come on such as those by IGNATIUS, GRAYSON, LEGAULT and especially TERASMAE whose profitable studies are progressing all over Canada. The article assesses the mass of these studies from the point of view of new notions in palynology as well as of new techniques and methods of interpretation. Careful identification of pollen is still the best mean of getting detailed palaeobiogeographical data and information. The author presents an interpretation methodology based on an analytical use of sub-present time pollinic rain data by vegetation unit.

ZUSAMMENFASSUNG *Stand und Tendenz der Pollenanalyse im Quebec.* Die Deutung der Pollenspektren und Pollendiagramme hängt von der genauen Kenntnisnahme des Verhaltens der Pflanzen und der Bestandteile ihrer Umgebung ab. Der Verfasser untersucht hier alle Arbeiten, die sich mit den, im Quebec ausgeführten, Pollenanalysen beschäftigen. Die ersten Forschungen wurden von AUER unternommen und reichen in das Jahr 1930 zurück. Sie wurden weitergeführt durch BOWMAN, RADFORTH, WENNER und besonders POTZGER, der kräftig von COURTEMANCHE unterstützt wurde. Potzger hat die Vegetation des Postglazials in grossen Zügen, jedoch ohne ökologische Auswertung, beschrieben; er ging von einem geologischen Standpunkt aus. Dann kamen IGNATIUS, GRAYSON, LEGAULT und besonders TERASMAE, dessen fruchtbare Studien sich auf das ganze Kanada beziehen. Während diese Autoren sich ausschliesslich mit den Diagrammen des Postglazials beschäftigen, hat LASALLE, unter anderem, die ersten Beweise eines Spätglazials in der Gegend von Montreal gebracht. Der Artikel prüft alle diese Arbeiten im Licht neuer Errungenschaften, sei es auf dem Plan der Technik oder einer besseren Deutung. Der Verfasser schlägt eine Methode vor, die auf dem Vergleich des heutigen Blütenstaubes, je nach verschiedenen Vegetationseinheiten, mit den fossilen Spektren fusst.

* Adresse temporaire : 13, Cité Roucher, 34 Castelnau-le-Lez, France.

INTRODUCTION

L'analyse pollinique est une méthode d'investigation géologique et biologique, principalement paléobiogéographique. Elle s'appuie sur la dispersion du pollen et des spores pour la reproduction des végétaux et sur leur conservation dans des dépôts appropriés.

Lennart von POST, universellement considéré comme le fondateur de la méthode, la concevait ainsi : les niveaux successifs d'une série verticale d'un sédiment tourbeux ou lacustre sont reconnus, les différents grains de pollen en sont extraits, identifiés, comptés et enfin, exprimés en pourcentage du total pour chaque strate. Le pourcentage de représentation de chaque espèce par son pollen, à un niveau donné, constitue le *spectre pollinique*. L'ensemble des spectres d'une série verticale, traduit graphiquement, forme le *diagramme pollinique*. Ce diagramme couvre une certaine période des temps géologiques récents.

On trouvera dans DAVIS (1963), FAEGRI (1966), FAEGRI et IVERSEN (1950, 1964), FRIES et HAFSTEN (1965), LEMÉE (1955), MANTEN (1966), l'historique plus ou moins détaillé de la méthode de l'analyse pollinique. CAIN (1939), ERDTMAN (1943), FAEGRI et IVERSEN (1950, 1964), MULLENDERS (1957), PONS (1958), VAN CAMPO (1954) et WODEHOUSE (1935) exposent globalement la méthode, ses techniques et les facteurs en cause dans l'interprétation des résultats.

LA MÉTHODE DE L'ANALYSE POLLINIQUE

L'analyse pollinique comporte deux phases : une première phase technique suivie d'une phase d'interprétation.

On distingue deux étapes au sein des techniques, soit le terrain et le laboratoire. *L'étape de terrain* inclut le choix du site à échantillonner et l'échantillonnage proprement dit. *L'étape de laboratoire* comprend le traitement des échantillons, leur montage, l'identification et le comptage des grains de pollen et des spores pour aboutir finalement à la construction du diagramme pollinique.

Le diagramme pollinique est la synthèse des résultats acquis par l'application des techniques de terrain et de laboratoire ; c'est sur lui que porte l'interprétation. Il est donc primordial qu'au cours des diverses manipulations, la population de grains de pollen et de spores reste représentative de l'horizon échantillonné, et qu'elle livre un spectre représentatif.

L'interprétation du diagramme ou des spectres pour chaque niveau doit se faire en tenant compte des divers processus biologiques en cause. Pour diverses

raisons, le pourcentage de représentation pollinique d'une espèce n'est pas nécessairement en relation directe avec son taux de représentation au sein du couvert végétal.

D'abord le mode de pollinisation d'une espèce, qui vient dès le départ influencer sa représentation pollinique, et l'interprétation que l'on doit faire de sa présence dans les spectres. Vient ensuite la phénologie de l'anthèse, mais surtout la productivité pollinique qui, principalement pour les espèces anémogames, est un facteur primordial dans la représentation pollinique. La capacité de transport par le vent est également extrêmement importante, car elle favorise certaines espèces au détriment des autres. Enfin, l'habilité à la fossilisation et à la conservation constitue un autre facteur essentiel.

