

RAPPORT ANNUEL

2002-2003

Centre Eau, Terre et Environnement
Institut national de la recherche scientifique

DEUXIÈME RAPPORT ANNUEL

Institut National de la Recherche Scientifique
Centre Eau, Terre et Environnement
2800, rue Einstein
Case postale 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Téléphone : (418) 654-2524
Télécopieur : (418) 654-2600
www.inrs-ete.quebec.ca

Décembre 2003

Le générique masculin est utilisé sans aucune discrimination et uniquement pour alléger le texte.

© INRS-ETE, 2003

TABLE DES MATIÈRES

1. RAPPORT DU DIRECTEUR	1
2. RESSOURCES HUMAINES	7
3. ENSEIGNEMENT	13
Maîtrises en sciences de l'eau	13
Maîtrises en sciences de la terre	15
Doctorat en sciences de l'eau	16
Doctorat en sciences de la terre	17
4. RECHERCHE	19
Aïcha ACHAB	19
Marc AMYOT	20
Jean-Christian AUCLAIR	22
Olivier BANTON	22
Jean BÉDARD	23
Christian BÉGIN	23
Mario BERGERON	24
Normand BERGERON	26
Monique BERNIER	28
Jean-François BLAIS	32
Bernard BOBÉE	37
Peter G.C. CAMPBELL	42
Daniel CLUIS	45
Louise CORRIVEAU	47
Benoît DUBÉ	48
Anne-Catherine FAVRE	48
Claude FORTIN	49
Jean-Pierre FORTIN	50
Charles GOBEIL	50
Yves GRATTON	52
Landis HARE	54
Yvon HÉROUX	55
Pierre LAFRANCE	56
Isabelle LAURION	57
Denis LAVOIE	58
Daniel LEBEL	59
Michel LECLERC	60
René LEFEBVRE	62
Bernard LONG	64
Alain MAILHOT	67
Michel MALO	68
Richard MARTEL	71
Guy MERCIER	72
Yves MICHAUD	74
Guy MORIN	75
Léopold NADEAU	75
Taha OUARDA	76
Michel PARENT	81
Didier PERRET	82
Marc RICHER-LAFLÈCHE	82
Alain N. ROUSSEAU	84
Jean-Louis SASSEVILLE	85
Martine M. SAVARD	86
André ST-HILAIRE	88
Yves SECRETAN	89

Normand TASSÉ	90
André TESSIER	91
Alain TREMBLAY	92
Rajeshwar D. TYAGI	93
Jean-Pierre VILLENEUVE	94
PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	97
Brevets	97
Articles publiés dans des revues scientifiques	97
Communications ou publications avec arbitrage	102
Communications ou publications sans arbitrage	109
Livres ou ouvrages collectifs	115
Rapports de recherche	116
Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	119
Mémoires de stage	120
Autres publications diverses	121
Publications et communications des professeurs associés de la CGC	121
Statistiques des publications et communications de l'INRS-ETE pour l'année 2002-2003 ..	128
6. SÉMINAIRES ET COLLOQUES	130
7. SERVICES	132
L'Administration	132
La Documentation	132
L'Informatique	133
Les Laboratoires	134
8. RAPPORT FINANCIER	136

1. RAPPORT DU DIRECTEUR

Faits saillants

L'année 2002-2003 s'est déroulée dans le contexte du parachèvement de la fusion des Centres Eau et Géoressources. Nous pouvons aujourd'hui considérer que l'intégration est complétée et que cette démarche est chose du passé. Je me permets ici de remercier tous les membres du Centre, pour la compréhension et le positivisme qu'ils ont démontrés tout au long de ce cheminement. Maintenant que nous formons un tout, il ne nous reste qu'à cimenter les liens qui se sont établis entre nous au cours de ces deux dernières années.

En même temps que nous franchissions cette étape, nous avons procédé à un recrutement important de professeurs. C'est à la fois le fait saillant et le fait marquant de cette année. En effet, au cours de cette période nous avons recruté huit professeurs dans les disciplines de recherche telles que prévues dans la programmation scientifique. J'estime que nous avons eu la main heureuse en sélectionnant nos nouveaux professeurs. Les choix ont été souvent difficiles en raison de la qualité des nombreuses candidatures que nous avons reçues pour combler ces postes. À tous ces nouveaux professeurs : Patrice Couture, Claude Fortin, Pierre Francus, Charles Gobeil, Isabelle Larocque, Isabelle Laurion, Guy Mercier, Claudio Paniconi et André St-Hilaire, je souhaite la plus belle des carrières au Centre Eau, Terre et Environnement (Centre ETE).

Soulignons qu'en cours d'année, différents **honneurs** ont été décernés à des membres du Centre, dont entre autres :

Bernard Bobée

Distinction, Chevalier de la Légion d'Honneur (France).

Yves Gratton

Prix du Conseil fédéral du Québec dans le cadre du Programme de reconnaissance pour contribution à l'excellence de la fonction publique du Canada.

Yvon Héroux

Prix Rayonnement scientifique/Mérite géoscientifique - Ressources, Ordre des géologues du Québec.

Michel Malo, Alain Tremblay

Prime au Mérite du Secteur des Sciences de la Terre du Ministère des Ressources Naturelles du Canada.

René Lefebvre, Richard Martel

Récipiendaires du prix du Chef de la Fonction publique du Canada.

Taha Ouarda

Récipiendaire de la Chaire du Canada, Chaire de recherche en estimation des variables hydrologiques.

Alain N. Rousseau

Prix BravEAUX (excellence en enseignement) de l'Association des étudiants en sciences de l'eau du Centre Eau, Terre et Environnement de l'INRS.

Jean-Pierre Villeneuve

Prix Adrien-Pouliot, ACFAS

Il faut souligner encore cette année l'impact très positif de la nouvelle formule de financement sur le bilan financier du Centre ETE. Nous avons terminé l'année avec un surplus d'opération de 1,3 M \$, ce qui est exceptionnel et qui s'explique en grande partie par le fait que la démarche pour remplir les postes de professeurs créés et non comblés n'était pas terminée.

En 2002-2003, les activités d'enseignement se sont poursuivies au même rythme que l'année dernière. Encore cette année, l'effort conjugué de tous les membres du Centre nous a permis d'atteindre nos objectifs de formation et de recherche. Tout a été mis en œuvre pour que le Centre continue d'être scientifiquement reconnu comme un pôle international en sciences de l'eau, de la terre et de l'environnement. Nous n'avons ménagé aucun effort pour que nos activités de recherche et les résultats qui en découlent contribuent à l'essor économique et social du Québec, tout en trouvant des applications aux niveaux national et international.

Sur le plan des activités scientifiques, de nouveaux projets importants ont débuté au

cours de l'année. Notons, entre autres, les suivants : *Développement d'un procédé d'enrichissement de la chromite et d'extraction des métaux du groupe du platine* (**M. Bergeron**); *Impact environnemental des sites d'entraînement sur les bases militaires de Shilo, Gagetown et Valcartier* (**R. Martel**); *Applications géomatiques adaptées pour l'exploitation des ressources et des risques* (**B. Long**); *Système d'évaluation et de gestion des risques d'inondation en milieu fluvial SEGRI* (**Y. Secretan**); et *Outils scientifiques pour la gestion et la préservation des ressources en eau souterraine de la municipalité de Lac-Beauport* (**R. Lefebvre**).

De façon générale, les activités de recherche, tant subventionnées que commanditées, se sont poursuivies en fonction des axes de recherche définis dans la programmation scientifique du Centre (Hydrologie, Biogéochimie, Géodynamique et Assainissement). Au total, plus de 300 projets de recherche étaient actifs cette année dont, entre autres, les suivants : *Développement d'une sonde et de méthodes pour le suivi en continu de la densité et de la teneur en eau liquide du couvert nival : SNOWPOWER* (**M. Bernier**); *Outils pour déterminer les apports permmissibles en métaux dans le milieu récepteur* (**P.G.C. Campbell**); *Risque et décision en hydrologie dans une perspective bayésienne* (**B. Bobée**); *Optimisation et validation environnementale du procédé METIX-AC pour la décontamination et la valorisation des boues d'épuration municipales* (**J.-F. Blais**); *Accumulation des métaux chez les invertébrés à partir des sédiments, de l'eau et de leur nourriture* (**L. Hare**); *Analyse fréquentielle locale et régionale et cartographie des crues au Québec* (**T.B.M.J. Ouarda**); *Geosalar : utilisation de la géomatique pour la caractérisation de l'habitat fluvial et la modélisation de la production de saumonnetaux en rivière (Rivière Sainte-Marguerite)* (**N. Bergeron**); *Modèles mathématiques appliqués* (**J.-P. Villeneuve**); *Mobilité géochimique des métaux dans les sédiments : influence de la diagenèse* (**A. Tessier**); et *Diversification de l'exploration minière (réseau DIVEX)* (**M. Malo**).

Au cours de l'année, ces activités de recherche se sont traduites par 86 publications avec comité de lecture, 187 communications, 34 rapports de recherche et 10 mémoires et

thèses (Figure 1).

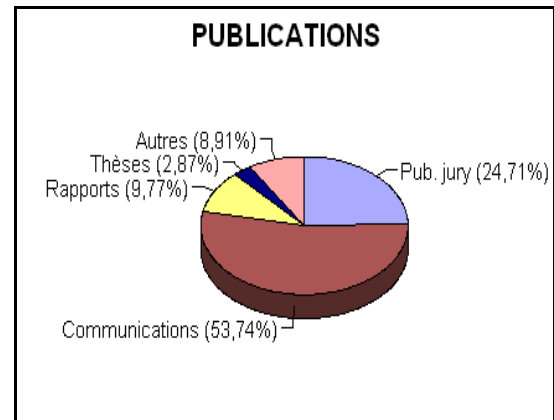


Figure 1

Pour réaliser ces activités, le Centre comptait sur 35 professeurs (plus 4 professeurs réguliers recrutés pendant l'année), 33 chercheurs, 23 techniciens de recherche, 13 employés de bureau, 150 étudiants, 49 stagiaires (10,5 stagiaires temps complet) et 9 chargés de cours (2 équivalents temps complet) (Figure 2). De plus, notons qu'il y avait 20 chercheurs associés et 43 professeurs invités collaborant aux activités du Centre.

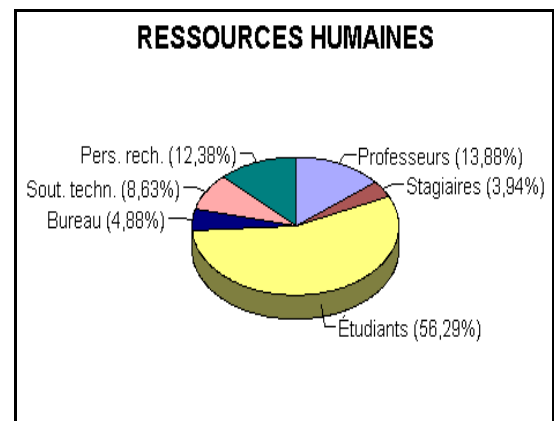


Figure 2

Les études avancées et l'encadrement des étudiants ont aussi constitué une partie importante des tâches réalisées au Centre. En effet, nous avons accueilli 12 stagiaires postdoctoraux, 67 étudiants au doctorat (43 en Sc. de l'Eau et 24 en Sc. de la Terre), 78 à la maîtrise de recherche (43 en Sc. de l'Eau et 35 en Sc. de la Terre) et 49 stagiaires de recherche. De ce nombre, 20 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise de recherche et 10 au doctorat. Le programme de maîtrise professionnelle a accueilli 5 étudiants.

Ce programme se veut, par son contenu, une ouverture pour ceux ayant déjà une expérience de travail. De plus, la flexibilité de l'horaire des cours qui y sont donnés nous permet de les offrir en formation continue. Vingt-et-un (21) étudiants de deuxième cycle ont reçu leur diplôme et 7 étudiants de troisième cycle ont soutenu avec succès leur thèse de doctorat. Les étudiants ont réalisé 5 mémoires de recherche et 5 thèses.

Les chercheurs du Centre ETE ont été impliqués, au cours de l'année, dans plus de 30 ententes de partenariat et de coopération à travers le monde.

L'année 2002-2003 a encore été dominée par l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé plus de 7 309 000 \$. Ces sommes sont équivalentes à 54 % des dépenses de fonctionnement du Centre (Figure 3).

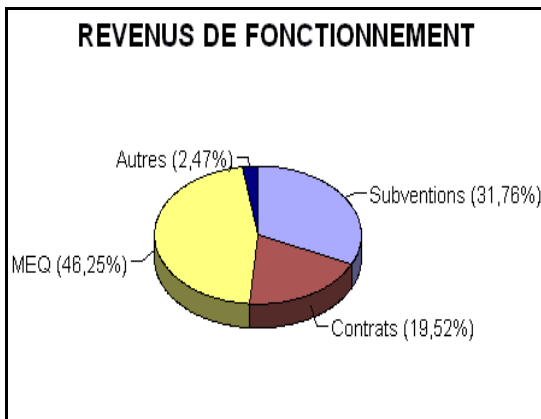


Figure 3

Ces revenus extérieurs sont constitués, entre autres, de subventions pour un montant de 4 318 500 \$ et de contrats de recherche pour un montant de 2 654 800 \$. Les revenus de subvention ont été obtenus du CRSNG (1 992 400 \$), du FQRNT (462 400 \$) et d'autres sources (1 863 700 \$) (Figure 4). Les contrats de recherche viennent de différentes sources, notons entre autres; : Hydro-Québec (395 623 \$), la Commission Géologique du Canada (272 245 \$), le ministère de la Défense Nationale (155 296 \$) et le ministère de l'Environnement du Québec (130 012 \$).

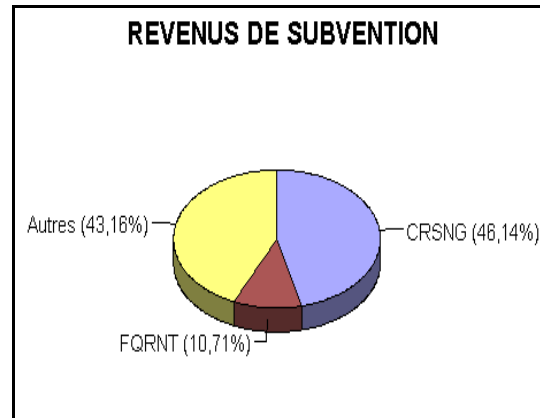


Figure 4

Nous devons signaler l'implication et les efforts déployés par les professeurs pour défrayer une part importante des frais directs et indirects de la recherche. On se doit de souligner encore cette année leur contribution significative au financement des activités de recherche du Centre. En effet, tel qu'indiqué plus haut, cette contribution financière représente 54 % des dépenses de fonctionnement du Centre.

La coopération scientifique France-Québec a permis de poursuivre l'entente intervenue entre le Centre ETE et le Groupement d'intérêt scientifique (GIS), pour la publication de la *Revue des Sciences de l'Eau*. La rédaction et l'édition de cette revue sont rendues possibles grâce, en particulier, à l'aide financière du fonds FQRNT. Le service de documentation du Centre ETE joue efficacement son rôle comme coéditeur de la revue, en partenariat avec Lavoisier Abonnements.

En ce qui a trait à la problématique des locaux, il est assuré maintenant que ce problème sera résolu à l'été 2004 par la construction, qui est déjà en cours, d'un édifice réunissant les chercheurs sous un même toit.

La recherche

Le Centre ETE poursuivra, au cours des prochaines années, son objectif général de collaboration à l'essor et au développement de la recherche dans le domaine des sciences de l'eau, des géoressources et de l'environnement. Conscient de la pertinence des activités de recherche en cours, le Centre encouragera leur développement et favorisera, d'une façon particulière, l'intensification de certaines d'entre elles dans le cadre d'une programmation thématique. Cette programmation se veut la synthèse des activités de recherche qui ont lieu au Centre et qui y seront poursuivies au cours des prochaines années. Ces activités de recherche sont regroupées dans quatre grands programmes :

Hydrologie et gestion intégrée des ressources hydriques : Les recherches poursuivies dans ce programme concernent la compréhension, la modélisation et la simulation des écoulements et des transports de l'eau et des substances dissoutes. Ce programme regroupe les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique, de modélisation déterministe, de télédétection, de géomatique ainsi que d'informatique, qu'on retrouve ici appliquées aux aspects qualitatifs et quantitatifs des écoulements et à leur gestion intégrée. Les recherches en analyse statistique traitent des crues et de l'évolution temporelle et spatiale de la qualité des eaux. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques permettant la simulation des mouvements de l'eau et des déplacements de substances nutritives et toxiques à travers différents compartiments du cycle hydrologique. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique des écoulements fluviaux et les habitats aquatiques. Le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et la géomatique permettent, enfin, de mieux comprendre et estimer les variations spatio-temporelles des composantes du cycle hydrologique aux niveaux local, régional et continental. Enfin, des travaux de recherche portent sur la problématique du vieillissement des infrastructures d'eau au Québec.

Biogéochimie et problématiques de contamination : Les recherches dans ce programme visent la caractérisation des processus clés impliqués dans les cycles biogéochimiques ainsi que leur modélisation, afin de pouvoir mieux prédire les effets des changements de conditions environnementales sur les écosystèmes aquatiques. Elles visent également l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation des substances polluantes (métaux toxiques, pesticides, N, S) ainsi que la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire, organisme individuel, population, communauté). Menés aussi bien en laboratoire que sur le terrain, les travaux portent sur l'écotoxicologie de contaminants et sur la dynamique des éléments nutritifs. Dans le premier cas, on étudie le comportement de contaminants (métaux traces, pesticides) dans la colonne d'eau, à l'interface eau-sédiments et dans les eaux souterraines. Les résultats de ces recherches servent à raffiner des modèles conceptuels du comportement des contaminants dans divers milieux; il existe ici des liens importants avec le programme Hydrologie (modélisation des écoulements). D'autres travaux visent à définir des méthodes d'évaluation des risques liés à la présence de contaminants dans l'environnement. Il s'agit d'étudier les mécanismes de bioaccumulation des contaminants et de leur détoxification, et d'identifier des indicateurs biochimiques de stress environnementaux. Les recherches sur la dynamique des éléments nutritifs, quant à elles, portent sur les cycles du soufre et de l'azote dans les écosystèmes forestiers et lacustres, milieux fortement perturbés par l'augmentation des apports atmosphériques. Des études particulières sont consacrées aux transformations de ces éléments dans la neige et le sol.