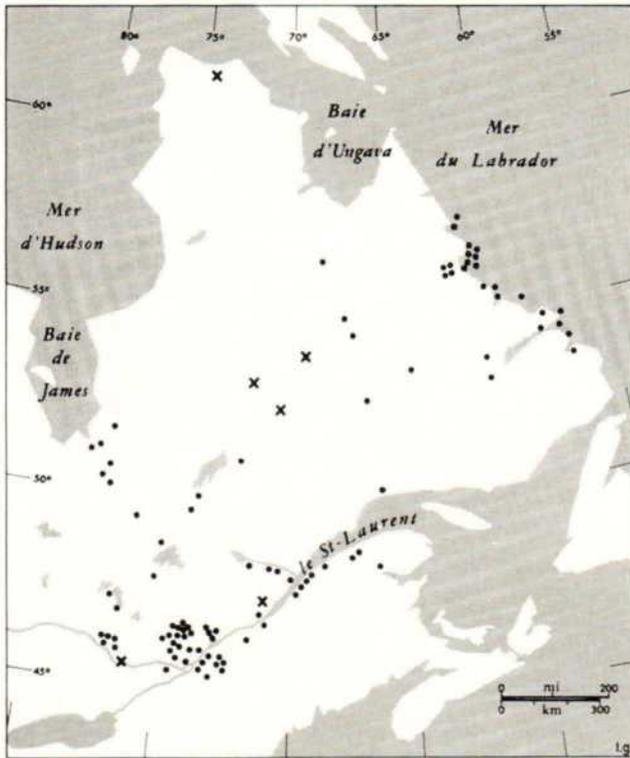
L'interprétation adéquate des spectres polliniques en terme de végétation, et des diagrammes en terme d'évolution de la végétation, se trouve donc compliquée par l'intervention de ces propriétés qui diffèrent d'intensité selon les espèces.

Une revue critique des travaux d'analyse pollinique effectués au Québec montrera comment les divers auteurs ont abordé les problèmes soulevés par la nature même de la méthode. Elle permettra de dégager, outre les résultats positifs, les secteurs où un approfondissement semble souhaitable, tant au point de vue des techniques que de la méthodologie de l'interprétation.

REVUE DES TRAVAUX D'ANALYSE POLLINIQUE EFFECTUÉS AU QUÉBEC

Les études palynologiques de sédiments ont débuté au Québec avec les travaux d'AUER (1930). Cet auteur faisait, en 1926, une étude extensive comprenant 34 tourbières situées entre la côte atlantique et la péninsule du Niagara, et dont 8 se rapportent au Québec. Il dégagait, à partir de considérations sédimentologiques appuyées d'analyses polliniques sommaires, les caractéristiques suivantes touchant l'évolution des tourbières étudiées : « Les tourbières du sud-est du Canada semblent indiquer que les strates initiales se sont formées pendant une période (relativement) chaude et sèche, suivie par une période humide qui, d'après la présence de feuillus, était aussi probablement chaude ; ensuite est venue une période chaude et sèche, suivie d'une dernière période humide et probablement froide puisque les décidus décroissent en quantité » (trad. libre).

L'auteur établit une corrélation de ces quatre périodes avec la chronologie européenne ; la période initiale chaude et sèche correspondrait au Boréal, la



Le Québec et la Côte du Labrador; lieux de l'établissement des profils polliniques (points) et des spectres polliniques récents (« x »).

Quebec and the Labrador Coast. Places of recently-made pollen profiles (dots) and pollen spectra (« x »).

suivante, humide et chaude, à l'Atlantique, la troisième, chaude et sèche, au Sub-Boréal, et la dernière, humide et plus froide, à la période Sub-Atlantique.

Dans ce travail, l'interprétation des diagrammes polliniques en terme de végétation est à peu près nulle. L'auteur se contente d'observer l'évolution des pourcentages de représentation des pollens des différents genres dans le profil. C'est ainsi que l'on peut retenir, d'après les analyses d'AUER, que la période initiale correspond à un maximum des pollens de *Picea* et d'*Abies*, ces deux espèces décroissant en représentation pollinique vers le sommet. La tourbe était alors généralement constituée de *Carex*. La seconde période voit la diminution du pollen de *Picea* pendant que la représentation pollinique d'arbres feuillus et aussi de *Tsuga* augmente considérablement. Les arbres décidus étaient très abondants à la troisième période, mais déclinent au profit des *Picea* durant la dernière période. La tourbe de sphaignes prédominait alors. Il remarque une richesse relativement grande de la flore

des tourbières et des mares à la période initiale, et soutient que c'est là un indice d'un climat général plus chaud que le climat actuel.

Cette évolution grossière sera généralement précisée par la suite, mais on peut remarquer dès maintenant qu'elle renseigne très peu sur la nature de la végétation régionale. Les analyses d'Auer, se résumant à l'identification d'une douzaine de genres sur des échantillons d'intervalle de 25 cm environ, ne pouvaient livrer beaucoup plus de données. Elles n'étaient d'ailleurs, comme l'indique l'auteur lui-même, que des études préliminaires destinées à orienter des recherches évidemment plus poussées.

En 1931, BOWMAN publiait les résultats de l'analyse pollinique d'une tourbière, aux environs du Mata-mek, près de Sept-Îles. Il évaluait à environ 2 500 ans avant aujourd'hui, l'âge maximum de la tourbière dont l'histoire postglaciaire fut dégagée comme suit : la station apparaît comme ayant porté initialement un marais à *Carex* dont les forêts environnantes, composées principalement de bouleaux et d'épinettes, étaient assez ouvertes; elle aurait ensuite évolué vers une forêt fermée d'épinettes noires à sphaignes. L'auteur a fait ici la première analyse fine au Québec, comptant un grand nombre d'espèces de pollen et de spores provenant d'un échantillonnage serré du profil. Les résultats ont été exprimés par un diagramme total qui a l'avantage de livrer toute l'information obtenue à l'analyse.

Il faut attendre près de quinze ans pour voir apparaître d'autres analyses polliniques portant sur le Québec. En 1945, RADFORTH publie les résultats de l'analyse d'un lit tourbeux découvert à l'embouchure du Shipshaw. L'analyse, bien que sommaire et exécutée sur du matériel en vrac, et après un traitement chimique très violent, laisse supposer que le sédiment a été déposé pendant une période moins humide et un peu plus chaude qu'actuellement. La tourbe étant recouverte d'un sédiment sableux, la possibilité d'un âge interglaciaire Sangamon ou Yarmouth est avancée par l'auteur. Malgré l'intérêt qu'aurait dû susciter une telle découverte, aucun résultat supplémentaire n'est venu préciser la question. Les connaissances actuelles en géologie glaciaire de la région ne semblent toutefois pas appuyer l'hypothèse d'un âge interglaciaire pour ce dépôt. Une analyse pollinique détaillée, alliée à des datations au radiocarbone, pourrait préciser la question.

L'année 1947 a vu l'apparition d'un travail énorme de WENNER sur près de 80 profils de la côte labradorienne. L'auteur y fait une revue de la géographie de la région (physiographie, géologie quaternaire,

courant du Labrador, climat, végétation, dépôts tourbeux), ainsi que des types de pollen et de spores. Il présente un exposé critique de la méthode de l'analyse pollinique et propose des modalités d'application. Il utilise de nombreux spectres récents pour les comparer aux spectres fossiles. Les résultats d'analyse des échantillons récoltés en 1939 lui permettent de dégager les faits suivants (p. 169-170) :

1) L'inlandsis du Pléistocène a disparu de la Côte du Labrador aux environs du Fini-Glaciaire(?), fondant plus tard à l'intérieur des terres. La région n'a pas dû être libérée des glaces avant le Boréal supérieur, ou l'Atlantique inférieur, c'est-à-dire à l'époque où la glace disparaissait du nord de la Suède.

2) Après la fonte des glaces, il y eut une forêt subarctique à bouleaux et aulnes précédant l'immigration des conifères. La forêt coniférienne a atteint sa plus grande expansion au Sub-Boréal, qui peut être considéré comme la période postglaciaire chaude du Labrador terre-neuvien. Au Sub-Atlantique, il y eut une forte extension des marais et tourbières.

3) Au moins dans la dernière partie du Post-Glaciaire, les variations climatiques semblent avoir possédé les mêmes caractères que ceux de la Scandinavie, en se basant sur la récurrence des horizons humifiés (*heat layers*); les variations du niveau marin furent apparemment analogues.

L'Optimum postglaciaire aurait été enregistré, dans cette région, par une augmentation de la densité des forêts conifériennes ouvertes (épinettes et sapins), et par une pénétration légère de la zone à bouleaux et aulnes dans le domaine de la toundra. En même temps, une couche humifiée apparaît dans les sédiments tourbeux; l'auteur l'apparente au niveau 7 de BOWMAN. Il retrouve ainsi 5 couches (dont 4 mineures) qui se comparent bien aux variations locales des courbes de *Picea*, *Abies* et *Sphagnum* notées par BOWMAN dont il cite d'ailleurs souvent le travail. Cet optimum climatique postglaciaire est suivi, dans les diagrammes, par une inversion de la plupart des courbes.

Cette étude est la première qui soit aussi complète, et qui tire le maximum des possibilités de la méthode d'analyse pollinique.

En 1953 apparaissait le premier travail de celui dont le nom restera lié à l'analyse pollinique au Québec, John E. POTZGER. Il s'agit de l'étude pollinique de 19 tourbières situées au sud du Québec, dans les régions physiographiques de la péninsule gaspésienne, des basses-terres du Saint-Laurent et du sud du Bouclier laurentidien. L'auteur dégagait, à la lumière de son expérience nord-américaine et des connaissances

d'alors en géologie glaciaire, les traits suivants de l'histoire de la végétation et du climat :

« La submergence des basses-terres du Saint-Laurent par la mer de Champlain, après la déglaciation de cette zone, a forcé la végétation envahissante à piétiner sur place pendant qu'au sud le climat continuait à se réchauffer; il n'y eut donc pas de stade à toundra; de plus, la zone initiale à sapins et épinettes, qui caractérise les horizons initiaux plus au sud, était absente au Québec. Le climat était alors assez chaud, et la déglaciation au Québec commença donc par une période initiale chaude (Q-1).

Le climat se détériora pour faire place à une période froide et humide, contemporaine de glaciations locales extensives. La proportion des grains de pollen de sapin et d'épinette s'accrut au détriment de ceux du pin; c'est la période Q-2.

Vint ensuite une période chaude et sèche, interprétée comme étant l'Optimum climatique postglaciaire. Elle vit l'augmentation du pollen de pin aux dépens de ceux du sapin et de l'épinette, et l'apparition de nombreux genres de feuillus; c'est la période Q-3.

La période suivante (Q-4), chaude mais plus humide, montre un accroissement du pollen de la pruche et des feuillus; elle fut suivie d'une cinquième et dernière période (Q-5), plus froide et plus humide encore, caractérisée par une augmentation des grains de pollen de sapin et d'épinette, ainsi que des grains de bouleau à papier et de bouleau jaune » (trad. libre).

Cette succession végétale et climatique fut enregistrée quelque peu différemment dans les trois régions physiographiques du sud du Québec.