Géodynamique des ressources et de l'environnement : Le groupe de recherche en géodynamique s'intéresse principalement à la caractérisation des processus géologiques impliqués dans la genèse des différents types de ressources naturelles et des processus géologiques de surface qui ont une incidence directe sur les environnements terrestres,

fluviaux et littoraux. Ce groupe de chercheurs se démarque par sa pluridisciplinarité et sa capacité d'analyse de phénomènes géologiques d'échelles variables allant, par exemple, de la définition du potentiel métallifère de la croûte terrestre dans le contexte global de la tectonique des plaques, à la caractérisation macroscopique d'un aquifère, d'un gisement minier ou d'une zone sensible à l'érosion. Les expertises disponibles au sein du groupe couvrent un large spectre de spécialités en sciences de la terre, et permettent une analyse approfondie des thématiques, autant dans des environnements crustaux profonds que dans des séries sédimentaires non consolidées. Le programme de géodynamique des ressources naturelles et de l'environnement s'intéresse donc à différentes thématiques scientifiques se regroupant en quatre domaines de recherche : (1) les ressources minérales, (2) les ressources énergétiques, (3) les ressources en eaux souterraines, et (4) les processus géologiques environnementaux. Les activités de recherche du programme visent principalement à fournir des connaissances géoscientifiques spécifiques à chaque domaine, ainsi que des outils efficaces d'exploration/exploitation et de gestion de la ressource. Certaines activités scientifiques impliquent plusieurs domaines de recherche du programme, et sont aussi d'intérêt pour les autres programmes du Centre ETE.

Assainissement et décontamination environnementale : Ce programme comporte, à la fois, des recherches à caractère technologique et des études sur les aspects administratifs et institutionnels du contrôle de la pollution. Dans le premier axe, orienté vers les technologies environnementales, le Centre met beaucoup d'efforts sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Ces boues étant contaminées en métaux toxiques, la valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme Biogéochimie, il existe des liens importants avec ce dernier programme. D'autres activités, toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons à nouveau le lien avec le programme Biogéochimie. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils

informatiques et des modèles d'aide à la décision, susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagements et les décisions concernant le contrôle de la pollution de l'eau. Parmi les applications les plus directes de ces dernières recherches, mentionnons celles touchant la localisation et l'optimisation des usines d'assainissement, l'élaboration de stratégies de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs, ainsi que la gestion des réseaux d'égouts sanitaires.

Conclusion

Ensemble, nous avons poursuivi nos efforts de recherche vers la solution de problèmes qui touchent la protection de notre environnement et une utilisation rationnelle des ressources. Nous avons formé des chercheurs et des spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement et en sciences de la terre. Nous avons concerté nos efforts à la promotion et à la valorisation des résultats de nos travaux de recherche et nous avons établi de nouveaux partenariats. Le Centre a encore connu une excellente année pour ses activités scientifiques et d'enseignement. Nous entrevoyons l'avenir avec un grand optimisme.

Le directeur du Centre Eau, Terre et Environnement,



Jean-Pierre VILLENEUVE

2. RESSOURCES HUMAINES

DIRECTION

Jean-Pierre VILLENEUVE

Secrétariat

Isabelle ST-JACQUES

RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT

Corps professoral

Aïcha ACHAB
Marc AMYOT¹
Jean-Christian AUCLAIR
Mario BERGERON
Normand BERGERON
Monique BERNIER
Jean-François BLAIS
Bernard BOBÉE
Peter G. CAMPBELL
Patrice COUTURE
Daniel CLUIS
Anne-Catherine FAVRE
Claude FORTIN
Pierre FRANCUS
Charles GOBEIL
Yves GRATTON
Landis HARE
Yvon HÉROUX
Marius LACHANCE
Pierre LAFRANCE
Isabelle LAURION
Michel LECLERC
René LEFEBVRE
Bernard LONG
Alain MAILHOT
Michel MALO
Richard MARTEL
Guy MERCIER
Taha OUARDA
Claudio PANICONI
Marc RICHER-LAFLÈCHE
Alain N. ROUSSEAU
André ST-HILAIRE
Jean-Louis SASSEVILLE
Yves SECRETAN
Normand TASSÉ
André TESSIER
Alain TREMBLAY¹

R. Dayal TYAGI
Jean-Pierre VILLENEUVE

Professeurs associés

Jean H. BÉDARD
Christian BÉGIN
Andrée BOLDUC
Sébastien CASTONGUAY
Guoxiang CHI
Louise CORRIVEAU
Benoît DUBÉ
Vincent FORTIN
Denis LAVOIE
Daniel LEBEL
Yves MICHAUD
Jean MORIN
Léopold NADEAU
Miroslav B. NASTEV
Michel A. PARENT
Luc PERREAULT
Didier PERRET
Christine RIVARD
Alfonso RIVERA
Martine M. SAVARD

Professeurs honoraires

Jean-Pierre FORTIN
H. Gérald JONES
Guy MORIN
Alain SOUCY

Professeurs émérites

Michel SLIVITZKY
Georges DRAPEAU

Professeurs ou chercheurs invités

Irène ABI-ZEID, Centre de recherche pour
la défense de Valcartier
Olivier BANTON, Université d'Avignon
(France)
José BÉCHARA, Universidad Nacional
des Nordeste (Argentine)
Nelson BELZILE, Université Laurentienne
Ridha BEN CHEIKH, ENIT (Tunisie)
Hamel BENMOUSSA, Centre de
Recherche Industrielle du Québec
Jacques BERNIER, retraité, EDF (France)
Ferdinand BONN, Université de
Sherbrooke
Jacques BUFFLE, Université de Genève
(Suisse)

¹ Départ au cours de l'année

Alin A. CÂRSTEANU, Institut polytechnique national de Mexico
 Bernard CHOCAT, INSA Lyon (France)
 Bruno CÔTÉ, COREM
 Yves COUILLARD, Université de Montréal
 Paulin COULIBALY, Université McMaster
 Jean-Pierre DEDIEU, CNRS (France)
 Jacques DELLEUR, Purdue University (États-Unis)
 Patrick DROGUI, Biolix Corporation
 Michelle GARNEAU, Université du Québec à Montréal
 Stuart A. HAMILTON, Environnement Canada
 Van Diem HOANG, Centre d'expertise hydrique du Québec
 Daniel HOULE, Ressources naturelles Québec
 Stuart LANE, University of Leeds (Royaume-Uni)
 Michel LANG, Cemagref (France)
 Pierre LAVALLÉE, BPR-CSO
 Marc LAVERDIÈRE, Université Laval
 Yvon MARANDA, Ministère de l'Environnement
 Éric MARTIN, Centre national de recherches météorologiques (France)
 Dan R.D. MOORE, University of British Columbia
 Brian MORSE, Université Laval
 Subba K. NARASIAH, Université de Sherbrooke
 Michel NOLIN, Agriculture et Agroalimentaire Canada
 Rock OUMET, Ressources naturelles Québec
 Trinback PARCHURE, Waterway Experimental Station (U.S. Army)
 Serge PARENT, Biodôme de Montréal
 Paul J. PILON, Environnement Canada
 Nicolas PINET, Société minière Ecudor
 Peter F. RASMUSSEN, University of Manitoba
 John F.V. RIVA, Consultant
 Jose D. SALAS, Colorado State University (États-Unis)
 José R. VALÉRO, Centre de Foresterie des Laurentides
 Éric VAN BOCHOVE, Agriculture et Agroalimentaire Canada
 Norman D. YAN, Ministère de l'Environnement et de l'Énergie (Ontario)

Xuebin ZHANG, Meteorological Service of Canada

Chargés de cours

Michel BEAULIEU, ministère Environnement
 Patrick Drogui, INRS
 Louis FONTAINE, BPR
 Bernard GABOURY, ministère Environnement
 Lorne GIROUX, Université Laval
 Yvon MARANDA, ministère Environnement
 Jean SYLVAIN, ministère Environnement
 Luc VALIQUETTE, ministère Environnement
 Jean-Noël VIGNEAULT, ministère Environnement

Associés de recherche

Sophie DUCHESNE
 Yasser HAMD¹
 Mustapha LOUNES
 Guy MERCIER¹
 Shaobo SHEN
 André ST-HILAIRE¹

Boursiers postdoctoraux

Karem CHOKMANI
 Jean-François CREMER
 Juraj CUNDERLIK
 Bocar H. DIAGANA
 Salaheddine EL ADLOUNI
 Uta GABRIEL¹
 Édenise GARCIA¹
 Richard GOULET¹
 Masoud HESSAMI
 Dae Young LEE¹
 Stéphane MASSON
 Mohammed Abou NIANG
 Hubert G. ONIBON
 Renaud QUILBE

Personnel de recherche

Jean-Marc BALLARD
 Rudolf BERTRAND
 Francis BÉRUBÉ
 Marie-Eve BESSETTE¹
 Paul BOUDREAU
 Myriam CHARTIER
 Véronique DUBOS¹
 Yves GAUTHIER
 Hugo GINGRAS

¹ Départ au cours de l'année

Véronique JOURDAIN
 Éric LAROUCHE
 Marc-André LAVIGNE
 Patrice LAVOIE
 Danielle LEBLANC
 Joëlle MARION
 Francis MOORE
 Isabelle PAPINEAU¹
 Sophie PROULX¹
 Marie-Josée RACINE¹
 Lise RANCOURT
 Zeljka RISTIC-RUDOLF
 Alain ROYER
 Stéphane SAVARY
 Sébastien TREMBLAY
 Harold VIGNEAULT

**SERVICE À LA RECHERCHE ET À
 L'ENSEIGNEMENT**

Administration

Denise BOUDREAU¹
 Fabienne BOUTIN
 Dominique CANTIN
 Jean-Léon DOYON
 Christine LABERGE¹
Nicole LAFLAMME²
 Diane LORTIE
 Lynda MICHAUD¹
 Mylène PARADIS
 Jacques RAYMOND

Cartographie

Marco BOUTIN
 Luce DUBÉ

Secrétariat

Martyne CHARBONNEAU
 Johanne DESROSIERS
 Pascale DION¹
 Suzanne DUSSAULT
 Julie JULIEN
 Lise MICHARD¹
 Manon POITRAS
 Josée POSADZKI
 Lise RAYMOND
 Diane TREMBLAY

Laboratoire

Isabelle BÉLANGER¹

Jean-Claude BÉRUBÉ
 Paul BOISVERT¹
 André CHAGNON
 Sébastien DUVAL
 Marc GREENDALE
 Pauline FOURNIER
 Michelle GEOFFROY-BORDELEAU
 Réal GOSSELIN
 André HÉBERT
 Pierre MARCOUX¹
Stéfane PRÉMONT²
 René RODRIGUE
 Sylvie ST-PIERRE

Documentation

Jean-Daniel BOURGAULT
 Pascale DION
 Suzanne DUSSAULT¹
 Chantal PAQUIN
Sophie RENAUD²
 Jocelyne ROBERGE
 Anne ROBITAILLE
 Geneviève RUEST

Informatique

Claude BLANCHETTE²
 Claude CHAMPAGNE
 Lyne DESAULNIERS
 Jean LACROIX
 Alain POIRIER
 Lise RAYMOND

Stagiaires

J.B. Appolinaire¹
 Julie BASTIEN¹
 Claudie BEAULIEU¹
 Véronique BLAIS¹
 Emmanuelle BONNERIS
 Christian BOUCHER¹
 Maude BOUCHER¹
 Philippe BOUCHER¹
 Philippe BOURRET¹
 Anabel CARRIER¹
 Benoît CHAPON¹
 Rémy CORRIVEAU¹
 Jean-Philippe CÔTÉ¹
 Deborah DRAI
 Mathieu DUMAS¹
 Véronique DUFORT¹
 Delphine DURIEUX
 Hélène DUSSAULT¹

¹ Départ au cours de l'année

² Responsable de service

³ Boursier ou boursière

Philippe DUVAL¹
 Bénédicte ELBOUDALI
 Edgar HERRERA¹
 Lucie LAFORTE¹
 Frédérick LANTEIGNE
 Olivier LAPOINTE¹
 Jérôme LAROULANDIE
 Renaud LE BOULEUR
 Nicolas LEMAY¹
 Amélie MARQUIS
 Doug MCDONALD
 Annick MICHAUD
 Mohamned MOHAIR
 Valérie MURAT
 Michel NEPTON¹
 Jord ORVOINE
 Joanie PERREAULT¹
 Jonathan PERREAULT¹
 Alain PERRON¹
 Marc PHILIPPIN¹
 Édith POULIN
 Cinthia RACINE¹
 Éva RENDEK
 François ROUSSEAU¹
 Michel TARDIF
 Laurent THÉVENET
 Pierrette TREMBLAY
 Luc TRÉPANIÉ
 Barbara SIMARD¹
 Ève THERRIEN¹
 Mausam VERMA¹
 Érik VERHAGEN

COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE

Étudiants à la maîtrise (Sc. de l'Eau)

Julie BASTIEN
 Isabel BEAUCHESNE
 Geneviève BÉLANGER¹
 Luc BÉRUBÉ
 François BILODEAU
 Pierrick BLIN¹
 Frédéric BOILY
 Laurent BONNIFAIT
 Marc-André BUREAU
 Ingrid CARLUER
 Jean-Philippe CHENEL
 Sébastien CHOUINARD
 Sophie COOPER
 Julie CORRIVEAU

Steve CÔTÉ
 Gérald CÔTÉ
 Julie DEAULT
 Zied DJEDIDI
 Jean-François DOLBEC
 Mathieu DROUIN
 Guillaume DUFRESNE
 Saidou ELHADJI-HAMANI
 Naziha FAOUT
 Nicolas GIGNAC
 Anne GOSSELIN
 Marianne GOULET
 Julien HOTTON
 Aziz KOUIDER
 Julie L'HEUREUX
 Lucie LAFORTE
 Ève LAMONTAGNE
 Jérôme-Robert LAROULANDIE
 Marie-Ève LEBLANC
 Annick MICHAUD
 Alicia MORENO
 Jord ORVOINE
 Annie OUELLET
 Alain PERRON
 Isabelle PERRON¹
 Stéphane PICHER¹
 Mylène PILON
 Céline PORCHER
 Alexandre POULAIN¹
 Annie POULIN
 Renée QUIRION
 Marie-Josée RACINE
 Marie-Emmanuelle RAIL
 Séphane SAVARY¹

Étudiants à la maîtrise (Sc. de la Terre)

Nathalie AREL
 Maxime AUBERT
 Jean-Marc BALLARD
 Christine BEAUSOLEIL
 Valérie BÉCU
 Pascal BERGERON¹
 Vincent BOISVERT
 Alexandre BOUTIN
 Emmanuel CAGNAT
 Yves CARON
 Pascale COLLIN
 Catherine GAUTHIER
 Félix GERVAIS
 Sylvain HAINS¹
 Éric HOFFMANN

¹ Départ au cours de l'année

² Responsable de service

³ Boursier ou boursière

Xiao HOU
 Patricia JOHNSTON¹
 Gilbert KARANTA¹
 Alain LANGLAIS
 Magalie LEVASSEUR
 Michel MAILLOUX¹
 Annie MÉNARD
 François MOORE
 Claude MORIN
 Nicolas PARADIS
 Sharon PARSONS
 Olivier PONTLEVOY
 Cintia RACINE
 Caroline ROBERGE
 Thomas ROBERT
 Stéphanie ROY
 Philippe SAINT-GERMAIN¹
 Christine SAINT-LAURENT
 Guy SCHERRER
 Julie VALLIÈRES

Étudiants au doctorat (Sc. de l'Eau)

Simon BARNABÉ
 Driss BARRAOUI
 Isabel BEAUCHESNE
 Loubna BENYAHYA
 Amiel BOULLEMANT
 Satinder Kaur BRAR
 Cavalcante Blanco CLAUDIO BLANCO
 Louis CROISETIÈRE
 Marie-Noële CROTEAU¹
 Leila DRIDI
 Ali ELBATTAY
 Kamal EL-HAJI
 Mohammed Youssef FILALI MEKNASSI
 Guillaume FORTIN
 Céline GALLON
 Éric GAUME
 Hosni GHEDIRA¹
 Anik GIGUÈRE
 Fatima HAMMY
 Edgar HERRERA-GUZMAN
 Sandra IMBEAULT
 Jalal KHALDOUNE
 Lisa KRAEMER
 Kanza LACHHAB
 Janick LALONDE¹
 Rachid LARIDI
 Alain LE PAGE
 Béatrice LEVASSEUR
 François MARQUIS¹

Nathalie MEUNIER
 Sadek MOHAMMEDI
 Robin NAULET¹
 Jean-Cléophas ONDO¹
 Isabelle ROYER
 Esther SALVANO
 José SARICA
 Shaobo SHEN¹
 Patrice TREMBLAY
 Richard TURCOTTE
 Mausam VERMA
 Abderrahmane YAGOUTI
 Yan SOUNG
 Abdessalem YEZZA

Étudiants au doctorat (Sc. de la Terre)

Jean-Christophe AZNAR
 Anne-Laure BONNET
 Patrice CARBONNEAU
 Alain CARRIER
 Vincent CLOUTIER
 Gérald DERMONT
 Mathieu DUCHESNE
 Weimin FU
 François HARDY
 Macoura KONE
 Mylène LEVASSEUR
 Jeffrey Keith LEWIS
 Jorge Enrique MEDINA-LOPEZ
 Patrick MERCIER-LANGEVIN
 James MOORHEAD
 Sabary Omer NDZANGOU
 Philippe PAGÉ
 Alix PINCIVY
 Martin ROSS
 Jean-Michel SCHROETTER
 Stephan SÉJOURNÉ
 Azzeddine SOUFIANE
 Maud ULMANN
 Kenneth WILLIAMSON

¹ Départ au cours de l'année

² Responsable de service

³ Boursier ou boursière

3. ENSEIGNEMENT

Maîtrises en sciences de l'eau

Responsables :

Charles GOBEIL (M. de recherche)

Alain N. ROUSSEAU (M. professionnelle)

L'INRS offre, depuis 1971, un programme d'études avancées multidisciplinaires en Environnement conduisant à la **Maîtrises en sciences de l'eau**. Seul au Québec à décerner une maîtrise en sciences dans le domaine de l'eau, le Centre ETE assure, par ce programme, un élargissement des connaissances spécialisées, nécessaires aux diplômés de premier cycle qui désirent étudier les problèmes de cette ressource importante. À la fin de sa formation, le diplômé aura appris, au contact des équipes de recherche, à contribuer efficacement aux travaux de groupes multidisciplinaires et devrait, de ce fait, trouver plus facilement un emploi dans un marché du travail vaste et diversifié.

Le profil de formation avec mémoire comporte d'abord un tronc commun de matières obligatoires dont l'enseignement assure à tous les étudiants une connaissance de base des disciplines reliées à l'eau; des travaux pratiques et des projets concrétisent l'enseignement et le complètent. La suite du programme de formation permet à l'étudiant de démontrer son originalité et son aptitude à parfaire une recherche en présentant un mémoire, tout en orientant, au moyen d'un choix de trois cours, sa spécialisation dans un ou deux champs d'intérêt.