Dans son interprétation, l'auteur tient principalement compte des variations polliniques verticales qu'il interprète ensuite en terme de climats. La végétation ne s'y trouve décrite que dans ses traits les plus généraux (notion de dominance), sans approche phytosociologique ou écologique, et encore moins quantitative. Par contre, il utilise des données de la géologie glaciaire pour expliquer la composition initiale (pollinique) de la végétation. Sa discussion sur la toundra est intéressante. Malgré sa volonté évidente d'utiliser les données actuelles de la phytosociologie pour en inférer les caractéristiques de la végétation fossile, l'auteur ne s'en tient qu'à des conclusions très générales. Du point de vue méthodologique, son travail souffre d'un manque de finesse concernant l'échantillonnage et les identifications.

En 1953, IGNATIUS présentait une communication au Symposium de palynologie tenu à l'Université Yale, sur ses travaux d'analyse pollinique de tourbières et

de sédiments lacustres du nord du Québec et de l'Ontario. Il y dégagait les traits suivants :

Lors d'une première phase, une toundra tardiglaciaire se caractérisait par un pourcentage de représentation pollinique élevé de l'aulne, et par la présence de pollen non arboréen; à la seconde phase, postglaciaire, il y avait : 1) une zone initiale à épinettes, aussi bien au Québec qu'en Ontario; 2) une zone à pins peu développée, remplacée par une abondance maximale de bouleaux au Québec, mais une abondance maximale de pins en Ontario; 3) enfin, une zone à épinettes au Québec, la réapparition des épinettes en Ontario, et un accroissement en bouleaux après une culmination en pins.

En 1954, faisant suite à ses travaux publiés en 1953, POTZGER, s'associant COURTEMANCHE, rendait publics les résultats d'analyses polliniques effectuées dans le Parc du mont Tremblant (sud du Bouclier laurentidien). Il retrouvait sensiblement les mêmes successions de végétation et de climat qu'il avait enregistrées auparavant. Quelques précisions locales étaient toutefois avancées :

- 1) Composition forestière arborescente initiale, à pin gris et bouleau à papier, avec une représentation mineure du sapin et de l'épinette, et apparition notable du chêne.
- 2) Caractère de zone de transition de cette région du Québec, l'auteur soutenant qu'il a dû en être ainsi durant la plus grande partie de l'histoire postglaciaire pour la pruche, le bouleau jaune, le hêtre et l'érable.
- 3) Le cas du bouleau blanc reste énigmatique, ses fluctuations n'étant associées à aucune autre espèce.
- 4) Absence de sapin et d'épinette comme végétation initiale, vu la déglaciation tardive suivie de glaciations locales sur les hauteurs de Morin (Laurentides mont-réales), dans les Chic-Chocs et dans le Parc des Laurentides, apparues au Xérothermique.

Les mêmes auteurs publiaient, la même année, les résultats d'une datation par le C_{14} d'un sédiment tourbeux provenant de la baie de James, au Québec. Cette datation fait remonter à $2\,350 \pm 200$ ans avant aujourd'hui le début de la mise en place de la matière organique, après le retrait de la mer de Tyrrell, dans un bassin lacustre aujourd'hui comblé. L'analyse pollinique montre que le climat n'a cessé de se refroidir et de s'humidifier, la végétation passant d'une mosaïque à dominance de pins (blancs) et de feuillus méridionaux, à un assemblage d'associations à épinettes et pins gris, la paludification s'accroissant sans cesse. Les auteurs soutiennent que la forêt a migré au nord

d'environ 550 km durant l'Optimum climatique (xérothermique).

Ils développent d'ailleurs cette thèse dans un autre article (1956), dans lequel ils dévoilent les résultats de l'analyse pollinique de 19 tourbières et lacs s'échelonnant entre la plaine du Saint-Laurent et la baie de James. Leur transect coupe trois importantes régions physiographiques : les basses-terres du Saint-Laurent, le Bouclier laurentidien et le lac glaciaire Barlow-Ojibouai, avec la moraine de Cochrane-Amos. Plusieurs renseignements viennent compléter le schéma des successions climatiques et de la végétation déjà établi par les auteurs pour le sud du Québec. Ce sont :

- 1) Jusqu'à la latitude du 47° degré, présence des cinq changements climatiques majeurs (Q-1 à Q-5) déjà reconnus pour le Québec.
- 2) La zone s'étendant de la plaine du Saint-Laurent jusqu'au-delà du 50° degré aurait subi l'influence de l'oscillation de Cochrane-Amos et des glaciations locales avant l'Optimum climatique.
- 3) Le pin gris dominait au moment de l'installation de la végétation, de Clova (48° 07') à Jack River (51° 59'); il fut remplacé par le pin rouge et le pin blanc à l'Optimum climatique, montrant ainsi une courbe pollinique bimodale. L'absence de zone à sapins et épinettes dans cette région fait débiter l'installation de la végétation à la fin du Q-2, ou au début de l'Optimum climatique (Q-3); les pins rouges et les pins blancs remontent vers le nord (550 km).
- 4) L'histoire forestière postglaciaire au mont Tremblant a débuté à l'Optimum climatique (maximum de pins), ce qui soutient l'hypothèse d'une glaciation locale.
- 5) L'installation de la végétation dans les basses-terres de la baie de James (jusqu'à 180 m) n'a pu se faire avant la retraite de la mer qui avait submergé la région après la déglaciation, datée à $2\,350 \pm 200$ ans BP.
- 6) La pruche a dû jouer un rôle assez important jusqu'à la latitude du lac Chat (46° 19').
- 7) La toundra initiale a été mise en évidence à certaines stations nordiques.

Les auteurs présentent dans cette publication un très bel exemple de corrélation des résultats d'analyse pollinique de différentes tourbières, entre elles, et avec les données de l'histoire géologique. C'est la première fois qu'ils publient les résultats de comptage des pollens non arboréens.

Ils présentent également un graphique montrant, en abscisse, les espèces, et en ordonnée, la latitude croissante, et où sont pointés les pourcentages de re-

représentation maximaux des espèces dans chacun des profils analysés. Ce graphique renseigne sur les distributions passées des espèces ainsi que sur leurs exigences climatiques liées à la latitude.

En 1957 était publié le dernier travail de l'équipe POTZGER-COURTEMANCHE, le premier auteur étant décédé subitement en 1955. Il s'agissait de 5 tourbières situées dans la vallée du Gatineau, à l'extrême ouest du Québec. L'analyse a révélé que cette vallée a dû être une voie de migration des espèces au Post-Glaciaire; c'est un fait important, car il permet de comprendre la remontée des pins méridionaux (*P. strobus*, *P. resinosa*) vers la baie de James. Dans ses grandes lignes, les successions climatiques sont, là aussi, semblables à celles (Q-1 à Q-5) enregistrées précédemment. La région diffère toutefois en ce que la dominance des pins a persisté jusqu'à récemment, avec bonne représentation du chêne.

L'association initiale, déduite directement des dominances polliniques, était constituée de pins gris, comme partout ailleurs, où l'assemblage à sapins et épinettes du nord des États-Unis est absent. Elle exerce actuellement, d'après les auteurs, une pression sur les associations de pins blancs et de pins rouges, dû au refroidissement récent.

Certains traits individualisent les profils de cette région : 1) la moindre abondance du sapin et de l'épinette; 2) le maximum plus faible de la pruche au Xérotisme par rapport à la région du mont Tremblant; 3) l'absence de diminution de la représentation pollinique du pin.

En 1957, GRAYSON présentait sa thèse qui portait sur l'histoire postglaciaire de la végétation et du climat dans la région du Québec-Labrador. Il y décrit avec assez de détail la végétation de la région; il résume lui-même ainsi le résultat de son étude :

1) « L'analyse pollinique met en évidence trois périodes régionales. Une végétation de toundra domine la première période. La forêt boréale ouverte a succédé à une association de bouleaux et d'aulnes, et a dominé durant les derniers 4 000 à 5 000 ans. Des successions locales périphériques se sont développées dans le même ordre apparent.

2) Pour ce qui est des variations climatiques, seul un réchauffement continu, avec pulsations depuis la déglaciation jusqu'à nos jours, a pu être mis en évidence.

3) La plus grande partie de la région était déglaciée il y a 8 000 ans, et pratiquement en totalité il y a environ 6 000 ans.

4) Apparition d'une période chaude, avec point culminant, il y a environ 3 500 ans. Il est douteux que le climat d'alors ait été plus chaud que le climat actuel.

5) On n'a pas trouvé d'évidence appuyant la théorie de l'Inversion finale (*Final Period Revertance*) » (trad. libre).

Le travail de cet auteur présente beaucoup de qualités : une analyse pollinique fine à beaucoup d'égards, une étude phytosociologique locale détaillée, une étude phytogéographique régionale poussée, une analyse des caractéristiques sédimentologiques de la tourbe, et l'utilisation des datations au radiocarbone. L'Optimum climatique, dont il discute la théorie, n'a pas été enregistré à la station la plus méridionale probablement parce qu'il était à l'intérieur des limites de variations de la formation végétale qui prévalait alors à cette station. L'auteur soutient que la migration des différents éléments de la flore a toujours pu se faire dans les zones successives bordant l'inlandsis, sans nécessité de recourir à l'existence de nunataks.

En 1958, COURTEMANCHE et LEGAULT présentaient au congrès annuel de l'A. C. F. A. S. les résultats préliminaires de l'analyse pollinique de 12 tourbières réparties entre Saint-Jovite et Fort-Chimo. Malheureusement, aucune publication n'a suivi cet exposé. Les mêmes auteurs présentaient également les résultats de datations au C_{14} ; ces données sont aussi devenues inédites.

La même année, LEGAULT présentait une thèse de maîtrise portant sur l'évolution végétale postglaciaire d'une terrasse au sud du mont Tremblant. Il y reconnaissait les mêmes successions que POTZGER, avec une présence plus marquée de la pruche aux périodes Q-4 et Q-5. Cette station aurait été dominée plus fortement par *P. strobus* à l'Optimum climatique, et dans un passé récent, que le reste de la région du mont Tremblant.

Il a bien voulu mettre à notre disposition des copies miméographiées de mises au point concernant l'analyse pollinique au Québec (jusqu'à 1958) et la stratigraphie postglaciaire dans l'est du Canada (1959); ce travail fut accompli durant sa scolarité d'étudiant gradué au Département de botanique de l'Université Yale (É.-U.).

Vers cette même époque est apparue une figure nouvelle et importante en analyse pollinique au Canada : c'est celle de TERASMAE. Quoiqu'il ait présenté sa thèse de doctorat à l'Université McMaster, en 1955, ce n'est qu'en 1958 que ses travaux ont été rendus publics dans une première *Contribution à la palynologie canadienne*. Seules les données portant plus ou moins directement sur le Québec seront offertes ici.