Le profil sans mémoire vise à former des professionnels qui interviendront surtout dans la réalisation et la gestion des projets en sciences de l'eau. Ce programme vise également à répondre aux besoins de formation continue auxquels les intervenants en sciences de l'eau ont à faire face. Cette formation continue est rendue particulièrement nécessaire pour acquérir les connaissances et les outils leur permettant d'aborder les problématiques environnementales complexes auxquelles ils sont confrontés.

La maîtrise sans mémoire en sciences de l'eau s'adresse, d'une façon générale, aux diplômés en sciences naturelles et en génie qui cherchent une formation spécialisée orientée

vers les applications. Elle s'adresse également aux professionnels oeuvrant déjà dans les bureaux de génie-conseil, les laboratoires et les agences des secteurs privés et gouvernementaux.

Le profil de formation sans mémoire comporte aussi un ensemble de matières obligatoires dont l'enseignement assure à tous les étudiants une connaissance de base des disciplines reliées à l'eau; des travaux pratiques et des projets concrétisent l'enseignement et le complètent. La suite du programme de formation permet à l'étudiant de personnaliser sa formation au moyen d'un choix de huit crédits de cours. Finalement, la réalisation d'un stage en milieu professionnel permet à l'étudiant d'acquérir une expérience pratique et d'appliquer certaines des notions apprises durant sa formation.

Admission à la Maîtrise en sciences de l'eau. Le candidat doit être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, dans une discipline pertinente des sciences pures ou appliquées; ou posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente. De plus, il doit y avoir adéquation entre la formation antérieure du candidat et celle requise pour entreprendre des études dans le programme d'enseignement visé.

Profil avec mémoire. Le candidat doit démontrer que ses orientations de recherche sont conformes aux objectifs des programmes de recherche qui supportent le programme d'enseignement visé.

Le candidat doit posséder un dossier académique de haute qualité, dont de bons résultats scolaires d'au moins 3,2 (sur 4,3) ou l'équivalent.

Le candidat doit avoir choisi un directeur de recherche et obtenu l'acceptation motivée de celui-ci.

Le programme de maîtrise avec mémoire est un programme d'études comportant quarante-cinq (45) crédits, dont dix-huit (18) sont consacrés aux cours et vingt-sept (27) aux activités de recherche. Les trois (3) cours de base, de trois (3) crédits chacun, sont Mathématiques appliquées, Hydrologie, et

Limnologie, et une activité de terrain d'un crédit. Les huit (8) autres crédits doivent être choisis parmi les cours suivants : Hydrogéologie, Introduction au droit de l'eau et de l'environnement, Introduction à l'administration publique de l'eau, Statistiques d'échantillonnage et de suivi, Chimie physique des eaux douces, Écologie aquatique, Chimie environnementale de la neige, Chimie environnementale de la glace, Contamination souterraine, Écotoxicologie aquatique, Toxiques inorganiques, Toxiques organiques, Traitement préliminaire et primaire des eaux usées, Traitement biologique aérobie, Traitement tertiaire des eaux usées, Traitement anaérobie des eaux usées, Traitement des eaux potables, Aménagement des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de systèmes, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multivariées, Télédétection - Principes de base, Télédétection - Extraction de l'information, Paléolimnologie, Aménagement de bassins hydrographiques forestiers, Notion de géologie, Droit et contrôle de la pollution, et Problèmes d'administration publique de l'eau et de l'environnement. Les vingt-sept (27) autres crédits sont consacrés aux activités de recherche (séminaires, conférences et mémoire).

Profil sans mémoire. Le candidat doit posséder un dossier académique de qualité, dont de bons résultats scolaires d'au moins 3,0 (sur 4,3) ou l'équivalent.

Le programme de maîtrise sans mémoire comporte quarante-cinq (45) crédits dont vingt-cinq (25) sont consacrés aux douze (12) activités de base suivantes : Hydrologie, Limnologie : eaux lacustres et eaux courantes, Mathématiques appliquées, Stage de terrain, Hydrogéologie, Droit de l'eau et de l'environnement, Administration publique de l'eau, Statistiques d'échantillonnage et de suivi, Gestion de projet en eau et environnement, Échantillonnage et suivi environnemental, Techniques d'analyses en laboratoire, et Recherches bibliographiques. Douze (12) crédits sont alloués pour un stage en milieu professionnel. Les huit (8) autres crédits doivent être choisis parmi les activités

suivantes : Chimie environnementale de la glace, Contamination souterraine, Écotoxicologie aquatique, Toxiques inorganiques, Toxiques organiques, Traitement préliminaire et primaire des eaux usées, Traitement biologique aérobie, Traitement tertiaire des eaux usées, Traitement anaérobie des eaux usées, Traitement des eaux potables, Aménagement des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de systèmes, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multivariées, Télédétection - Principes de base, Télédétection - Extraction de l'information, Paléolimnologie, Aménagement de bassins hydrographiques forestiers, Notions de géologie, Droit et contrôle de la pollution, Problèmes d'administration publique de l'eau et de l'environnement, Assainissement et épuration en milieu urbain, Contrôle de la pollution industrielle, Contrôle de la pollution agricole, Gestion des substances toxiques et des matières dangereuses, Technologies de restauration, Études d'impacts, Modèles hydrologiques de bassin-versant, Initiation aux modèles hydrodynamiques, Modèles en hydrogéologie, SIG et bases de données en hydrologie, Application de logiciels statistiques, et Application de la télédétection aux sciences de l'eau.

Au cours de l'année 2002-2003, 13 étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle en sciences de l'eau avec mémoire et 4 étudiants au profil sans mémoire, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits entre le 1^{er} juin 2002 et le 31 mai 2003 à 48. Durant la même période, quinze 15 étudiants ont obtenu leur diplôme de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec, soit 6 avec mémoire et 9 sans mémoire.

Maîtrises en sciences de la terre

Responsable : Normand TASSÉ

En 1992, l'Université Laval rendait conjoints ses programmes d'études graduées en y associant l'INRS. Les étudiants, inscrits dans l'institution d'attache de leur directeur de recherche, acquièrent ainsi leur formation à la fois à l'INRS et à l'Université Laval, pour compléter une **Maîtrise en sciences de la terre**. Cette association permet un plus grand choix de sujets de recherche, une liste de cours plus complète et permet de supporter deux grands axes de formation : « Géodynamique et ressources » et « Géoingénierie et environnement ».

Les activités de recherche favorisent la multidisciplinarité et l'intégration. L'étroite collaboration entre les chercheurs et l'intégration des résultats des différentes disciplines contribuent à l'approfondissement et à l'élargissement des connaissances relatives aux problématiques étudiées. De plus, la collaboration avec des partenaires gouvernementaux, universitaires et du secteur privé est un facteur stimulant pour la recherche géologique au Québec.

Le programme de maîtrise avec mémoire permet à l'étudiant d'acquérir des connaissances générales avancées; d'approfondir un domaine particulier de la géologie ou du génie géologique; de s'initier à la recherche scientifique et d'acquérir une préparation adéquate à la pratique professionnelle de la géologie ou du génie géologique.

Le programme de maîtrise sans mémoire est axé sur les techniques environnementales. Il est structuré à partir de cours généraux communs à plusieurs spécialisations, de cours spécialisés dans le domaine des technologies environnementales à l'extérieur et dans la discipline des personnes inscrites au programme.

Admission à la Maîtrise en sciences de la terre. Le candidat doit être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, en sciences de la terre, en géologie, en génie géologique, ou

dans un domaine connexe; ou posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

Profil avec mémoire. Le candidat doit avoir été accepté par un directeur de recherche qui est en mesure de confirmer cette acceptation, de même que l'existence d'un projet de recherche réaliste et la disponibilité des ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation du projet.

Le candidat doit posséder un dossier académique de haute qualité, dont de bons résultats scolaires d'au moins 2,7 (sur 4,3) ou l'équivalent.

Le programme de maîtrise avec mémoire est un programme d'études comportant quarante-cinq (45) crédits, dont quatorze (14) sont consacrés aux cours et trente-et-un (31) aux activités de recherche. Les cours Méthodologie de la recherche et Séminaire de présentation des travaux de maîtrise, d'un (1) crédit chacun, sont obligatoires. Les douze (12) crédits de cours optionnels sont choisis par l'étudiant en fonction de la spécialisation recherchée.

Pour la concentration « Géodynamique et Ressources », l'étudiant doit choisir au moins un (1) cours parmi les suivants : Faciès et milieux sédimentaires, Orogènes : atelier pratique, Sédimentologie des carbonates récents, et Terrains de haut-grade métamorphique : processus et analyse; ainsi qu'au moins deux (2) cours parmi les suivants : Analyse de bassins : principes et méthodes, Pétrogenèse des faciès sédimentaires, Géochimie de basse température, Géochimie des isotopes stables, Géodynamique continentale, Géodynamique océanique, Géologie des Appalaches, Analyse structurale des tectonites, Pétrogenèse des systèmes magmatiques, Géochimie de haute température, Formation du pétrole, Métallogénie, et Systèmes hydrothermaux.

Pour la concentration « Géoingénierie et Environnement », l'étudiant doit choisir un minimum de six (6) crédits parmi les cours suivants : Gestion et restauration des nappes et des sols contaminés, Écoulement multiphase en milieux poreux, Modélisation en hydrogéologie, Traitement des matériaux contaminés solides par utilisation des procédés de séparation physique, Hydrogéologie des

contaminants, Géochimie de basse température, Géochimie des isotopes stables, Formes et processus en milieu fluvial, Dynamique sédimentaire, Dynamique des environnements quaternaires, Minéralogie déterminative, Minéralogie des argiles, Microanalyse et microscopie électronique en géologie, Propriétés physico-chimiques des matériaux fins, Traitement des matériaux contaminés solides par utilisation des procédés de séparation physique, Durabilité du béton, et Conception et gestion des chaussées ; ou au moins neuf (9) crédits parmi les cours suivants : Géotechnique environnementale, Géotechnique marine et côtière, Mécanique des sols avancée, Mesures *in situ* en géotechnique, et Géotechnique des régions froides.

Pour les deux concentrations, il est également possible de prendre un ou plusieurs des cours suivants : Sujets spéciaux (géologie), Réalisation d'application en SIRS, et Gestion de projets.

Profil sans mémoire. le candidat doit posséder un dossier académique de qualité, dont de bons résultats scolaires d'au moins 3,0 (sur 4,3) ou l'équivalent.

Le programme de maîtrise sans mémoire comporte quarante-cinq (45) crédits dont douze (12) pour la rédaction d'un essai et trente-trois (33) crédits pour les cours, qui doivent être choisis de la façon suivante : un minimum de six (6) crédits, et un maximum de douze (12), parmi les cours Droit de l'environnement, Principes d'économie de l'environnement, Évaluation et gestion de risques en santé environnementale, et Systèmes de gestion de l'environnement; un minimum de six (6) crédits, et un maximum de douze (12), parmi les cours Fondements des systèmes d'information géographique, Variabilité spatio-temporelle en science du sol, Transport des solutés en milieu non saturé, Infiltration et drainage, Chimie de l'assainissement, Microbiologie de l'assainissement, Gestion des déchets dangereux, et Diagnostic en microbiologie environnementale; un minimum de douze (12) crédits, et un maximum de dix-huit (18), parmi les cours Hydrogéologie des contaminants, Modélisation en hydrogéologie, Gestion et restauration des nappes et des sols contaminés, Écoulement multiphase en milieux poreux, Géotechnique environnementale,

Traitement des matériaux contaminés solides par utilisation de procédés de séparation physique, et Géochimie de basse température.

Au cours de l'année 2002-2003, 7 étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle en sciences de la terre, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits entre le 1^{er} juin 2002 et le 31 mai 2003 à 35. Durant la même période, 6 étudiants ont obtenu leur diplôme de maîtrise en sciences de la terre de l'Université du Québec.

Doctorat en sciences de l'eau

Responsable : Jean-François BLAIS

Depuis 1979, l'INRS offre un programme de troisième cycle en Environnement donnant lieu à un **Doctorat en sciences de l'eau**. La compréhension des problèmes environnementaux reliés à l'eau nécessite l'apport de plusieurs disciplines scientifiques et leur résolution demande une approche multidisciplinaire réelle et intégrale. Le programme de doctorat en sciences de l'eau vise à former des chercheurs spécialisés capables de cerner et de résoudre ces problèmes, et de répondre ainsi aux besoins sociaux qui se manifestent dans ce secteur. Il permet à l'étudiant d'élargir et d'approfondir ses connaissances dans le domaine de l'eau et de l'environnement, tout en lui permettant de se spécialiser dans un des champs d'études qui y sont reliés.

Pour être admis au programme de doctorat en sciences de l'eau, le candidat doit être titulaire d'une maîtrise, ou l'équivalent, en sciences de l'eau, en sciences fondamentales ou en sciences appliquées; ou être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, dans une des disciplines mentionnées précédemment et posséder les connaissances requises et une formation appropriée.

Le programme de doctorat en sciences de l'eau comporte quatre-vingt-dix (90) crédits répartis de la façon suivante. L'étudiant doit accumuler seize (16) crédits parmi les cours mentionnés ci-dessous : Hydrogéologie, Introduction au droit de l'eau et de l'environnement, Introduction à l'administration publique de l'eau, Statistiques d'échantillonnage et de suivi,

Chimie physique des eaux douces, Écologie aquatique, Chimie environnementale de la neige, Chimie environnementale de la glace, Contamination souterraine, Écotoxicologie aquatique, Toxiques inorganiques, Toxiques organiques, Traitement préliminaire et primaire des eaux usées, Traitement biologique aérobie des eaux usées, Traitement tertiaire des eaux usées, Traitement anaérobie des eaux usées, Traitement des eaux potables, Aménagement des habitats des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques et surveillance biologique, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de système de la ressource eau, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multivariées, Télédétection - Principes de base, Télédétection - Extraction de l'information, Paléolimnologie, Aménagement de bassins hydrographiques forestiers, Notions de géologie, Droit et contrôle de la pollution, Problèmes d'administration publique de l'eau et de l'environnement, Travail dirigé, Cours spéciaux, et Problèmes spéciaux. En plus, l'étudiant doit effectuer un travail dirigé de quatre (4) crédits, présenter un séminaire équivalant à un (1) crédit, participer aux séminaires et conférences accordant un (1) crédit; enfin, il doit se soumettre à un examen doctoral comptant pour six (6) crédits. La thèse, pour sa part, compte pour soixante-deux (62) crédits.

Au cours de l'année 2002-2003, 7 étudiants se sont inscrits au programme de troisième cycle en sciences de l'eau, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits au doctorat entre le 1er juin 2002 et le 31 mai 2003 à 43. Durant la même période, 7 étudiants ont obtenu leur diplôme de doctorat en sciences de l'eau de l'Université du Québec.

Doctorat en sciences de la terre

Responsable : Normand TASSÉ

En 1992, l'Université Laval rendait conjoints ses programmes d'études graduées en y associant l'INRS. Les étudiants, inscrits dans l'institution d'attache de leur directeur de recherche, acquièrent ainsi leur formation à la fois à l'INRS et à l'Université Laval, pour compléter un **Doctorat en sciences de la terre**. Cette association permet un plus grand choix de sujets de recherche, une liste de cours plus complète et permet de supporter deux grands axes de formation : « Géodynamique et ressources » et « Géoingénierie et environnement ».

Les activités de recherche favorisent la multidisciplinarité et l'intégration. L'étroite collaboration entre les chercheurs et l'intégration des résultats des différentes disciplines contribuent à l'approfondissement et à l'élargissement des connaissances relatives aux problématiques étudiées. De plus, la collaboration avec des partenaires gouvernementaux, universitaires et du secteur privé est un facteur stimulant pour la recherche géologique au Québec.

Le programme de doctorat en sciences de la terre est axé sur des activités de recherche et permet une spécialisation avancée dans divers domaines de la géologie fondamentale ou appliquée. Il permet à l'étudiant d'exceller dans des activités professionnelles de recherche ou d'enseignement universitaire.

Pour être admis au programme de doctorat en sciences de la terre, le candidat doit être titulaire d'une maîtrise ès sciences ou d'un diplôme jugé équivalent; ou posséder les connaissances requises et une formation appropriée. Il doit posséder un dossier académique au-dessus de la moyenne et avoir démontré des aptitudes à conduire une recherche originale. De plus, le candidat doit avoir été accepté par un directeur de recherche et s'être entretenu avec celui-ci sur un projet de recherche particulier et sur la disponibilité des ressources humaines et matérielles nécessaires à sa réalisation.

Le programme de doctorat en sciences de la terre comporte quatre-vingt-dix (90) crédits dont quatre-vingt-un (81) pour la thèse et une scolarité minimale de neuf (9) crédits. La scolarité inclut un examen doctoral de trois (3) crédits. Selon la sanction de l'examen doctoral, l'étudiant peut se voir imposer un cours sur la méthodologie de la recherche. L'étudiant choisit ses cours optionnels en fonction de son domaine de spécialisation. Les cours communs aux deux spécialisations sont : Sujets spéciaux (géologie), Réalisation d'application en SIRS, et Gestion de projets. Pour la concentration « Géodynamique et Ressources », l'étudiant doit choisir au moins un cours parmi les suivants : Faciès et milieux sédimentaires, Orogènes : atelier pratique, Sédimentologie des carbonates récents, et Terrains de haut-grade métamorphique : processus et analyse ; les autres cours sont choisis parmi les suivants : Analyse de bassins : principes et méthodes, Pétrogenèse des faciès sédimentaires, Géochimie de basse température, Géochimie des isotopes stables, Géodynamique continentale, Géodynamique océanique, Géologie des Appalaches, Analyse structurale des tectonites, Pétrogenèse des systèmes magmatiques, Géochimie de haute température, Formation du pétrole, Métallogénie, et Systèmes hydrothermaux. Pour la concentration « Géoingénierie et Environnement », les cours doivent être choisis parmi les suivants : Gestion et restauration des nappes et des sols contaminés, Écoulement multiphase en milieux poreux, Modélisation en hydrogéologie, Traitement des matériaux contaminés solides par utilisation des procédés de séparation physique, Hydrogéologie des contaminants, Géochimie de basse température, Géochimie des isotopes stables, Formes et processus en milieu fluvial, Dynamique sédimentaire, Dynamique des environnements quaternaires, Minéralogie déterminative, Minéralogie des argiles, Microanalyse et microscopie électronique en géologie, Propriétés physico-chimiques des matériaux fins, Traitement des matériaux contaminés solides par utilisation des procédés de séparation physique, Durabilité du béton, Conception et gestion des chaussées, Géotechnique environnementale, Géotechnique marine et côtière, Mécanique des sols avancée, Mesures *in situ* en géotechnique, et Géotechnique des régions froides.