Sa formation de géologue le fait insister sur l'application stratigraphique de la méthode de l'analyse pollinique. Il développe ce sujet dans une première partie de sa publication. Il utilise des indicateurs écologiques prédéterminés, qu'il définit comme des espèces végétales ayant des exigences définies pour leur habitat, ou des limites géographiques ou stratigraphiques bien déterminées. Il prône l'établissement de diagrammes standards (tourbière de Saint-Germain).

La seconde partie de son travail touche des dépôts interglaciaires d'un âge supérieur à 40 000 ans (intervalle de Saint-Pierre), situés à Saint-Pierre-les-Becquets et les environs. Pour interpréter les résultats d'analyse pollinique de ces lits, il fait l'analyse de 15 tourbières postglaciaires. Ses études comparées le conduisent aux conclusions suivantes concernant l'Inter-Stadiaire de Saint-Pierre :

1) Le climat a dû être plus rigoureux que celui qui prévalut au Post-Glaciaire, puisqu'il n'y a pas trace de pruche et que les feuillus tempérés (chêne, hêtre, tilleul, charme, érable, orme, frêne, caryer) ne forment jamais plus de 5% du total des pollens.

2) L'Inter-Stadiaire de Saint-Pierre a dû être d'une durée de 6 000 à 7 000 ans; ce ne serait pas un Inter-Glaciaire.

3) L'Inter-Stadiaire de Saint-Pierre a été dominé par l'épinette; le pin était également commun. Les conditions climatiques s'approchaient de celles du tout début du Post-Glaciaire des basses-terres du Saint-Laurent.

La place de cet épisode dans la chronologie glaciaire est ensuite longuement discutée.

Dans une publication subséquente, TERASMAE (1959), s'appuyant sur des données d'analyses polliniques, suggérait que l'épisode de la mer de Champlain est en partie contemporain de l'interstade de Two Creeks de la glaciation du Wisconsin. Il proposait une chronologie nouvelle, réfutant les dates de 5 000 à 7 000 ans pour la durée de l'épisode champlainien, les remplaçant par 9 000 et 11 000 ans (environ).

En 1960, dans une nouvelle *Contribution à la palynologie canadienne*, TERASMAE publie 14 diagrammes qu'il avait déjà utilisés pour ses publications de 1958 et 1959.

Le profil de la tourbière de Saint-Germain a été choisi pour constituer un *diagramme standard*. L'auteur propose une nouvelle chronologie du Tardi-Glaciaire et du Post-Glaciaire, et estime à 9 500 l'âge probable de la déglaciation des basses-terres du Saint-Laurent.

TERASMAE publiait en 1963 une mise au point des problèmes de corrélation des zones polliniques dans le sud-est du Canada (Québec et Maritimes) et de la Nouvelle-Angleterre, à la lumière des récentes datations au C_{14} . Après une revue de la littérature, il arrive aux conclusions suivantes :

1) Il existe une bonne corrélation entre les diagrammes de DEEVEY pour le comté d'Aroostook, le Maine et ceux du Saint-Jean au sud de Grand Falls, au Nouveau-Brunswick; elle peut être étendue au nord-est, le long de la côte atlantique jusqu'à l'île du Cap Breton. Ces diagrammes montrent une oscillation (Two Creeks) d'âge Alleröd.

2) La région côtière a dû être libérée des glaces il y a un peu plus de 10 000 ans, pendant que les plateaux au nord étaient probablement toujours recouverts de glace, au moins en partie.

3) La mer de Champlain daterait de 10 000 à 12 000 ans BP; elle serait disparue il y a 9 000 ans.

4) L'auteur souligne le problème de la colonisation du Québec par la végétation, par-delà les monts Chic-Chocs.

5) La région côtière méridionale de la Nouvelle-Angleterre et de la Nouvelle-Écosse a dû être libre de glace au Pré-Valders; la déglaciation au Nouveau-Brunswick est survenue plus tard.

Quoiqu'il ne s'agisse pas de résultats d'analyse pollinique, nous ne pouvons manquer de noter la publication de datations au C_{14} par LASALLE (1965). Elles démontrent que la submersion marine dans la région Lac Saint-Jean (golfe de Laflamme) a dû s'effectuer il y a $8\,680 \pm 140$ ans, précédant la mer de Tyrrell au sud-ouest de la mer d'Hudson, et succédant à l'épisode de la mer de Champlain dans les basses-terres du Saint-Laurent. L'auteur soutient que la mise en place de la moraine d'Adrien-Robert est contemporaine de l'épisode champlainien, qui a dû persister au Saguenay plus longtemps que dans la plaine du Saint-Laurent.

L'année suivante (1966), LASALLE publiait sa thèse de doctorat qui porte sur la « végétation du Quaternaire supérieur et l'histoire glaciaire dans les basses-terres du Saint-Laurent ». Les faits suivants étaient mis en évidence :

1) La déglaciation des points les plus élevés des basses-terres du Saint-Laurent eut lieu il y a 12 000 ans BP.

2) L'épisode de la mer de Champlain s'étendrait de 11 400 ans à un peu moins de 9 500 ans BP.

3) Il y eut abaissement relatif du niveau de la mer au Champlainien, suivi d'un relèvement; cet événement semble être relié à la récurrence glaciaire de Saint-Narcisse (moraine d'Adrien-Robert), suivie d'un retrait (zone pollinique à Glaux).