Au cours de l'année 2002-2003, 3 étudiants se sont inscrits au programme de troisième cycle en sciences de la terre, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits au doctorat entre le 1^{er} juin 2002 et le 31 mai 2003 à 24.

4. RECHERCHE

Dans le cadre de la programmation scientifique du Centre ETE, les activités ont été regroupées en quatre grands domaines de recherche :

- l'hydrologie et la gestion intégrée des ressources hydriques;
- la biogéochimie et les problématiques de contamination;
- la géodynamique des ressources et de l'environnement;
- l'assainissement et la décontamination environnementale.

Les travaux du Centre font appel à deux approches méthodologiques majeures : d'une part, l'étude, en laboratoire ou dans leur milieu naturel, de processus tels le transport atmosphérique des polluants ou le cheminement des contaminants dans le cycle hydrologique et, d'autre part, la modélisation et la simulation de ces mêmes processus et l'élaboration de méthodes d'analyse de données appliquées aux phénomènes hydrauliques, hydrologiques et géologiques.

Plusieurs projets effectués dans le cadre des quatre domaines de recherche du Centre comportent à la fois l'étude des processus et leur modélisation.

Chacun des quatre domaines de recherche regroupe des projets qui répondent soit à une demande spécifique d'organismes extérieurs, soit à un problème spécifique - souvent rencontré lors de la réalisation de la recherche contractuelle - qui a fait l'objet d'une subvention.

Aïcha ACHAB, professeure

Géodynamique

Apport des chitinozoaires à la compréhension des systèmes ordovicien et silurien

Dans le cadre de ce projet, nous envisageons: i) de poursuivre nos travaux en vue de préciser et de raffiner la biozonation des chitinozoaires de l'ordovicien, ii) de proposer une biozonation pour le Silurien de la marge laurentienne, de l'Arctique canadien et de la marge ouest de "Avalonia", et iii) de contribuer, dans le cadre de projets internationaux (GOBE, IGCP410), à la compréhension globale du système Ordovicien.

En plus de l'élaboration de biozonations et de corrélations régionales, ces initiatives se proposent d'établir des corrélations entre les différents paléocontinents et de caractériser les diverses successions de microfaunes. De plus, l'évolution dans le temps de la biodiversité, incluant les phases d'extinction, sont mises en relation avec les conditions paléogéographiques, paléotectoniques et paléoenvironnementales.

Pour atteindre ces objectifs, le système "CHITINOS" est en voie d'amélioration. Ce système d'acquisition d'images et de gestions de données paléontologiques sera en effet un outil indispensable pour répondre efficacement aux problématiques de ce projet/ CRSNG.

Marc AMYOT, professeur

Biogéochimie

Biogéochimie du mercure dans les écosystèmes aquatiques et terrestres

La chair des poissons prédateurs de milliers de nos lacs contient des niveaux de Hg les rendant impropres à la consommation. Ce problème est très actuel et a été largement reconnu comme une priorité environnementale contemporaine par le U.S. E.P.A. et par les états de la Nouvelle-Angleterre et les provinces de l'Est du Canada, incluant le Québec. Malgré cette reconnaissance du problème, beaucoup d'incertitudes restent au sujet de l'impact de mesures correctrices potentielles, telles que la diminution des émissions polluantes par les incinérateurs municipaux et les industries. Dans ce contexte, notre étude portera sur quelques processus particulièrement méconnus et en partie responsables de ces incertitudes. Le programme proposé se divise en trois volets. Le premier volet porte sur les processus entraînant les transferts de Hg aux interfaces air/eau, air/neige et air/sol. Le second volet porte sur l'importance des macrophytes dans le cycle du Hg dans les lacs. Il se peut que les bancs de macrophytes soient d'importants joueurs dans le contrôle des espèces de Hg, soit en étant des sources d'émissions de Hg⁰, soit en servant de substrat à des bactéries méthylophiles, soit en contrôlant les niveaux d'oxygène. Les processus de recyclage de méthylmercure à l'intérieur des lacs sont également incertains. Le troisième volet porte sur le destin du méthylmercure bioaccumulé lors de la mort des poissons/ CRSNG.

Mercury experiment to assess atmospheric loading in Canada and the United States (METAALICUS)/ Expérience à l'échelle d'un écosystème pour évaluer le rôle du Hg atmosphérique dans la contamination des poissons des lacs du Canada et des États-Unis

Ce projet a pour but d'établir un lien causal entre les dépôts atmosphériques de Hg et les concentrations de Hg dans la chair des poissons de nos lacs. Une fois ce lien établi, les mesures gouvernementales de contrôle des

émissions anthropiques pourront se baser sur des faits scientifiques plus solides. Le projet consistera à augmenter volontairement les dépôts atmosphériques de Hg d'un écosystème de l'Experimental Lakes Area. Trois isotopes stables de Hg seront utilisés pour simuler cette augmentation. Un isotope stable sera ajouté directement à la surface du lac. Un second sera ajouté à la zone humide en contact avec le lac (un lieu propice à la méthylation). Un troisième isotope sera ajouté à la région sèche du bassin-versant du lac. Une équipe d'une vingtaine de chercheurs internationaux examinera toutes les composantes de l'écosystème suite aux additions, afin de suivre le transport et les transformations du Hg dans le milieu terrestre et aquatique/ CRSNG-Stratégique, CRSNG-Actions concertées/ Coll. : B. Branfireun (Toronto), V. St.Louis (Alberta), H. Hintelmann (Trent), J. Rudd (MPO), R. Harris (Tetra Tech), S. Lindberg (ONRLO), C. Kelly (Manitoba) et une quinzaine d'autres chercheurs.

Étude sur le cycle du mercure dans le fleuve Saint-Laurent

Les zones humides sont considérées comme des écosystèmes importants au niveau de la biodiversité et de leur fonctionnement. Plusieurs d'entre eux ont été détruits et il y a actuellement une volonté de les revitaliser. Or, les zones humides peuvent être des sources de méthylHg pour les écosystèmes voisins, car la méthylation bactérienne semble y être favorisée. Notre projet vise à mieux comprendre le cycle du Hg dans une zone humide bordant le fleuve Saint-Laurent, afin de déterminer le risque que ces zones posent aux écosystèmes et populations riveraines. Ce projet se penchera entre autres sur les facteurs influençant les échanges air-eau de Hg, les interactions soufre-mercure, la méthylation et la déméthylation bactérienne, le transfert trophique de Hg et le danger pour la population consommatrice de poissons/ CRSNG, Réseau de recherche COMERN/ Coll. : L. Poissant (EC), A. Tessier, D. Lean (Ottawa), M. Lucotte (UQAM), D. Mergler (UQAM).

Élucidation des taux et processus photochimiques menant à l'évasion du Hg de la neige et de l'eau

Les réactions photochimiques du Hg sont à l'origine de changements d'états d'oxydation menant à un changement de volatilité du Hg. Afin de comprendre les flux entre les compartiments air/eau et air/neige, il importe d'établir les taux et les processus de ces réactions. Dans ce projet, nous proposons de conduire en parallèle des expériences de laboratoire et des expériences de terrain afin d'identifier les principaux complexes photoactifs par rapport au mercure. Notre équipe se préoccupera tout spécialement des réactions qui se produisent dans la neige, puisque nous avons récemment montré que le Hg dans la neige était très dynamique, ce qui affecte beaucoup son devenir. Cette recherche est particulièrement d'actualité, à cause de la récente découverte de déposition massive de Hg dans l'Arctique lors du lever de soleil polaire. Nous comparerons donc les mécanismes et taux de photoréduction et oxydation du Hg dans la neige de l'Extrême Arctique, du Grand Nord québécois et de la zone tempérée. Nous comparerons ces résultats avec ceux obtenus avec de l'eau de pluie/ CRSNG, Réseau de recherche COMERN/ Coll. : S. Scott (Ottawa), D. Lean (Ottawa).

Transformations du Hg dans les écosystèmes aquatiques

Le carbone organique dissous influence fortement la spéciation du Hg dans la zone oxique des écosystèmes aquatiques. Or, de nombreuses réactions de photodéméthylation, de photoréduction et de photoxydation se produisent dans cette zone. Notre projet portera sur l'influence de la matière organique sur ces processus. Nous ferons des études photochimiques sur un ensemble de lacs canadiens représentant un large spectre de conditions physico-chimiques et trophiques. Nous étudierons plus en détail les mécanismes en oeuvre dans deux systèmes contrastés. Puis nous établirons un modèle permettant la prédiction des flux de Hg à partir des lacs canadiens, lequel modèle sera validé lors d'une campagne finale d'échantillonnage/ CRSNG, Réseau de recherche COMERN/ Coll. : D. Lean (Ottawa).

Transfer of Hg from decaying fish to aquatic and terrestrial invertebrates

La majorité du méthylHg (MeHg) d'un écosystème aquatique se situe dans la chair des poissons. Or, c'est cette forme de Hg qui est la plus facilement bioaccumulable et bioamplifiable le long de la chaîne trophique. Malgré l'importance des poissons en tant que vecteur de MeHg, aucune étude n'a encore été publiée sur le devenir du Hg dans la chair des carcasses de poissons en décomposition, suite à leur mort naturelle. Dans le cadre de ce projet, nous suivons le transfert du Hg à partir des carcasses de poissons vers les décomposeurs aquatiques, et vers les compartiments abiotiques de l'écosystème. Les poissons proviendront d'un écosystème présentement soumis à une addition de Hg isotopique dans le cadre du projet international METAALICUS à l'Experimental Lakes Area. Les poissons seront donc marqués avec des isotopes stables de Hg. Nous placerons ces poissons dans un autre écosystème non soumis à une addition isotopique et suivrons le transfert d'isotopes stables à travers le réseau trophique, par analyse en ICP-MS/ Pêches et Océans Canada, Programme pilote de subvention/ Coll. : R.A. Bodaly (P&O), P. Blanchfield (P&O), H. Hintelmann (Trent).

Jean-Christian AUCLAIR,
professeur

Assainissement

Synthèse de la struvite à partir du lisier de porc

La struvite est une composante des fertilisants, dont le principal avantage est sa dissolution très lente dans les sols, ce qui minimise les pertes en phosphore et en azote ammoniacal dans les eaux de ruissellement. Ce projet vise le développement d'un dispositif expérimental économiquement rentable à "l'échelle de la ferme", pour récupérer la struvite des eaux digérées anaérobies du lisier de porc, minimisant ainsi les apports en ammonium et en orthophosphates de la composante liquide aux eaux de ruissellement. La struvite obtenue serait alors vendue aux industries impliquées dans la fabrication des fertilisants/ CRIQ/ Coll. : H. Benmoussa (CRIQ).

Olivier BANTON, *professeur invité*

Hydrogéologie

Qualité de la santé humaine et celle des écosystèmes dans l'espace Buyo

L'objectif général du projet est d'améliorer la qualité de la santé humaine et celle des écosystèmes dans l'espace Buyo. Les objectifs spécifiques sont de : i) caractériser la composition et les structures des écosystèmes, incluant les populations humaines; ii) déterminer la nature, le niveau de contamination et l'impact toxicologique des contaminants chimiques, ainsi que leur bioconcentration dans les écosystèmes aquatiques, terrestres et chez l'homme; iii) déterminer les processus et mécanismes de gestion et de valorisation des ressources agropastorales et halieutiques; iv) identifier les facteurs socioculturels qui favorisent les maladies liées à l'eau; et v) documenter l'impact d'une approche intégrée à la gestion communautaire de l'eau potable. Ce projet est réalisé par l'Université d'Abobo Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire) avec la participation de l'INRS-ETE/ CRDI/ Coll. : P. Lafrance, M. Amyot, S. St-Pierre.

Jean BÉDARD, professeur associé

Géodynamique

Origine et contexte structural et stratigraphique de l'ophiolite de Thetford Mines et des gîtes de chromite dans les Appalaches du Sud du Québec

L'étude génétique, structurale et stratigraphique des gîtes de chromite dans les Appalaches du Sud du Québec a conduit à plusieurs conclusions intéressantes. La cartographie de détail a permis de mieux apprécier le rôle des failles intra-océaniques dans la mise en place des complexes et les processus minéralisateurs. La découverte d'un essaim filonien a permis d'expliquer l'évolution de l'ophiolite de Thetford Mines en invoquant des scénarios génétiques conventionnels. Enfin, la classification des chromitites a fait ressortir deux types de minéralisation enrichie en éléments du groupe du platine. Les travaux stratigraphiques et de corrélation suggèrent que l'Ophiolite de Thetford serait corrélative avec celle d'Asbestos, et peut-être aussi avec les fragments ophiolitiques qu'on trouve en fenêtre tectonique dans le St. Daniel jusqu'au Mt Chagnon, délimitant ainsi une province métallogénique considérable. Nous soupçonnons que ces ophiolites faisaient jadis partie d'une seule plaque intra-océanique qui a été obductée en même temps/ CGC, CRSNG/ Coll. : É. Boisvert (CGC-Q), K. Lauzière (CGC-Q), A. Tremblay, V. Bécu, P. Pagé, J-M Schroetter, Ressources Allican inc.

Christian BÉGIN, professeur associé

Géodynamique

Analyse dendrogéochimique des impacts de la contamination anthropique sur l'environnement

Les objectifs de ce projet, qui fait partie du programme MITE de la CGC, sont de développer et d'évaluer un nouvel outil de biomonitoring environnemental de haute résolution temporelle combinant la géochimie isotopique et élémentaire de même que la dendrochronologie, et permettant de retracer les changements environnementaux reliés à une source ponctuelle de contamination (Fonderie Horne, Rouyn-Noranda), de distinguer les contributions respectives des métaux d'origine naturelle et anthropique dans un environnement contaminé, de fournir une perspective historique des changements environnementaux à proximité de la fonderie et d'évaluer les impacts des émissions de la fonderie sur la forêt boréale.

Les travaux réalisés au cours de la dernière année du projet ont permis de confirmer les tendances spatiales et temporelles des profils dendrogéochimiques/isotopiques déjà produits. En effet, les analyses d'un arbre additionnel pour chacun des sept sites étudiés renforcent les interprétations de cause à effet entre l'intensité des émissions de la fonderie Horne et l'accroissement des concentrations en Cd, Pb et Pb isotopique de type anthropique, l'augmentation abrupte des rapports isotopiques du carbone et la diminution coïncidente de ceux de l'hydrogène dans les cernes des arbres. Les travaux récents concernant les impacts des émissions de la fonderie sur la croissance des arbres, notamment par l'étude de l'évolution de la surface terrière, ont mis en évidence une diminution de la productivité nette à partir de 1945, 17 années après le début des activités à la fonderie. Enfin, l'expertise acquise dans le cadre de ce projet a également été mise à profit dans le programme "MITE-Research Network" du "Canadian Network of Toxicology Centres". L'objectif premier de cette initiative est d'évaluer la charge totale en métaux dans les tissus ligneux des espèces arborescentes de la forêt boréale soumise à des

contaminations de source ponctuelle, comme celle de la fonderie Horne. Les résultats montrent que les espèces décidues sont particulièrement efficaces pour accumuler les métaux potentiellement phytotoxiques. À proximité de la source de contamination, les tissus ligneux des quatre espèces arborescentes étudiées contiennent près de 15 kg de plomb par km, une quantité 20 fois supérieure à celle mesurée dans les forêts situées à un peu plus de 100 km de la fonderie/CGC, Association minière du Canada/ Coll. : M. Savard (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), A. Smirnov (CGC-Q), M. Luzincourt (CGC-Q), X. Hou, N. Tassé, J. Marion.

Mario BERGERON, professeur

Géodynamique

Développement d'un procédé de traitement de chromites platinifères

Ce projet vise le développement d'une nouvelle technologie d'enrichissement de la chromite et d'extraction des métaux du groupe du platine par une approche employant la carbochloruration à sec. La mise au point de cette technologie apparaît essentielle à l'exploitation d'un gîte de chromite platinifère, le gîte Ménarik, qui est détenu à 100 % par Pro-Or. Pro-Or travaille depuis plusieurs années au développement de cette propriété et dernièrement, Pro-Or a financé des travaux importants à l'INRS-ETE portant sur une synthèse des données géologiques, géochimiques métallogéniques, métallurgiques et géophysiques du gîte Ménarik. Les chercheurs de l'INRS ont, entre autres choses, élaboré un programme de recherche détaillé sur une nouvelle approche métallurgique très prometteuse et excessivement bien adaptée à l'exploitation de gîtes du type Ménarik.

Afin de simplifier l'extraction des MGP de chromites, une voie métallurgique alternative à la pyrométallurgie est proposée. Ce processus est basé sur la transformation des phases minérales contenant des éléments du groupe du platine en des composés chlorurés fortement solubles dans HCl. Ces réactions sont effectuées par chloruration à sec. Ce processus d'extraction comprend deux grandes étapes, une première, celle de chloruration permettant la transformation des phases platinifères en des composés chlorurés. Ces composés chlorurés ne sont pas volatils à la température de chloruration et demeurent donc dans le réacteur (ils ne sont pas distillés). Dans la deuxième étape, le chlorurateur (le réacteur de chloruration) est vidangé. Les solides sont alors disposés dans une solution de HCl où la dissolution des phases platinifères est effectuée. Cette étape est rapide et hautement efficace. Par la suite, la purification des éléments du groupe du platine peut être effectuée par des technologies existantes.

Cette technologie permet aussi l'enrichissement de la chromite. D'une manière

simplifiée, FeO est extrait sélectivement de la chromite sous forme de FeCl_3 gazeux pour laisser un résidu de chromite montrant un rapport Cr/Fe élevé. Dans le cas où une matrice de chromite platinifère est utilisée comme matériel de départ, les réactions de chloruration des phases métalliques transportant les éléments du groupe du platine, de même que les réactions conduisant à la production de chromite montrant un rapport Cr/Fe élevé, peuvent être effectuées simultanément.

L'INRS-ETE a effectué des travaux importants de chloruration de concentrés de flottation de MGP pour des sociétés Sud Africaines. L'INRS-ETE a présenté à Pro-Or une nouvelle variation du procédé de chloruration par ajout d'un réducteur permettant de réaliser la carbochloruration de concentrés de chromites platinifères. Les travaux proposés ont été divisés en deux phases. La phase 1 implique le développement du procédé à l'échelle laboratoire, tandis que la phase 2 vise la réalisation d'essais à l'échelle pilote. Les essais à l'échelle laboratoire sont présentement en cours/ Co-responsable : Marc Richer-Lafèche.

Développement d'un procédé de traitement de chromites platinifères : étude cinétique

Dans le cadre de ce projet, une étude cinétique de l'étape d'enrichissement de la chromite par extraction du fer a été entreprise. Ce projet a été financé par le programme VRQ/DIVEX (Diversification de l'exploration minérale au Québec, directeur DIVEX pour l'INRS : M. Malo). Plus spécifiquement, des expériences de carbochloruration de chromites platinifères ont été effectuées en laboratoire par analyse thermogravimétrique (ATG). Les données ont servi à calculer des énergies d'activation (E_a) pour divers mélange gazeux Cl_2 -CO. Une optimisation du procédé, basé sur la cinétique chimique, a été par la suite réalisée. L'équation cinétique de la réaction de carbochloruration a été déterminée. Les données obtenues ont permis d'atteindre un rapport chrome/fer de près de 17 dans les conditions optimales. Ce rapport est de quatre fois supérieur à ceux des minerais les plus riches retrouvés dans l'environnement géologique. Ce processus d'optimisation est déterminant, du point de vue économique, pour l'ensemble du procédé et permet de concevoir

une production en éléments du groupe du platine comme sous-produits du procédé d'enrichissement de la chromite/ Co-responsable : Marc Richer-Lafèche.

Traitement de sols et sédiments contaminés par des contaminants mixtes

Les activités industrielles près des zones urbaines et portuaires entraînent une contamination variable des sols et sédiments. Un grand nombre de sites contaminés présents dans ces zones ont déjà été identifiés par les agences gouvernementales et municipales. Les sols contaminés sont souvent localisés dans des secteurs montrant un fort potentiel pour une restauration d'un environnement urbain propice à un développement harmonieux des villes. Advenant la disponibilité de technologies de décontamination efficaces, d'anciennes zones industrielles souvent localisées près des centres-villes pourraient être mises en valeur. Actuellement, la majorité des sols contaminés sont excavés et disposés dans des sites d'enfouissement. Selon les agences gouvernementales, les sols contaminés en milieu urbain contiennent souvent des contaminants mixtes de type organique et inorganique. Il existe une grande panoplie de technologies permettant le traitement de matériaux affectés par des contaminants organiques. Cependant, très peu de procédés sont actuellement disponibles pour traiter des sols contaminés par des composés inorganiques ou mixtes. L'objectif principal de cette thématique est de développer des procédés de traitement applicables, entre autres choses, à des sols et des sédiments contaminés simultanément par des composés organiques et inorganiques. De façon à minimiser les coûts de restauration, l'utilisation de méthodes de traitement de minerai les moins coûteuses, parmi celles que l'on retrouve dans l'industrie minière, est apparue pertinente. Dans l'optique d'une application environnementale, ces méthodes ont pour fonction de concentrer les contaminants afin de produire un rejet décontaminé. Plusieurs projets sont en cours, qui portent sur de nouvelles utilisations des techniques minéralurgiques à des fins environnementales. Ainsi, on examine actuellement la récupération de fines particules métalliques et divers contaminants organiques par des techniques de flottation en colonne agitée.

Normand BERGERON,
professeur

Géodynamique

Développement et démonstration de techniques pour la restauration de la qualité du substrat de fraie des salmonidés

Le projet a pour objectif général de développer un ensemble de techniques simples et pratiques permettant d'évacuer efficacement les sédiments fins de la couche superficielle du substrat afin d'en restaurer la qualité pour la fraie des salmonidés. Plus spécifiquement, le projet a pour objectifs de : i) développer des techniques de nettoyage "hydromotrices", c'est-à-dire qui utilisent l'énergie hydraulique de la rivière pour fonctionner; ii) développer les limites et critères d'applicabilité de chacune de ces techniques; et iii) démontrer l'efficacité de ces techniques pour l'évacuation des sédiments fins de la couche superficielle du substrat des frayères. Les techniques développées ont pour objectifs de remobiliser les sédiments fins du substrat et de les évacuer de la frayère en agissant sur l'une ou l'autre des deux variables hydrauliques qui régissent le transport de sédiments en rivière, soit la vitesse moyenne de l'écoulement près du lit (force tractrice) et l'intensité turbulente. Trois techniques principales seront développées et testées en laboratoire et sur le terrain, soit le "ruban d'entretien", le "tapis flottant" et le "caisson déflecteur"/ Fonds priorités gouv. en science tech., Hydro-Québec, Société de restauration du saumon de la rivière Betsiamites.

Géomorphologie fluviale et habitat hivernal des saumons en rivière

Bien que les rivières canadiennes soient, pour la plupart, recouvertes de glace lors de la saison hivernale, relativement peu d'information est disponible concernant l'effet de la présence d'un couvert de glace sur la géomorphologie et l'écologie des rivières. L'objectif à long terme de ce programme de recherche consiste à mieux comprendre l'effet des formes et processus fluviaux qui déterminent l'habitat d'hiver des saumons en rivière. Pour les quatre prochaines années, les objectifs spécifiques de la recherche sont : i) d'examiner l'effet de la formation et du

développement du couvert de glace sur les variations temporelles de l'infiltration des sédiments fins dans les nids de saumon lors de l'incubation; et ii) d'analyser les variations spatiales et temporelles de l'habitat d'hiver des saumons atlantique juvéniles en relation avec la taille du cours d'eau, les conditions de glace et le débit. La première question sera étudiée en documentant, sur le terrain, les variations temporelles de l'infiltration des sédiments fins dans des nids artificiels de saumons. La deuxième question sera abordée en documentant, sur le terrain, les variations spatiales et temporelles de l'habitat d'hiver des saumons juvéniles de façon à : i) déterminer l'effet des changements géomorphologiques des rivières vers l'aval sur la disponibilité d'habitat d'hiver; et ii) analyser l'effet de la glace et des débits d'étiages hivernaux sur la disponibilité de cet habitat/ CRSNG.

Étude des impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin-versant de la rivière Cascapédia : effet des limons sur la survie des embryons de saumon atlantique (Salmo salar)

Plusieurs rivières à saumon de la Gaspésie (ex. rivière Cascapédia) coulent sur des roches sédimentaires à faciès détritiques fins (roches sédimentaires grisâtres, comprenant des grès, des calcaires schisteux argileux souvent laminés et des shales) qui génèrent des sédiments contenant relativement peu de sable mais dont la fraction limon ou silts (diamètre des particules < 0.063 mm) est particulièrement abondante. Bien qu'il soit connu que la présence de sédiments de la taille des sables, dans le substrat des rivières, peut avoir un effet négatif sur le développement des œufs de saumon, peu d'information est disponible concernant l'effet des limons et des silts. En conséquence, les critères sédimentologiques définissant la qualité du substrat de reproduction pour les salmonidés sont essentiellement basés sur la fraction sableuse et donnent peu d'information sur les teneurs maximales en limons perméables.

Une étude en laboratoire, financée par le «Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet I – expérimentation» du Ministère des Ressources Naturelles du Québec, a permis de démontrer que la présence de limons dans le substrat

d'incubation des œufs de saumon augmente de façon significative et importante la mortalité d'embryons. Ce résultat est d'une importance scientifique et pratique puisqu'il implique que de nouveaux critères sédimentologiques de la qualité du substrat de reproduction incluant l'effet des limons devront maintenant être développés et validés sur le terrain.

Les objectifs du projet consistent à :

- i) développer de nouveaux critères sédimentologiques de qualité du substrat au moyen d'expérience en laboratoire permettant d'approfondir les résultats obtenus au cours de la première étude; et
- ii) valider ces critères sédimentologiques sur le terrain en effectuant une étude de la survie des embryons de saumon sur la rivière Grande-Cascapédia/ Ministère des Ressources Naturelles du Québec, CIRSA, Société Cascapédia/ Coll. : M. Lapointe.

Évaluation et aménagement du substrat des frayères de la rivière Betsiamites

Le projet a pour objectifs principaux :

- i) d'évaluer la qualité des principales frayères à saumon de la rivière Betsiamites, en déterminant la survie à l'émergence des alevins au moyen de nids artificiels contenant chacun une quantité connue d'œufs fertilisés;
- ii) de mesurer l'ampleur du phénomène d'infiltration des sédiments fins dans les nids de saumon au cours de la période d'incubation, en mesurant la quantité de sédiments fins infiltrés dans les nids artificiels;
- iii) d'effectuer des essais de nettoyages du substrat des frayères, et de déterminer la rapidité d'infiltration et de consolidation des sédiments fins dans les parcelles de substrat nettoyées/ Société pour la restauration du saumon de la rivière Betsiamites.

Geosalar: utilisation de la géomatique pour la caractérisation de l'habitat fluvial et la modélisation de la production de saumonneaux en rivière (Rivière Sainte-Marguerite)

Ce projet consiste à appliquer les développements récents, dans le domaine de la géomatique, à la problématique de la modélisation de la production de saumon atlantique en rivière en fonction des caractéristiques de l'habitat fluvial. La partie du projet portant sur l'habitat physique consiste à utiliser la photogrammétrie digitale, l'analyse d'image et les Systèmes d'Information Géographique (SIG), afin de modéliser la disponibilité d'habitat fluvial du saumon atlantique à partir d'un survol photographique à basse altitude de la rivière et d'images obliques récoltées à différents points le long de la rivière. La partie biologique du projet consiste à utiliser les données d'habitat physique afin de modéliser la variabilité spatiale et temporelle de la production de smolts à l'intérieur du bassin de drainage. Ces résultats permettront d'améliorer les modèles empiriques actuellement utilisés pour la gestion des stocks de saumon de la province de Québec/ Réseau de centre d'excellence Geoïde, Hydro-Québec, CIRSA inc., Génivar, Société de la Faune et des Parcs du Québec/ Coll. J. Dodson, M. Lapointe, S. Lane, D. Boisclair, F. Caron.

Réponse des rivières aux changements environnementaux

Le projet a pour objectif de promouvoir l'avancement et le transfert des connaissances scientifiques portant sur la réponse des rivières aux changements environnementaux, et de contribuer à la formation de spécialistes qui pourront intervenir dans ce domaine. L'accent de la recherche est mis sur la géomorphologie et la sédimentologie. Les objectifs du programme de recherche sont :

- i) de comprendre la variabilité naturelle de la dynamique fluviale à diverses échelles;
- ii) d'identifier, de quantifier et de modéliser les processus d'ajustement des cours d'eau suite à des changements environnementaux et à des interventions anthropiques;
- iii) d'évaluer l'efficacité de mesures de réhabilitation des habitats du poisson, et de développer une approche mieux adaptée aux cours d'eau du Québec à l'aide de la modélisation numérique.

La poursuite de ces objectifs se fera par l'intermédiaire de cinq projets interreliés et qui couvrent une gamme d'échelles spatiales et temporelles et un large spectre de techniques et d'applications. Ces projets portent sur : i) les impacts des variations du niveau d'eau du St-Laurent, suite aux changements anticipés du climat sur les tributaires et l'apport sédimentaire au fleuve; ii) l'application de la luminescence optique à l'étude des processus fluviaux et à la quantification de la stabilité des lits de rivière; iii) l'amélioration des stratégies d'implantation et de suivi des structures de réhabilitation en rivière; iv) la variabilité de l'habitat et du succès reproducteur des salmonidés, selon la morpho-sédimentologie des rivières en Gaspésie; v) les variables géomorphologiques affectant la qualité de l'habitat d'hiver des salmonidés/ FCAR-Équipe/ Coll. A. Roy (responsable), P. Biron, M. Lamothe, M. Lapointe.

Monique BERNIER, professeure

Hydrologie

Développement d'algorithmes et d'outils pour le suivi du couvert nival par télédétection

Ce projet vise la mise au point d'algorithmes et d'outils pour le suivi du couvert nival à partir de capteurs satellitaires opérant dans les micro-ondes comme celui du satellite canadien RADARSAT-1. Récemment, des algorithmes ont été développés pour l'estimation de l'équivalent en eau de la neige (EQeau) ou la détection de la neige humide dans les régions de taïga et de prairies. Cependant, ces algorithmes doivent être adaptés à d'autres milieux écologiques. Pour ce faire, nous proposons de : i) modéliser l'interaction des micro-ondes avec les épinettes noires, le couvert nival et le sol, afin de mieux comprendre l'impact de la densité de la forêt sur le signal détecté et ainsi faciliter l'adaptation d'EQeau à d'autres milieux écologiques au Canada; ii) modéliser la création et l'évolution des croûtes de glace en adaptant un modèle français de simulation du couvert nival; iii) (en collaboration avec des chercheurs européens), évaluer un nouveau capteur *in situ* permettant de mesurer la densité de la neige au sol de façon continue, vérifier son applicabilité dans des conditions canadiennes et comment ces données pourraient être intégrées au logiciel EQeau pour améliorer la détermination de l'équivalent en eau de la neige; iv) développer des algorithmes adaptés aux régions montagneuses pour le suivi de la couverture neigeuse, avec des collaborateurs libanais (J. Somma et coll., USJ) et français (Dedieu et coll., LAMA-TEO); v) et évaluer le potentiel des capteurs RSO polarimétriques qui seront installés à bord de RADARSAT-2 et Envisat (Europe) pour le suivi des paramètres du couvert nival, tant au Canada que dans les Alpes françaises/ CRSNG/ Coll. : Y. Gauthier.

Validation à moyen terme de l'approche EQeau

L'approche EQeau permet d'estimer la quantité de neige au sol à partir de deux images du satellite canadien RADARSAT-1, une image d'hiver et une image de référence (sans neige)

ainsi que de l'information sur la densité moyenne du couvert nival. À l'hiver 2000, l'approche EQeau n'a pas répondu aux attentes, principalement à cause de la faible qualité radiométrique des images multi-faisceaux (4) ScanSAR Wide (500 km x 500 km) utilisées pour couvrir l'ensemble du bassin de la rivière La Grande. L'hiver suivant, des images ScanSAR Narrow (2 faisceaux, 350 km x 350 km) ont été utilisées et nous avons pu vérifier la stabilité radio-métrique (fiabilité) de ces images, lesquelles sont aussi utilisées cet hiver. En 2002, nous poursuivons la validation de l'approche EQeau dans un contexte opérationnel, afin de mieux comprendre les limites environnementales d'application et d'en raffiner l'algorithme, pour le rendre à la fois plus sensible et plus robuste.

Les principaux objectifs du projet sont : i) de vérifier la qualité radiométrique des images utilisées et de sélectionner la meilleure série d'images de référence; ii) d'appuyer le personnel d'Hydro-Québec dans la production des cartes d'équivalents en eau de la neige au sol sur l'ensemble du bassin de la rivière La Grande; iii) d'améliorer la fiabilité de la représentation cartographique; iv) d'améliorer la précision des estimations à l'échelle locale (au site) et régionale (sous-bassin); v) d'établir l'incertitude des résultats (cartes et moyennes par sous-bassin); et vi) d'améliorer la convivialité et la fonctionnalité du logiciel EQeau (version MapX)/ Hydro-Québec (IREQ)/ Coll. : Y. Gauthier, P. Ducharme, M.C. Bouchard (Hydro-Québec).

Suivi des caractéristiques du couvert nival et de la glace de rivière à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation

Ce projet contribue à trois objectifs du volet "neige" du projet canadien CRYSYS (Cryosphère-climat) : i) l'amélioration des connaissances sur la variabilité spatiale et temporelle des propriétés du couvert nival et leurs interactions avec le système climatique; ii) la récupération de relevés *in situ* sur les propriétés du couvert nival; et iii) le développement et le raffinement d'algorithmes pour estimer les propriétés du couvert nival à partir des données micro-ondes actives et passives.

Pour l'année 2001-2002, il comprend quatre

volets : i) mesurer l'importance relative de différents facteurs physiques et environnementaux affectant la présence des croûtes et des lentilles de glace dans le couvert nival ainsi que les échanges énergétiques, liquides et gazeux entre le sol et l'atmosphère, et développer une méthode de suivi, en milieu naturel, des stades de formation et d'évolution des croûtes et lentilles de glace sur toute la période hivernale; ii) récupérer les données de terrain sur le couvert nival recueillies depuis dix ans par l'INRS-ETE et les mettre dans un format numérique compatible avec la base de données du Centre de documentation de CRYSYS, localisé à l'Université de Waterloo; iii) comparer la qualité et la stabilité radiométrique des images en mode Wide et ScanSAR de RADARSAT-1 dans le but d'extraire l'équivalent en eau du couvert nival à la Baie James; et iv) évaluer l'efficacité du radar à synthèse d'ouverture (RSO) du satellite RADARSAT-1 pour la caractérisation et le suivi du couvert de glace de la rivière Saint-François, dans le Sud du Québec/ Environnement Canada/ Coll. : T. Ouarda, Y. Gauthier, E. Van Bochove (Agriculture Canada), E. Martin (Météo-France), Centre climatique canadien de Toronto, Agence spatiale canadienne (ADRO-2).

Développement d'une sonde et de méthodes pour le suivi en continu de la densité et de la teneur en eau liquide du couvert nival : SNOWPOWER

Il s'agit d'un projet de recherche international impliquant six équipes provenant de cinq pays dont quatre européens (Allemagne, Suède, Autriche, Suisse), sous le leadership de l'Institut de météorologie et climatologie de Kalrushe, en Allemagne. Les partenaires européens sont financés par le 5^e programme cadre de la Commission Européenne. Le but final du projet est de développer un instrument et des méthodes permettant d'améliorer l'estimation de l'équivalent en eau et de la teneur en eau du couvert de neige, par des mesures sur le terrain en continu et une corrélation simultanée avec les données de télédétection.

Le volet canadien comporte quatre objectifs dont les trois premiers sont directement liés aux objectifs du projet européen : i) évaluer la qualité et la précision des données fournies par

la sonde à neige SNOWPOWER dans un environnement nordique canadien; ii) évaluer l'impact de ces nouvelles données sur la précision des débits et des apports en eau au réservoir dans un contexte de gestion hydroélectrique; iii) évaluer l'impact de ces nouvelles données sur l'étalonnage et la validation des cartes d'équivalents en eau produites à partir des images RADARSAT et utilisées pour la prévision des apports en eau au réservoir; et iv) évaluer l'impact de ces nouvelles données pour la mise à l'échelle des émissions de gaz à effets de serre provenant des sols sous couvert de neige/ CRSNG/ Coll. : J.-P. Fortin, H.G. Jones; Y. Gauthier, E. Van Bochove (Agriculture Canada), P. Ducharme, V. Fortin (Hydro-Québec), Forschungszentrum Karlsruhe (Allemagne), Royal Institute of Technology (Suède), Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research, Matt & Sommer & Co (Autriche), Hydro-Québec.