4) L'analyse pollinique révèle que la séquence des zones polliniques de la Nouvelle-Angleterre peut être appliquée à celles des dépôts lacustres des basses terres du Saint-Laurent. À l'aide de datations par le C_{14} , le Dryas supérieur de l'Europe septentrionale de l'Ouest serait du même âge que la récurrence de Saint-Narcisse et la zone pollinique A-4 de DAVIS (p. 91).

Le but de l'étude est l'établissement d'une stratigraphie pollinique. L'auteur a porté beaucoup d'attention à la flore des diatomées. Il donne un bon aperçu des connaissances actuelles de l'histoire géologique postglaciaire, avec critique serrée des informations disponibles et comparaison avec la stratigraphie européenne. Il discute également la méthode de datation au C_{14} . Le profil de la tourbière Saint-Hilaire est le premier qui montre une séquence tardiglaciaire pour la plaine du Saint-Laurent. Il soutient que des feuillus thermophiles ont dû croître en nombre significatif dans la région de dispersion pollinique du mont Saint-Hilaire au Tardi-Glaciaire. Dans ses conclusions générales, il résume bien l'histoire géologique postglaciaire du Québec. L'interprétation en terme de végétation est toutefois assez pauvre; il suit assez fidèlement les variations polliniques.

BILAN DES RÉSULTATS ET TENDANCES ACTUELLES

On ne saurait tenter d'évaluer la somme des travaux d'analyse pollinique effectués au Québec sans déterminer au préalable l'angle sous lequel on veut bien regarder les choses. Il s'agira ici d'estimer dans quelle mesure les résultats acquis nous informent sur la composition floristique d'associations fossiles, et sur l'évolution ou le dynamisme à long terme de ces associations. L'objectif est une meilleure compréhension de la distribution actuelle des unités de végétation par une connaissance aussi précise que possible de leur histoire.

On n'aura pas manqué de remarquer que la plupart des auteurs expriment leurs résultats sous forme de remplacement de dominances polliniques génériques. Une stratigraphie pollinique exprimée en ces termes peut servir à des corrélations grossières, mais ne saurait livrer de renseignements précis d'ordre paléobiogéographique. L'application des données autécologiques pour la reconstruction des écosystèmes ne peut se concevoir que par une identification spécifique

des grains de pollen fossiles et il en va de même pour la reconstitution des associations ou la paléofloristique.

En ce qui concerne l'interprétation du diagramme pollinique, des progrès très sensibles ont été réalisés depuis vingt ans. Des recherches expérimentales concernant l'influence de la production pollinique, de la distance de transport, du dépôt et de la conservation des pollens, permettent de mieux évaluer la représentation pollinique des espèces. L'analyse de la composition du dépôt sporopollinique actuel dans des unités de végétation floristiquement et écologiquement définies a permis une interprétation plus précise des résultats pour des sites américains et européens.

Des recherches analogues, portant surtout sur le dépôt sporopollinique actuel, ont débuté au Québec (GRAYSON, 1953; POTZGER *et al.*, 1957; TERASMAE et MOTT, 1965; RICHARD, 1968). Elles sont susceptibles de livrer des renseignements éminemment utiles, vu l'état relativement naturel des unités de végétation. Les spectres de chaque niveau, ou groupes de niveaux, pourront être interprétés plus ou moins directement en terme de végétation, et l'intégration des spectres en donnera l'évolution.

Les années qui viennent verront sûrement l'enrichissement de nos connaissances sur l'histoire tardiglaciaire et postglaciaire de la végétation du Québec. De vastes régions restent encore inexplorées (cf. fig.) et les techniques modernes, incluant une utilisation intensive des datations au radiocarbone, alliées à une meilleure compréhension des mécanismes amenant les pollens à la fossilisation, restent à appliquer extensivement.

BIBLIOGRAPHIE

- AUER, V. (1930) : *Peat Bogs in Southeastern Canada*, Canada, Ministère des Mines.
- BÉLANGER, M. (1963) : *le Pollen de quelques essences forestières*, Québec, Université Laval, Faculté de foresterie et de géodésie, mémoire.
- BOWMAN, P. W. (1931) : « Study of a Peat Bog Near the Matamek River, Quebec, by the Method of Pollen Analysis », *Ecology*, vol. 12, p. 694-708.
- CAIN, S. A. (1939) : « Pollen Analysis As a Palaeoecological Research Method », *Bot. Rev.*, vol. 5, p. 627-654.
- COURTEMANCHE, A. et LEGAULT, A. (1958) : « Transect de tourbières à travers le centre du Québec; étude préliminaire des profils polliniques de douze tourbières réparties entre Saint-Jovite et Fort-Chimo », *Ann. de l'ACFAS*, 24 (13), sect. Botanique.
- (1958) : « Quelques déterminations au C_{14} concernant les débuts de l'histoire postglaciaire de la végétation dans le Québec », *Ann. de l'ACFAS*, 24 (14), sect. Botanique.