Infrastructure du Centre d'études Nordique (CEN)

Le Centre d'études nordiques (CEN) est un centre FCAR depuis 1982. La direction du CEN et son administration centrale est à l'Université Laval. Il regroupe actuellement 26 chercheurs universitaires (U. Laval, UQAR, INRS, UQTR). Le CEN a pour objectif principal de développer les connaissances fondamentales et appliquées sur les populations, les écosystèmes et les ressources renouvelables (forêts, faune, eau, tourbe, sols) des régions froides et les changements qui l'affectent dans le contexte des grands enjeux que représentent les changements climatiques, les grandes perturbations naturelles et anthropiques, la santé environnementale et la biodiversité en région nordique et en milieu montagnard. De plus, les territoires circumboréaux et circumpolaires sont reconnus comme abritant des écosystèmes hautement sensibles et marqués par des changements mesurables qui sont indicateurs et parfois précurseurs de changements planétaires. Le CEN offre un service de soutien à la recherche nordique et à la formation de chercheurs avec sa station de recherche de Whapmagoostui-Kuujuarpik. La station a aussi une infrastructure satellite sur le bassin de la rivière La Grande (Radisson), une seconde à la limite nordique des forêts au sud-est d'Inukjuak et une troisième à l'île Bylot dans l'Arctique. Le CEN réalise ses travaux dans le Nord-Est américain et fait contrepoids aux

regroupements de chercheurs de l'Université de l'Alaska et de l'Université du Colorado à Boulder (INSTAAR). Les activités de recherche dans lesquelles l'INRS-ETE est impliqué sont les études sur la paléohydraulique dans les complexes hydro-électriques du nord, l'hydroclimatologie nordique, l'analyse de l'hydrologie hivernale et le suivi du couvert de glace en rivière, de même que le suivi des propriétés du couvert nival et la cartographie des tourbières de la Jamésie. La subvention totale du FQRNT pour le Centre de recherche et l'accès aux stations nordiques est de 500 500 \$/année pour 6 ans/ Université Laval (CEN) / Coll. : T. Ouarda, Y. Bégin (Directeur du CEN, Univ. Laval) et 22 autres chercheurs.

Développement d'une méthode d'estimation de l'équivalent en eau de la neige par imagerie RADARSAT en terrain montagneux (EQeau-Relief)

Ce projet fait suite au projet pilote EQeau, lequel a permis à l'INRS-ETE, Hydro-Québec et VIASAT Géo-technologie de développer une méthode pour estimer l'équivalent en eau de la neige à partir des images RSO de RADARSAT-1 dans une région de plateaux et collines de la taïga. Ce projet vise à examiner les possibilités d'adapter la méthode EQeau aux régions montagneuses. Le site d'étude est une région des Rocheuses localisée à une cinquantaine de kilomètres de Vancouver. Les autres partenaires sont Radarsat International inc. de Vancouver et BC Hydro. Deux images RADARSAT-1 ont été acquises en mars 2001, l'une en condition de neige sèche et l'autre en condition de neige humide. Une troisième sera acquise tout de suite après la fonte. Des campagnes de terrain ont aussi eu lieu les jours d'acquisition des images. Les objectifs du projet sont de : i) répertorier les méthodes de correction des effets des pentes sur la radiométrie du signal radar, ce qui permettra de choisir un algorithme pour corriger ces effets tout en effectuant la correction géométrique (ortho-images) des images RADARSAT pour laquelle un MNA est aussi utilisé; ii) comprendre l'influence de l'épaisseur significative (> 2 m) du couvert nival, de sa forte densité (30 à 40%) ainsi que celle de la hauteur et de la densité du couvert forestier sur le signal radar en bande C; iii) développer des approches de traitement et d'analyse qui permettraient d'estimer l'équivalent en eau dans les régions montagneuses; et iv) proposer

des avenues pour adapter la méthode EQeau aux milieux montagneux/ Viasat Géo-Technologies/ Coll.: Y. Gauthier; Partenaires : Viasat Technologies inc., Radarsat International inc. de Vancouver, BC Hydro, Hydro-Québec.

Constitution d'une base de données géospatiales incluant des images RAS aéroportées multipolarisations de la région Manic-5, Québec

Il s'agit de constituer une base de données géospatiales qui sera ensuite distribuée sur CD par l'ASC afin de permettre à des utilisateurs potentiels (étudiants, professionnels) de se familiariser avec des données radar multipolarisations avant le lancement de RADARSAT-2 (2004). En effet, ce dernier possédera un capteur radar multipolarisations (HH, VV, HV, VH) alors que RADARSAT-1 n'opère qu'en polarisation horizontale (HH). En plus d'images radar aéroportées de la région de la Côte-Nord acquises en mars (neige sèche) et en mai 2001, la base de données numériques sera composée d'éléments des cartes topographiques (BDTQ 1/20 000), de la compilation géoscientifique et des données géophysiques au 1/50 000 (Géologie Québec), des cartes écoforestières au 1/20 000 (Forêt Québec) et d'ortho-images au 1/20 000 (Forêt Québec) ainsi que des informations sur les conditions environnementales lors de l'acquisition des images radar. Cette base de données géospatiales va aussi servir à étudier le potentiel des images radar multipolarisations dans le cadre d'une thèse doctorale sur le suivi du couvert nival/ Agence spatiale canadienne/ Coll. : Y. Gauthier, M.C. Bouchard (Hydro-Québec).

Dynamique du carbone dans les tourbières boréales (Carbon dynamics in boreal peatlands)

Les tourbières constituent les plus grands réservoirs terrestres de carbone mais la compréhension de leurs processus dynamiques qui interagissent sous un climat changeant est encore limitée. Ce projet vise à identifier et à comprendre la dynamique des secteurs tourbeux vulnérables et à risques d'émissions accrues, dans la région des Basses-terres de la Baie James et de la Baie de Rupert, sous l'influence de conditions climatiques changeantes et d'une hausse prévue des températures annuelles. On prévoit que le réchauffement aura des impacts sur la hausse de la température interne de la tourbe ainsi que sur l'abaissement des nappes phréatiques engendrant, par une décomposition accrue de la matière organique, une accentuation des émissions de CO₂ et de méthane (CH₄) dans l'atmosphère. Ce projet comporte trois volets : i) cartographie et classification des paramètres de surface des tourbières à l'aide d'images RADARSAT et LANDSAT (distinction des forêts d'épinettes noires poussant sur substrat minéral et sur substrat tourbeux, évolution des mares, etc.); ii) mesures des émissions de CO₂ et de CH₄ et modélisation de leur dynamique (Peat decomposition model); les mesures *in situ* d'émission des gaz et de l'analyse stratigraphique des horizons (données paléoenvironnementales) serviront aussi à valider le modèle PDM pour un environnement nordique (extrapolation des flux sur tout le territoire (PCARS); et iii) réconciliation de la végétation actuelle et des échanges de carbones des tourbières avec les conditions antérieures; cela implique la cartographie de la végétation, des analyses sporopolliniques, macrofossiles, géochimiques (carbone)/ UQAM, CRSNG Subvention de recherche et de développement coopérative/ Coll. : T. Ouarda, M. Garneau (UQAM), P. Richard (U. de Montréal), N. Roulet et T. Moore (McGill), A. Tremblay (Hydro-Québec).

Jean-François BLAIS, professeur

Assainissement

Développement de technologies de traitement de rejets industriels contaminés par les métaux toxiques

L'objectif central visé par le présent projet est de réunir l'expertise complémentaire de trois équipes de recherche oeuvrant dans le domaine du développement technologique en matière de traitement et de décontamination des effluents et des rejets pollués par les métaux toxiques. Ce regroupement de chercheurs multidisciplinaires permettra d'élargir le bassin de connaissances pour l'élaboration de nouveaux concepts de traitement ou décontamination des rejets et effluents. Ce regroupement sera réalisé dans le cadre de stages d'étudiants gradués, de codirections d'étudiants à la maîtrise et/ou au doctorat, ainsi que de missions de courte durée des chercheurs principaux. Les résultats de la recherche seront soumis pour publication à des revues scientifiques internationales. Les chercheurs et étudiants seront également invités à présenter le fruit de leur recherche dans le cadre de symposiums ou congrès. Les travaux de recherche pourraient également conduire au dépôt de brevets d'invention/ Programme PAS/ Coll. : R. Ben Chejkh (ENIT, Tunisie), F. Zidane (Faculté Sciences Ain Chock, Maroc).

Décontamination des boues d'épuration municipales et industrielles

Une proportion importante des boues d'épuration générées lors du traitement des eaux usées est contaminée par des métaux toxiques, réduisant ainsi les possibilités de valoriser cette biomasse comme fertilisants. La présente demande porte sur l'étude d'un nouveau procédé qui pourrait permettre de décontaminer de manière économique les boues (enlèvement des métaux toxiques et destruction des germes pathogènes). Le procédé comprend, dans un premier temps, la production, par oxydation biologique de sulfate ferreux, d'une solution très concentrée de sulfate ferrique en milieu fortement acide. La solution lixiviante produite par l'oxydation du fer ferreux est utilisée pour abaisser le pH et pour augmenter le potentiel d'oxydoréduction des

boues dans des conditions propices à la mise en solution des métaux. Après l'étape de lixiviation, les boues sont conditionnées et déshydratées. Les boues déshydratées sont neutralisées, alors que les métaux présents dans le filtrat sont récupérés par précipitation. Plus précisément, les travaux porteront d'abord sur les deux étapes principales soit, d'une part, l'optimisation de la bioproduction de la solution de sulfate ferrique (étude de l'effet du pH, de la concentration de fer, du TRH, de la température et des nutriments) agissant comme agent oxydant et, d'autre part, l'optimisation de la lixiviation des métaux avec l'agent oxydant produit par voie bactérienne (étude de l'effet du pH, de Fe^{3+} , du TRH et du contenu en solide). Par la suite, le procédé optimisé sera testé à l'échelle du pilote pré-industriel/ FCAR-Établissement de nouveaux chercheurs.

Extraction et récupération des métaux dans l'environnement

La contamination de l'environnement par les métaux toxiques constitue une menace réelle et grandissante pour notre société. Pour faire face à ce problème, notre équipe de recherche a développé des procédés efficaces pour décontaminer divers types de rejets industriels et urbains. Ainsi, des procédés chimiques et biologiques ont été élaborés pour l'enlèvement des métaux toxiques (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, etc.) présents dans les boues d'épuration municipales (procédés METIX-AC, BF, BS), les sols et les sédiments, ainsi que les cendres volantes d'incinérateurs. L'objectif général de ce projet est de tester et optimiser, à l'échelle du banc d'essai en laboratoire et du pilote préindustriel, un nouveau concept technologique, le procédé METIX-BC, lequel a été élaboré afin de répondre à certains obstacles freinant la mise en marché des procédés de décontamination. Plus précisément, les travaux porteront d'abord sur l'optimisation en laboratoire de la bioproduction d'une solution acide et oxydante. De plus, les recherches viseront également l'optimisation de l'étape de lixiviation des métaux des boues avec la solution lixiviante générée. En ce qui concerne la production de l'oxydant, les principaux paramètres à tester et à optimiser sont le type de réacteur (cellules libres ou fixes), le pH de réaction, la concentration de substrat (sulfate ferreux industriel), le temps de rétention hydraulique (TRH), la température et

la concentration des éléments nutritifs. Pour ce qui est de la lixiviation des métaux, les travaux porteront sur la détermination des conditions optimales de traitement. Les paramètres à évaluer et à optimiser sont le pH de lixiviation, le TRH, la température, la concentration de fer ferrique et le contenu en solides des boues. Un autre objectif visé par le présent projet consiste à évaluer, en laboratoire, la capacité d'adsorption de différents déchets végétaux pour la récupération économique des métaux présents dans les lixiviats produits lors de l'opération du procédé METIX-BC. Une fois les études en laboratoire complétées, le projet vise également à tester le procédé optimisé à l'échelle du pilote préindustriel/ CRSNG-Subvention de recherche.

Procédé combiné de lixiviation et adsorption des métaux toxiques pour la décontamination des cendres volantes d'incinérateurs de déchets municipaux

Le présent projet vise l'amélioration des technologies de décontamination des cendres volantes et ce, afin d'accroître leur valeur commerciale et, également, pour hausser les perspectives d'application de ces technologies canadiennes. Dans le cadre de ce projet, les travaux porteront sur le développement et l'optimisation de trois procédés combinés de lixiviation chimique des métaux et de récupération de ceux-ci sur des adsorbants naturels modifiés chimiquement. La première partie des recherches visera à identifier les adsorbants naturels et les traitements chimiques de ceux qui sont les plus performants, pour la récupération des métaux à partir des effluents issus des procédés de lixiviation des divers types de cendres volantes. La deuxième partie des travaux sera consacrée à l'étude des performances et des caractéristiques des adsorbants en colonnes de percolation. La troisième partie de la recherche sera dédiée à l'étude, à l'échelle du pilote de laboratoire, de trois procédés combinés de lixiviation et d'adsorption des métaux en utilisant les adsorbants sélectionnés. Par la suite, le système le plus performant sera testé à l'échelle du pilote préindustriel en utilisant l'usine pilote de l'INRS-ETE/ CRSNG-Stratégique, Alex Cendre inc/ Coll. : G. Mercier, M. Chartier, M. Amyot, Peter G.C. Campbell, R.D. Tyagi.

Stabilisation et séparation physico-chimique du lisier de porc avec polissage sur filtre à tourbe dopée aux boues rouges

Au Québec et au Canada, il se produit sur une base annuelle respectivement 5 et 15 millions de porcs. Cette production porcine, effectuée dans environ 10 000 fermes canadiennes, s'accompagne d'une génération de 30 millions de mètres cubes de lisier. L'épandage aux fins agricoles peut répondre partiellement au problème mais les sols deviennent vite saturés en azote et phosphore et les surplus ruissellent vers les cours d'eau environnants. Ce projet vise donc à établir une filière de traitement du lisier simple, peu mécanisée, facile d'entretien, efficace et économique, qui pourrait être implantée à la ferme avec un investissement minimal. Le procédé proposé est composé de trois étapes principales, soit : i) la stabilisation et le conditionnement chimique du lisier (enlèvement des odeurs, aseptisation et floculation par l'ajout de produits chimiques); ii) la séparation solide-liquide du lisier brut par flottation et lit de séchage/gel-dégel; et iii) l'épuration (principalement l'enlèvement du phosphore) de la fraction liquide du lisier sur filtre à base de tourbe dopée aux boues rouges. Ce projet, d'une durée de trois ans, vise donc à étudier et à optimiser, dans un premier temps, à l'échelle du laboratoire, cette filière de traitement. Dans un deuxième temps, le projet sera dédié à l'évaluation de la performance de cette technologie et les caractéristiques agronomiques et environnementales des sous-produits de traitement à l'échelle pilote à la ferme expérimentale de l'IRDA à Saint-Lambert. Les protocoles expérimentaux au laboratoire et à la ferme seront conçus de manière à s'assurer de pouvoir réaliser des bilans massiques complets (ex. : bilans des solides, de l'azote et du phosphore) de la chaîne de traitement du lisier et, ainsi, de pouvoir définir les critères de conception et d'exploitation optimaux des différentes variantes envisageables de cette chaîne de traitement/ FCAR-IRDA/ Coll. : G. Mercier, M. Chartier, D. Leblanc, P. Lafrance, R.D. Tyagi, D. Côté (MAPAQ-IRDA).

Optimisation et démonstration de la technologie STABIOX pour le conditionnement et la stabilisation des boues d'épuration des eaux usées de papetières

L'intégration d'un procédé performant de stabilisation des boues et d'aide à la déshydratation dans les systèmes de traitement des eaux usées de papetières permettrait d'accroître les possibilités de valorisation des boues résiduelles, tout en diminuant les nuisances et les coûts associés à la gestion des boues par les méthodes conventionnelles, dont notamment l'incinération ou l'enfouissement. Le projet proposé vise donc à démontrer : i) l'efficacité du procédé STABIOX pour améliorer la filtrabilité des boues afin de réduire le contenu en eau des boues déshydratées, permettant ainsi de diminuer le volume de boues à gérer; ii) l'efficacité du procédé pour la stabilisation des boues du point de vue microbiologique (destruction des micro-organismes et enlèvement des odeurs); et iii) le potentiel fertilisant et l'innocuité environnementale des boues traitées par le procédé. Les activités prévues dans le cadre du présent projet peuvent être réparties en trois phases principales, soit : i) l'optimisation, en laboratoire, du procédé STABIOX; ii) la démonstration de la performance du procédé à l'échelle pilote (3 papetières); et iii) l'évaluation technico-économique et l'élaboration de la configuration industrielle du procédé/ Biolix, Fonds d'action québécois pour le développement durable/ Coll. : G. Mercier, P. Drogui, J.-L. Sasseville, R.D. Tyagi, P. Boudreault (Biolix).

Projet de transfert technologique : Faisabilité technique d'une usine mobile pour développer et tester de nouvelles technologies de traitement des boues en milieu municipal, industriel et agricole

Ce projet concerne le transfert technologique des connaissances inhérentes à l'opération des technologies Metix, dans le but de préparer des plans pour la conception d'une unité mobile de décontamination des boues d'épuration pour la compagnie Biolix. Les principales activités associées au projet sont : i) l'identification et la description des diverses chaînes de traitement chimique et biologique; ii) la description des produits utilisés dans les divers traitements

(nature, caractéristiques, quantités, manipulations, précautions à prendre, etc.); et iii) l'établissement de la liste et des caractéristiques principales des équipements requis (types d'équipement, volume, capacité de pompage, résistance à la corrosion, etc.)/ Biolix, CNRC-PARI/ Coll. : G. Mercier.

Décontamination de rejets industriels et urbains pollués par les métaux toxiques

La contamination de l'environnement par les métaux toxiques, tels que le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc, constitue une menace réelle et grandissante pour notre société. Pour faire face à ce problème, notre équipe de recherche oeuvre au développement de connaissances théoriques et pratiques dans le domaine de la biohydrométallurgie, lesquelles peuvent être applicables à la mise au point de procédés innovateurs et efficaces pour décontaminer divers types d'environnements et de rejets industriels et urbains. Les matrices contaminées faisant l'objet de nos travaux de recherche comprennent, entre autres, les boues générées lors du traitement des eaux usées municipales et industrielles, les cendres volantes d'incinération, les résidus issus de l'exploitation minière et les sols pollués par les métaux toxiques. Les activités du programme de recherche et de développement peuvent être regroupées selon quatre axes principaux soit : i) la mise au point de procédés combinés de lixiviation et d'adsorption des métaux; ii) le développement de nouveaux procédés de lixiviation chimique et biologique; iii) l'optimisation du conditionnement et de la déshydratation de biomasses; et iv) la valorisation de biomasses et de rejets décontaminés/ CRSNG-Chaires de recherche du Canada.

Optimisation et validation environnementale du procédé METIX-AC pour la décontamination et la valorisation des boues d'épuration municipales

Le présent projet vise l'amélioration de certaines étapes de traitement et l'étude des impacts environnementaux (agronomiques et écotoxicologiques) d'une technologie de décontamination (enlèvement des métaux toxiques, élimination des odeurs et destruction des germes pathogènes) des boues générées dans les stations d'épuration des eaux usées municipales et ce, afin d'accroître le potentiel de valorisation de cette biomasse pour la fertilisation des sols. La performance de cette technologie a été évaluée dans le cadre d'un projet pilote; il reste toutefois certains aspects du procédé à étudier avant de pouvoir passer à une commercialisation intensive. Dans le cadre de ce projet, les travaux porteront sur les objectifs de recherche suivants : i) l'étude des propriétés agronomiques des boues décontaminées; ii) l'évaluation des effets écotoxicologiques associés à la valorisation des boues décontaminées; iii) l'optimisation du conditionnement et de la déshydratation des boues décontaminées; iv) l'étude de la performance du procédé METIX-AC pour la décontamination des divers types de boues d'épuration produits dans les stations d'épuration des eaux usées; et v) l'optimisation du traitement des effluents et de la récupération des métaux toxiques/ CRSNG-RDC, Biolix inc/ Coll. : G. Mercier, P. Droqui, M. Chartier, J.-L. Sasseville, R.D. Tyagi, A. Renoux (IRB), M. Labrecque (IRBV), P. Boudreault (Biolix).

Étude de l'efficacité environnementale du système Juggler pour la vidange des boues de fosses septiques

Le but de cette étude est d'établir, sur la base d'une démarche expérimentale appropriée et rigoureuse, la qualité de vidange des boues réalisée par le système Juggler. La qualité des vidanges sera évaluée sur la base des caractéristiques physico-chimiques des surnageants remis dans la fosse septique après le soutirage des solides, ainsi que sur le rendement effectif d'enlèvement des biosolides accumulés dans les fosses. Cette recherche permettra de définir l'impact de cette méthode de vidange sur la capacité de traitement des fosses septiques, et fournira des informations

d'ordre qualitatif permettant d'extrapoler sur la durée de vie du champ d'épuration. De plus, la réalisation de ces travaux combinée aux essais effectués précédemment avec le procédé usuel des camions à double chambre permettra de préciser les avantages environnementaux du système Juggler par rapport à l'emploi du camion à double chambre/ Groupe SNS inc., MEFQ/ Coll. : D. Leblanc.

Station de recherche en processus et technologies propres

L'objectif général du projet est de regrouper, autour de la Station, un noyau de compétences universitaires et collégiales dans le domaine en émergence des processus et technologies propres et durables, afin de soutenir la croissance industrielle. Grâce à une synergie créée par l'intégration des différentes disciplines environnementales complémentaires, la Station soutiendra les entreprises produisant des biens et services, dont les activités industrielles ont des incidences directes sur l'environnement telles que les télécommunications, les cimenteries, les biotechnologies, les transports, la galvanoplastie, l'énergie, et les industries de l'environnement offrant des biens et services aux premiers/ Valorisation Recherche Québec/ Coll. : R. Hausler (UQAM)-Responsable, UQAM, Université de Montréal, ETS, EHC, UQTR, Université de Sherbrooke.

Étude exploratoire de l'utilisation du chrysotile pour le traitement du lisier de porc

Le but de cette étude est de confirmer les propriétés de la chrysotile comme adsorbant pour la récupération du phosphore et des autres éléments fertilisants, présents sous forme dissoute ou colloïdale dans le lisier de porc. Plus spécifiquement, cette recherche visera à établir la teneur de chrysotile optimale (sur un plan coût-efficacité) devant être ajoutée au lisier de porc pour obtenir un enlèvement adéquat du phosphore compatible avec l'utilisation de la fraction liquide du lisier comme eau d'irrigation. Cette étude portera sur l'application de la chrysotile dans la fraction liquide du lisier obtenue suite à une étape de séparation solide/liquide /Lab Chrysotile.

Stabilisation, traitement et décontamination de biosolides

Ce projet de recherche s'inscrit dans les efforts conduits depuis plusieurs années par les chercheurs impliqués dans le développement de technologies de traitement et de décontamination de boues d'épuration des eaux usées municipales, urbaines et industrielles. Plus spécifiquement, le présent projet vise à améliorer et à élargir les domaines d'application de deux groupes de technologies de traitement des boues, soit, d'une part, le procédé STABIOX, qui permet de stabiliser (élimination des odeurs, destruction des organismes pathogènes) les boues et d'améliorer leurs caractéristiques de déshydratation et, d'autre part, les procédés METIX (BS, BF et AC) de décontamination (enlèvement des métaux toxiques, élimination des odeurs et destruction des germes pathogènes) des boues générées dans les stations d'épuration des eaux usées municipales et industrielles et ce, afin d'accroître le potentiel de valorisation de ces biosolides pour la fertilisation des sols. Les performances de ces technologies ont été évaluées sur certains types de boues à l'échelle pilote dans le cadre d'autres projets. Toutefois, certains aspects de ces procédés restent à étudier avant de pouvoir passer à une commercialisation intensive à l'échelle nationale et internationale. Dans le cadre de ce projet, les travaux porteront sur les objectifs de recherche suivants : i) l'étude de la stabilité à long terme des boues traitées par les procédés METIX et STABIOX; ii) l'intégration d'un traitement électrochimique aux procédés METIX et STABIOX; et iii) l'évaluation de la performance des procédés sur divers types de boues industrielles / CRSNG, Corporation Biolix / Coll. : M. Bergeron, R.D. Tyagi, G. Mercier, P. Drogui.

Évaluation technico-économique préliminaire de valorisation de déchets de l'industrie de l'aluminium

Le mandat consiste à réaliser une évaluation technico-économique préliminaire en utilisant le logiciel SUPERPRO DESIGNER d'un procédé de transformation et de valorisation de déchets d'aluminerie en développement au CRIQ / Coll. : Guy Mercier, Olga Solomatnikova (CRIQ)

Élaboration d'un projet de recherche sur l'amélioration du procédé de biotraitement des effluents de Anico-Eagle.

Ce projet vise à étudier les conditions d'exploitation et les performances du système de biotraitement des effluents de l'usine Anico-Eagle et à définir, en collaboration avec COREM, un projet de recherche pour l'amélioration de ce système de traitement. Le mandat proposé couvre les quatre points décrits ci-dessous. i) Analyser les trois brevets de Whitlock et al. Faire les recommandations quant aux risques encourus par COREM à travailler dans ce secteur et à la possibilité de breveter dans la suite de ces brevets. Fournir une appréciation de la valeur scientifique de ces brevets. ii) Examiner les données d'usine. Faire des recommandations sur leur valeur scientifique et sur les possibilités d'identifier des paramètres sensibles. iii) Examiner des pistes de recherche fondées sur les observations empiriques fournies par l'usine du membre et faire des recommandations. iv) Participation à l'élaboration du projet de recherche sur l'amélioration du procédé de biotraitement/ Coll.: Guy Mercier, Bruno Côté (Corem).

Bernard BOBÉE, professeur

Hydrologie

CHAIRE INDUSTRIELLE EN HYDROLOGIE STATISTIQUE - PHASE II (1998-2003)

Titulaire : Bernard Bobée

Responsables administratifs :

Jean-Pierre Villeneuve (INRS-ETE)

Hugues St-Onge, directeur (Hydro-Québec)

Comité aviseur :

Hugues St-Onge, Gilles Brosseau et René Roy, secrétaire (Hydro-Québec)

Bruno Larouche (Alcan)

Jean-Pierre Villeneuve et Bernard Bobée (INRS-ETE)

Financement :

Hydro-Québec, CRSNG, Alcan et INRS- ETE

Les projets suivants décrivent les activités de recherche réalisées dans le cadre de la Phase II de la Chaire sous la direction de Bernard BOBÉE

THÈME 1 : ACQUISITION ET VALIDATION DES DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES

Les données hydrométriques et météorologiques constituent la base de notre connaissance du cycle hydrologique. Pour le dimensionnement de nouvelles installations hydroélectriques, pour la gestion optimale des installations existantes et pour l'évaluation des différents risques associés à ces activités, il est essentiel pour Hydro-Québec de bien connaître les apports des rivières sur lesquelles sont situés les barrages et les centrales. Cependant, les données hydrométriques sont souvent entachées d'incertitudes significatives et, dans certains cas, d'erreurs de mesure qui peuvent être importantes. Il en résulte que les apports naturels calculés par bilan hydrique peuvent être très imprécis. C'est pourquoi il est nécessaire d'effectuer une validation des observations brutes.

Projet 1.1 : "Méthodologie de validation des apports naturels" a été réalisé sur la période de mai 1998 à septembre 2000.

Projet 1.2 : Évaluation des besoins en données et gestion des réseaux hydrométéorologiques (mai 1999 - septembre 2002)

Il est important de s'assurer que l'on possède les données nécessaires pour une gestion optimale et sécuritaire du système hydrique. En effet, l'efficacité de la décision dépend de la valeur et de la quantité d'information utilisée. Dans le cadre de ce projet, on envisage une évaluation de l'adéquation du réseau hydrométéorologique existant pour les besoins d'Hydro-Québec. On étudiera la valeur économique de l'information hydrologique obtenue à une station (principalement des débits) pour la conception et la gestion des réservoirs. On s'engage également à développer des critères pour une gestion intégrée des différents réseaux, par exemple le réseau de mesures de débit, et les différents réseaux météorologiques/ Coll. : A. St-Hilaire, C. Gignac (chargé de projet Hydro-Québec), T.B.M.J. Ouarda, M. Haché, M. Lachance, J. Gaudet, C. Pion, J.G. Robichaud, P.J. Rioux (Hydro-Québec), N. Thiémonge, S. Weyman (Hydro-Québec).

THÈME 2 : PRÉVISION DES APPORTS NATURELS

Plusieurs activités régulières d'Hydro-Québec impliquent la prise de décision basée sur les prévisions des débits horaires et journaliers (à court terme), hebdomadaires et mensuels (à moyen terme) et annuels (à long terme). La prévision adéquate des débits futurs est nécessaire pour assurer une gestion efficace des ressources hydriques d'Hydro-Québec et pour permettre une prise de décision adéquate durant les situations de crise telles que celles créées par des inondations. Le domaine de la prévision a connu de grands développements au cours des dernières années, en particulier en ce qui concerne l'application des modèles non paramétriques. En effet, plusieurs de ces modèles sont très prometteurs; leur comparaison avec les méthodes utilisées actuellement à Hydro-Québec devrait déboucher sur des améliorations significatives.

Projet 2.1 : “Étude de nouvelles méthodes de prévision” a été réalisé sur la période de mai 1998 à octobre 2001.

Projet 2.2 : Modélisation de l’incertitude des paramètres de modèles conceptuels (septembre 2000 - mai 2003)

À Hydro-Québec, les modèles conceptuels sont utilisés notamment pour la prévision à court et moyen termes. Ces prévisions sont imprécises principalement en raison de l'imprécision des intrants (tels que la précipitation) et de l'imprécision due à la simplification conceptuelle du processus pluie-débit. Dans ce projet, on s'intéresse à l'évaluation de l'impact de l'incertitude des intrants sur l'estimation des paramètres de modèles conceptuels. Ces incertitudes peuvent avoir un impact sur les apports simulés (et donc sur l'évaluation du risque); il est donc important de pouvoir les quantifier. On procédera à : i) l'étude de sensibilité du modèle HSAMI à l'aide de différents jeux de données; ii) l'évaluation de l'impact du manque d'information sur l'incertitude des paramètres du modèle conceptuel; iii) l'étude de cas sur un bassin bien équipé pour évaluer l'avantage d'un meilleur équipement; iv) la détermination de la densité minimale du réseau pour effectuer des prévisions adéquates; v) l'estimation de l'impact de l'incertitude des apports réels utilisés dans la prévision; et vi) l'évaluation du gain apporté au niveau de la qualité de la prévision par l'utilisation du modèle hydrologique distribué HYDROTEL/ Coll. : A.-C. Favre, V. Fortin (chargé de projet IREQ), A. St-Hilaire, C. Pion, N. Thiémonge (Hydro-Québec), Y. Hamdi, R. Turcotte (MENV), A. Cârsteanu (Cinvestav, Mexique).

THÈME 3 : ANALYSE STATISTIQUE ET MODÉLISATION STOCHASTIQUE DES SÉRIES CHRONOLOGIQUES

La modélisation statistique des variables hydrologiques est un domaine de grand intérêt pour Hydro-Québec. Dans ce thème, on propose de poursuivre les activités de recherche déjà effectuées dans le cadre de la première phase de la Chaire. Les activités porteront sur l'amélioration de l'estimation de débits de conception en prenant en compte l'information hydrométéorologique, historique ou régionale. On envisage également d'étudier, sur ces séries relatives aux principaux

systèmes hydrométriques d'Hydro-Québec, la modélisation statistique et stochastique des séries historiques d'apports énergétiques ainsi que d'identifier l'impact des changements climatiques ayant lieu sur le territoire québécois.

Projet 3.1 : “Modélisation stochastique des séries chronologiques” a été réalisé sur la période de mai 1998 à mai 2001.

Projet 3.2 : “Construction des hydrogrammes-types annuels a été réalisé de septembre 1998 à mai 2000.

Projet 3.3 : Analyse fréquentielle locale (mai 1999 - mai 2003)

L'estimation des crues de conception des ouvrages est importante pour déterminer de manière optimale le dimensionnement des évacuateurs de crue. Une surestimation conduit à un surdimensionnement des ouvrages, entraînant aussi des surcoûts de construction, tandis qu'une sous-estimation peut occasionner des risques d'inondation et des pertes de vies humaines. L'utilisation de distributions statistiques, afin de modéliser les débits maximums annuels de crue, est une des étapes principales lors du dimensionnement des évacuateurs. Les logiciels HYFRAN et HYFRAN-PRO, développés par l'équipe de la Chaire, permettent de mener à bien l'analyse de fréquence des débits. Bien que de nombreuses questions reliées à l'analyse fréquentielle locale aient été abordées et résolues au cours de la première phase de la Chaire, des avenues de recherche intéressantes restent à explorer dans ce domaine et des améliorations substantielles peuvent être apportées aux logiciels/ Coll.: S. El Adlouni, P. Bruneau (chargé de projet Hydro-Québec), T.B.M.J. Ouarda, Y. Hamdi, M. Barbet, L. Perreault (Hydro-Québec).

Projet 3.4 : Modélisation des risques combinés (mai 2002 - mai 2003)

Il est fréquent que Hydro-Québec construise ses ouvrages hydrauliques en cascade sur une même rivière. Les choix qui sont faits lors du dimensionnement d'un ouvrage hydraulique peuvent influencer la conception des ouvrages en aval. Par exemple, plus un ouvrage de retenue a une réserve utile importante pouvant servir au laminage des crues de printemps,

moins grands seront les débits de conception requis pour l'évacuateur de crue tant au site avec réserve utile qu'à ceux situés en aval. Toutefois, ceux-ci devront pouvoir absorber également les débits des bassins intermédiaires. Les objectifs spécifiques du projet sont d'évaluer le débit pour une récurrence donnée en aval d'un ouvrage hydraulique ou à la confluence de deux rivières. Après évaluation de la complexité du problème, il a été statué que l'application de la méthodologie sera d'abord effectuée à des sites de mesure ou proche de sites de mesure, de façon à ne pas avoir à transposer l'information et de façon à avoir directement des séries de mesures pouvant servir à valider les méthodologies. Dans le cas de l'évaluation de la pointe de crue à un ouvrage en cascade, les apports intermédiaires seront supposés connus, évalués par bilan hydrique ou jaugés/ Coll. : S. El Adlouni; L. Roy (chargé de projet Hydro-Québec), T.B.M.J. Ouarda, A.C. Favre, H. Onibon, Y. Hamdi,; P. Bruneau (Hydro-Québec); L. Perreault (IREQ).

Projet 3.5 : Analyse fréquentielle régionale (mai 2000 - mai 2003)

On est souvent amené à estimer des événements extrêmes dans des sites où l'on dispose de peu ou même d'aucune information hydrologique. On a alors recours au site cible où l'on ne dispose pas suffisamment d'information, à une procédure d'estimation régionale (ou modèle régional) utilisant des données d'écoulement disponibles à d'autres stations ainsi que de l'information auxiliaire (tel que l'information pluviométrique). Les modèles régionaux sont aussi utilisés plus généralement pour permettre une description globale des caractéristiques de la structure spatiale des différents phénomènes hydrologiques dans une région donnée. Plusieurs aspects de l'analyse régionale de crues ont déjà été considérés dans la Phase I de la Chaire (C5) en continuité avec un projet CRSNG Stratégique. Les objectifs généraux sont : i) d'utiliser l'information alternative (par exemple, données historiques) dans un contexte régional; ii) de développer une approche de modélisation explicite de l'hétérogénéité régionale et de quantification de l'incertitude reliée à l'estimation; iii) de faire l'inventaire de méthodes simples de régionalisation en vue de leur application dans des régions où l'on dispose de peu d'information (chaque méthode

sera évaluée en fonction de sa simplicité d'application, du besoin d'information pour son utilisation, de sa précision, etc.); iv) de régionaliser d'autres variables d'intérêt pour Hydro-Québec, telles que les événements de précipitation, les étiages et les prévisions d'apports/ Coll. : T.B.M.J. Ouarda, M. Barbet (Hydro-Québec), H. Gingras, M. Lachance, A. St-Hilaire, J. Cunderlik, H. Onibon, P. Bruneau (Hydro-Québec), B. Larouche (Alcan).

THÈME 4 : ANALYSE DE DÉCISION EN SITUATION DE RISQUE

À Hydro-Québec, une attention de plus en plus importante est accordée à l'analyse rationnelle du risque et de la fiabilité des systèmes de production hydroélectrique. L'analyse du risque associée aux systèmes de production nécessite d'aborder le problème complexe de la gestion. En effet, le risque global associé à ces systèmes est relié au risque hydrologique (dû à la variabilité de l'écoulement) et au risque de gestion (dû aux décisions prises continuellement pour gérer le système). Deux types de risque sont distingués et abordés dans le cadre de ce projet : le risque fixe, relié au dimensionnement des ouvrages et à l'analyse fréquentielle, et le risque relié à la décision séquentielle impliquant généralement la gestion des systèmes de production énergétique.

Projet 4.1 : "Modélisation du risque associé aux événements rares" a été réalisé de mai 2000 à mai 2003.