- DAVIS, M. B. (1963) : « On the Theory of Pollen Analysis », *Amer. Journ. Sc.*, n° 261, p. 897-912.
- ERDTMAN, G. (1943) : *An Introduction to Pollen Analysis*, Waltham (Mass.), Chronica Botanica.
- FAEGRI, K. (1966) : « Some Problems of Representativity in Pollen Analysis », *The Palaeobotanist*.
- et IVERSEN, J. (1950) : *Textbook of Modern Pollen Analysis*, Copenhagen, Ejnar Munksgaard.
- (1964) : *Textbook of Pollen Analysis*, Oxford, Blackwell Sc. Publ.
- FRIES, M. et HAFSTEN, U. (1965) : « Asbjörnsen's Peat Sampler; the Prototype of the Hiller Sampler », *Geol. För. Stockh. Fört.*, vol. 87, p. 307-313.
- GRAYSON, J. F. (1953) : « Studies of Pollen Representation II; Spectra from Moss Polsters in Relation to Forest Types in Eastern Quebec », *Bot. Not.*, 1954.
- (1957) : *The Postglacial History of Vegetation and Climate in the Labrador-Quebec Region as Determined by Palynology*, Ann Arbor, University of Michigan, Ph.D. Thesis.
- (1958) : *The Postglacial History of Vegetation and Climate in the Labrador-Quebec Region as Determined by Palynology*, U.S.A., Dissert Abstract, 18 (4), p. 1229.
- IGNATIUS, H. (1954) : « Lateglacial and Postglacial History in North-central Quebec-Ontario, Canada », *Grana Palynol.*, vol. 1, p. 99.
- (1956) : *Late-Wisconsin Stratigraphy in North-central Quebec and Ontario, Canada*, Yale University, Department of Geology, Ph.D. Thesis.
- LASALLE, P. (1965) : « Radiocarbon Date from the Lake Saint-John Area, Quebec », *Science*, vol. 149, p. 860-862.
- (1966) : *Late Quaternary Vegetation and Glacial History in the St. Lawrence Lowlands, Canada*, Leidse Geol., Medel., vol. 38, p. 91-128.
- LEGAULT, A. (1958) : *Évolution végétale postglaciaire sur la terrasse au sud du mont Tremblant*, Université de Montréal, Faculté des sciences, thèse de maîtrise.
- LEMÉE, G. (1955) : « L'évolution de la forêt française au cours du Quaternaire d'après les analyses polliniques », *Rev. for. fr.*, vol. 6, p. 442-460.
- MANTEN, A. A. (1966) : *Lennart von Post and the Foundation of Modern Palynology*, Congrès d'Utrecht, résumé.
- MULLENDERS, W. (1957) : « La palynologie », *Naturalistes belges*, 38 (2), p. 21-37.
- PONS, A. (1958) : *le Pollen*, Paris, Presses universitaires de France, « Que Sais-Je ? », n° 783.
- POTZGER, J. E. (1953) : *Nineteen Bogs from Southern Quebec*, Bull. Serv. Biogéogr., n° 9.
- et COURTEMANCHE, A. (1954) : « A Radiocarbon Date of Peat from James Bay in Quebec », *Science*, 119 (3104), p. 908.
- (1954) : *Bog and Lake Studies on the Laurentian Shield in Mont Tremblant Park, Quebec*, Bull. Serv. Biogéogr., n° 11.
- (1956) : *A Series of Bogs Across Quebec from the St. Lawrence Valley to James Bay*, Bull. Serv. Biogéogr., n° 15.
- (1957) : *Pollen Study in the Gatineau Valley, Quebec*, Bull. Serv. Biogéogr., n° 17.
- , SYLVIO, M. et HUEBER, F. M. (1957) : *Pollen from Moss Polsters on the Mat of Lac Shaw Bog, Quebec, Correlated with a Forest Survey*, Bull. Serv. Biogéogr., vol. 18, p. 24-35.
- RADFORTH, N. (1945) : « Report on the Spore and Pollen Constituents of a Peat Bed in the Shipshaw Area », *Trans. Roy. Soc. Can.*, 39 (5), p. 131-142.
- RICHARD, P. (1967) : *Quelques études polliniques dans la forêt de Montmorency*, Université Laval, Faculté de foresterie et de géodésie, mémoire de B.Sc.
- (1968) : « Un Spectre pollinique type de la sapinière à bouleau blanc pour la forêt de Montmorency », *Naturaliste canadien*, vol. 95, p. 565-576.
- TERASMAE, J. (1955) : *A Palynological Survey Relating to the Toronto Formation (Ontario) and the Pleistocene Deposits in the St. Lawrence Lowlands (Quebec)*, McMaster University (Hamilton), Ph. D. Thesis.
- (1958) : *Contributions to Canadian Palynology, No. 1*, Canada, Geol. Surv., bull. 46.
- (1959) : « Notes on the Champlain Sea Episode in the St. Lawrence Lowlands, Quebec », *Science*, vol. 130, p. 334-336.
- (1960) : *Contributions to Canadian Palynology, No. 2*, Canada, Geol. Surv., bull. 56.
- (1963) : « Problems of Pollen Zone Correlation in South-eastern Canada », *Grana Palynol.*, 4 (2), p. 313-318.
- et LASALLE, P. (1968) : « Notes on Late-glacial Palynology and Geochronology at St. Hilaire, Quebec », *Can. Journ. Earth Sc.*, 5 (2), p. 249-257.
- et MOTT, R. (1965) : « Modern Pollen Deposition in the Nichicun Lake Area, Quebec », *Can. Journ. Bot.*, vol. 43, p. 1355-1363.
- VAN CAMPO, M. (1954) : « Considérations générales sur les caractères des pollens et des spores et sur leur diagnose », *Bull. Soc. bot. France*, vol. 101, p. 250-281.
- VON POST, L. (1916, in 1967) : « Forest Tree Pollen in South Swedish Peat Bog Deposits », *Pollen et Spores*, 9 (3), p. 375-401.
- WENNER, C. G. (1947) : « Pollen Diagrams from Labrador », *Geogr. Ann.* (Stockholm), vol. 29, p. 137-374.
- WODEHOUSE, R. P. (1935) : *Pollen Grains*, New York, McGraw-Hill.