Les phénomènes naturels extrêmes (ou événements rares) sont généralement caractérisés par des dommages élevés et par une faible probabilité d'occurrence (donc peu d'information). L'étude de l'impact de tels événements rares sur la prise de décision pour la planification et l'opération des systèmes hydriques est primordiale pour la mise en place de plans d'urgence afin de minimiser les pertes matérielles et humaines. L'étude de la genèse des événements rares est également essentielle pour mieux comprendre les phénomènes climatiques qui mènent à la production d'événements rares tels que celui survenu en 1996 dans la région du Saguenay. Les objectifs généraux porteront sur : i) l'étude de la fiabilité des évacuateurs de crue, la mise sur pied d'indicateurs de risques globaux (facteurs économiques, humains et

environnementaux) et la prise en compte de l'incertitude sur les prévisions et les mesures du Saint-Maurice; ii) l'analyse du risque hydrologique pour les étiages; et iii) l'estimation statistique des événements extrêmes (comportement asymptotique des lois, analyse fractale/ Coll.: A. St-Hilaire, N. Thiémonge (chargée de projet Hydro-Québec), M. Haché, M. Slivitzky, A.-C. Favre; C. Pion, L. Perreault, D. Tremblay (Hydro-Québec); V. Fortin, N. Evora (IREQ).

Projet 4.3 Analyse des interactions hydrologie / gestion (mai 2001 - mai 2003)

L'expertise en hydrologie est souvent mise au service des gestionnaires de système de production. Cette relation entre l'hydrologue et le gestionnaire doit être basée sur une bonne compréhension des besoins. Dans certains cas, il peut exister une dichotomie entre le risque perçu par le décideur et celui estimé par l'hydrologue. L'analyse du risque et de l'incertitude évolue en fonction de la variation des intrants (données hydrométéorologiques, par exemple) et du développement de nouvelles techniques d'analyse. Dans ce cadre évolutif, il devient primordial d'harmoniser l'interprétation du risque et de l'incertitude afin d'optimiser la gestion d'ouvrages existants et la conception de nouveaux ouvrages/ Coll.: A. St-Hilaire; N. Thiémonge (chargée de projet Hydro-Québec); M. Lachance; C. Pion (Hydro-Québec).

Estimation des événements extrêmes en hydrologie (2002-2006)

L'estimation des événements extrêmes est importante pour la construction d'ouvrages, la gestion des réservoirs à des fins d'alimentation en eau, la production hydroélectrique, le contrôle des inondations, le respect des normes environnementales. L'analyse fréquentielle est un outil privilégié pour estimer les débits de période de retour T donnée. Pour obtenir une estimation adéquate, il importe de choisir la distribution et la méthode d'estimation des paramètres qui représentent le mieux les données. Les travaux effectués ont donné lieu: (1) à une étude approfondie des propriétés des distributions de Halpen de type A,B et B-1 et à leur intégration dans le logiciel HYFRAN. Le logiciel HYFRAN contient 15 distributions (D) et pour chacune d'elles, on a retenu de 1 à 3 méthodes d'ajustement (M); on obtient ainsi 29

combinaisons D/M. (2) au développement d'un module bayésien d'aide à la décision permettant de classer les combinaisons D/M en fonction de leur adéquation aux données observées à partir de la distribution a posteriori de chaque combinaison. Les recherches en cours et prévues concernent: i) le développement d'une méthode de génération aléatoire de variates suivant les distributions de Halpen de type A,B et B-1 afin de pouvoir effectuer des simulations en particulier pour étudier le biais des estimateurs obtenus par la méthode du maximum de vraisemblance; ii) l'étude du comportement asymptotique des distributions contenues dans HYFRAN avec l'objectif d'élaborer un test de comparaison des distributions à partir des valeurs extrêmes de l'échantillon; iii) la comparaison des diagrammes des rapports de moments (diagramme de Pearson, de Halphen et des L-moments) pour examiner leur efficacité respective dans le choix a priori d'une distribution pour représenter les données observées.

Utilisation de l'information historique et paléohydrologique pour l'estimation des crues extrêmes/Projet SPHERE

Le projet SPHERE (Systematic Paleoflood and Historical data for the Improvement of flood Risk Estimation), impliquant huit groupes universitaires et trois équipes d'utilisateurs provenant de cinq pays, est financé pour un montant de 949 000 \$ par la Communauté Européenne pour la période 2000-2002. En raison de l'expérience acquise au cours des vingt dernières années par notre équipe de la Chaire en Hydrologie statistique, nous avons été sollicités pour participer à ce projet. Notre rôle sera de proposer de nouvelles approches statistiques pour prendre les données historiques dans l'analyse fréquentielle des crues dans le cadre de ce projet/ CRSNG-Occasion de recherche concertée/ Coll.: T.B.M.J. Ouarda.

Risque et décision en hydrologie dans une perspective bayésienne (2002-2003)

Dans ce projet, on propose une méthodologie générale permettant de prendre en compte les incertitudes lors de la prise de décision et on propose de l'appliquer à différents problèmes d'intérêt dans l'analyse et la gestion des ressources en eau. L'approche bayésienne

permet de prendre en compte de manière formelle divers types d'informations sur le phénomène étudié (connaissance *a priori*) et de mettre à jour ces informations à partir d'un échantillon de données. C'est à partir de cette connaissance *a posteriori* que les décisions et inférences sont effectuées. L'approche bayésienne permet une démarche décisionnelle complète en intégrant dans un contexte global l'estimation (inférence statistique) et les aspects décisionnels pour mieux apprécier l'incidence des incertitudes sur la prise de décision. Cette démarche est appliquée aux quatre thèmes de recherche suivants : i) la gestion des réseaux de mesure et l'évaluation des besoins en données et de la valeur de l'information; ii) la prévision hydrologique; iii) l'analyse de la probabilité des crues; et iv) les changements climatiques/ CRSNG Subvention Recherche et développement coopérative/ Coll. : A.C. Favre, T.B.M.J. Ouarda, A. St-Hilaire, S. El Adlouni, M. Slivitzky; P. Bruneau et R. Roy (Hydro-Qué), V. Fortin et L. Perreault (IREQ).

Évaluation de l'impact de l'exploitation d'une tourbière sur la sédimentation dans l'estuaire de Richibouctou (NB)

Le projet consiste à réaliser une étude pluridisciplinaire sur l'impact de l'apport de sédiments provenant d'une tourbière exploitée sur un écosystème aquatique. Des informations ponctuelles ont été récoltées au cours des dernières années par l'équipe du Centre de Recherche en Sciences de l'Environnement de l'Université de Moncton (NB). On a pu cartographier les dépôts de tourbe et étudier l'impact de la présence de tourbe sur l'écosystème aquatique. Le projet actuel vise à compléter les informations acquises au cours des années par l'analyse quantitative de la quantité (débit) et de la qualité (solides en suspension) de l'eau de drainage se jetant dans Mill Creek. Pour ce faire, l'expertise de la Chaire en Hydrologie statistique est requise. Les hydrologues de l'INRS-ETE vont, entre autres : i) évaluer les débits et leur période de récurrence; ii) tester des approches régionales d'évaluation de débits; et iii) tenter de faire un premier budget sédimentaire/ Ministère de l'Éducation, Québec/ Coopération universitaire entre le Québec et les provinces canadiennes/ Centre de Recherche en Sciences de l'Environnement de l'Université de Moncton (NB)/ Coll. : A. St-Hilaire, T.B.M.J. Ouarda, A.

Boghen (Univ. Moncton), S. Courtenay (Pêches et Océans Canada).

Coopération Québec-Mexique

Le projet comprend deux volets. A) Prévision hydrologique et gestion des ressources en eau au Mexique - application aux cas des bassins du fleuve Grijalva et du fleuve Balsas : i) évaluation de l'adéquation des réseaux de mesure; ii) développement d'outils pour la validation des données; et iii) prévision hydrologique à court et à moyen termes. B) Identification du potentiel micro-hydraulique en vue de la production hydroélectrique : i) développement d'une méthodologie d'estimation régionale en des sites où l'on dispose de peu d'information/ Ministère des Relations internationales du Québec/ Coll. : B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda, C. Diaz Delgado et K. Bâ (UAEM-CIRA, Mexique), A. Cârsteanu (Cinvestav, Mexique).

Ouranos : Développement d'outils et analyse statistique des occurrences et récurrences hydroclimatiques dans un contexte non stationnaire (2002-2005)

Ce projet a été initié sous l'égide du Consortium Ouranos. Les objectifs de ce projet sont : i) la détection des non-stationnarités et le développement de méthodes d'analyse de fréquences qui en tiennent compte; ii) l'élaboration de méthodes de sélection des lois statistiques représentatives, permettant une détermination adéquate d'événements de période de retour donnée; et iii) l'étude de la climatologie québécoise dans un contexte d'occurrences-récurrences. Coll. : T. B.M.J. Ouarda, A. St-Hilaire, S. El Adlouni; R. Roy et N. Khaliq (Consortium Ouranos); P. Bruneau (Hydro-Québec); L. Perreault et V. Fortin (IREQ)

Organisation d'un colloque dans le cadre des "Seizièmes Entretiens du Centre Jacques-Cartier" (Rhône-Alpes, France; 1-2 décembre 2003) portant sur l'estimation locale et régionale des événements hydrologiques extrêmes

L'estimation locale et régionale des événements hydrologiques extrêmes a fait l'objet de nombreux développements au cours des trois dernières décennies. Ce colloque rejoint deux objectifs: i) faire le point, en particulier sur les approches de régionalisation (détermination de zones homogènes et estimation régionale) pour des sites où l'on dispose de peu, voire d'aucune d'information, et sur l'amélioration de l'estimation locale du débit de projet pour des périodes de retour élevées, tant par la prise en compte d'informations historiques que par le développement d'outils d'aide à la décision pour le choix des modèles les plus adéquats; et ii) proposer des approches pour la prise en compte, dans la modélisation de possibles changements climatiques, et l'évaluation de leurs impacts en ce qui concerne la conception et la gestion des structure hydrauliques/ Hydro-Québec/ Centre Jacques Cartier/ Coll.: T.B.M.J. Ouarda, G. Jones; M. Lang (Cemagref Lyon).

Peter G.C. CAMPBELL,
professeur

Biogéochimie

Incidence et implications toxicologiques du transport accidentel de l'argent (Ag) à travers des membranes biologiques

Des recherches réalisées au cours des vingt dernières années et plus ont fait ressortir des liens évidents entre la spéciation des métaux et leur "réactivité", aussi bien dans un contexte géochimique que sur le plan toxicologique. Cependant, dans le cas de l'argent, ces liens sont relativement peu connus. En l'absence de sulfures, la spéciation de l'argent dissous est fortement influencée par des réactions de complexation avec les ions chlorure et thiosulfate, ainsi qu'avec la matière organique dissoute (MOD) naturelle. Comment la complexation de l'argent affecte-t-elle la biodisponibilité du métal : le présent projet de recherche a été conçu pour répondre à cette question. En nous servant d'algues unicellulaires comme organisme cible, nous manipulons la spéciation de l'argent dans le milieu externe pour simuler les conditions susceptibles de se produire sur le terrain et pour déterminer comment ces changements de spéciation affectent la biodisponibilité du métal. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant suggèrent que certains complexes anioniques de l'argent soient biodisponibles, et que la connaissance de la concentration de l'ion Ag⁺ libre ne suffit pas à prédire la toxicité de l'argent envers le phytoplancton. Ces résultats devraient contribuer à la rationalisation des objectifs de qualité de l'eau pour l'argent/ CRSNG – partenariats université-industrie, subvention RDC/ Kodak Canada inc/ Coll. : C. Fortin, D.-Y. Lee, J. Deault et C. Porcher (INRS).

Compréhension des mécanismes de transfert du Cd et du Hg à travers les membranes cellulaires

Notre équipe UQAM/ INRS-ETE étudie le transport de divers métaux toxiques (Cd, Hg) par des cellules animales en culture (enterocytes; hépatocytes), afin de mieux comprendre comment ces métaux sont assimilés dans le tractus intestinal animal et ensuite détoxiqués dans le foie. Les chercheurs

de l'UQAM s'occupent de la culture des cellules et des aspects toxicologiques, alors que ceux de l'INRS-ETE s'intéressent à l'influence de la spéciation du métal sur son transport et sa biodisponibilité. Le présent projet nous a permis d'étendre nos recherches au mercure, à un autre métal d'intérêt environnemental, qui a été étudié seul et en combinaison avec le cadmium/ CRSNG/ Resp. : C. Jumarie, UQAM/ Coll. : C. Fortin (INRS); F. Denizeau (UQAM), J. Segui (UQAM/INRS).

Phytotraitement de l'aluminium par les macrophytes exposés à l'effluent des alumineries

Le but global de cette étude est d'évaluer le potentiel de la méthode de phytotraitement dans les marais artificiels, pour réduire la charge d'aluminium émise vers les cours d'eau à la sortie des usines d'électrolyse récentes de la Société Alcan. Il s'agit d'un projet mené en collaboration avec la D^{re} Catherine Munger, responsable de l'étude chez Alcan. Nous avons réalisé des analyses d'eau et de tissus biologiques dans le cadre du projet (y compris des mesures de spéciation de l'aluminium dans les effluents des usines d'électrolyse) et nous participons à l'interprétation des aspects biogéochimiques du projet, notamment la prise en charge de l'aluminium par les plantes aquatiques/ Alcan International Limitée/ Coll. : C. Munger (Alcan), R. Goulet, S. Prémont, C. Gallon et J. Lalonde (INRS).

Spéciation et biodisponibilité de métaux dans les eaux naturelles

Pour plusieurs métaux bivalents (ex. Cd, Cu, Pb, Zn) et pour des milieux artificiels étudiés au laboratoire, il existe beaucoup d'évidence à l'effet que la réponse biologique provoquée par le métal dissous dépend de la concentration de l'ion métallique libre, M^{2+} . Pour un organisme aquatique donné, les effets biologiques d'un métal dissous vont également dépendre de divers autres facteurs environnementaux (ex. pH, dureté, [Ca], salinité, [matière organique dissoute]). Ces facteurs peuvent, en principe, agir de deux manières : **directement** sur l'organisme, en influant sur sa physiologie et donc sa sensibilité au métal; et **indirectement**, en influençant notamment la spéciation du métal dans le milieu. Le présent programme vise le développement d'un modèle général pour prédire la biodisponibilité des métaux

traces chez les organismes aquatiques; ce modèle devra tenir compte de la spéciation du métal ainsi que de l'influence directe de divers facteurs environnementaux : la matière organique dissoute, le calcium, la salinité et le pH. Les recherches en cours comprennent des éléments de chimie analytique, de géochimie et de toxicologie aquatique. D'abord, on vise le développement de méthodes analytiques fiables pour déterminer la spéciation de certains métaux traces dissous, aussi bien dans les eaux naturelles que dans les milieux synthétiques utilisés pour des bioessais; nous nous intéressons à des métaux essentiels (ex. Cu, Zn) ainsi qu'à des métaux non essentiels (ex. Al, Ag, Cd). L'application de telles méthodes analytiques à des eaux naturelles permet d'étudier le comportement géochimique de ces métaux et d'identifier/ quantifier les facteurs qui contrôlent leur spéciation et leur mobilité. Finalement, on poursuit des recherches écotoxicologiques complémentaires sur ces mêmes métaux, dans le but d'élucider les relations existant entre les formes de métal présentes dans les eaux naturelles et leurs effets biologiques. Pour les métaux cationiques et leurs complexes hydrophiles, nous avons choisi comme point de départ le "Modèle de l'ion Libre" (MIL, ou "Free-Ion Model"), compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire, dans des milieux artificiels. Il s'agit ici de tester les limites du MIL dans des conditions réalistes, notamment en ce qui concerne le pH, la salinité, la présence de ligands organiques naturels, et la présence de métabolites de poids moléculaire faible.

Cette validation du modèle fait appel à des expériences de prise en charge ("uptake"), où l'on suit de près la cinétique des réactions impliquées (adsorption à la surface biologique; transport à travers la membrane biologique; complexation intracellulaire), et à des bioessais. Les cibles biologiques sont exposées aux métaux, en contrôlant avec soin la spéciation du métal dans le milieu d'exposition - la manipulation de la spéciation des métaux dans le milieu externe permet d'explorer les limites du modèle et de le raffiner/ CRSNG-Subvention de recherche ; Chaire de recherche du Canada en Écotoxicologie des métaux; Environnement Canada (subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT)/ Coll. : C. Fortin (INRS), B. Hale (U. Guelph), F.

Denizeau et C. Jumarie (UQAM), A. Boudou (U. Bordeaux), A. Boulemant, G. Côté et C. Porcher (INRS).

Liens entre la bioaccumulation de métaux potentiellement toxiques et la manifestation d'effets délétères chez les poissons indigènes

Ce projet a été développé dans le cadre du Réseau de recherche MITE ("Metals in the Environment"). Il se déroule dans la région minière de Rouyn-Noranda et il implique l'échantillonnage de poissons indigènes dans des lacs situés le long d'un gradient de contamination en métaux. On cherche à établir des liens entre i) l'exposition aux métaux (Cd, Zn), ii) la prise en charge de métaux (foie, reins, branchies), iii) la spéciation intracellulaire des métaux (complexation par la métallothionéine ou par d'autres ligands cytosoliques), iv) la physiologie des poissons (fonctionnement du système endocrinien), v) la croissance des poissons (bilan bioénergétique), et vi) les effets au niveau de la population (succès reproducteur). À l'INRS-ETE on s'occupe des aspects i) à iii); le secteur iv) relève de la D^{re} Alice Hontela (UQAM), alors que le domaine v) est sous la responsabilité du Dr Joseph Rasmussen (McGill). Ce projet devra nous permettre de mieux appréhender les effets réels des métaux comme le Cd et le Zn sur les animaux aquatiques/ CRSNG – partenariats université-industrie, subvention de réseau; Association canadienne minière; Ontario Power Generation inc/ Coll. : A. Hontela (UQAM), J.B. Rasmussen (McGill), A. Giguère et L. Kraemer (INRS).

Outils pour déterminer les apports permmissibles en métaux dans le milieu récepteur

L'industrie minière et métallurgique au Québec doit répondre aux exigences du programme de réduction des rejets industriels (PRI) du Gouvernement du Québec. Par ce programme, le ministère de l'Environnement du Québec préconise une réduction des rejets en tenant compte de la particularité de chaque site récepteur; à cet effet, le Ministère a mis au point une approche par objectifs environnementaux de rejet, qui vise la prévention d'effets environnementaux néfastes et inacceptables. Dans le milieu aquatique, le calcul des objectifs environnementaux de rejet tiendra compte de la particularité de chaque site récepteur, notamment du niveau d'étiage et de la capacité de dilution du dit site (débit). Le projet actuel cherche à modifier l'approche traditionnelle de gestion des rejets industriels en y intégrant une approche "milieu", qui tiendra compte de la capacité assimilatrice du milieu récepteur et des notions de spéciation et de biodisponibilité. Le projet a pour objectifs d'aider à définir des "Objectifs environnementaux de rejet", en tenant compte de : i) la capacité assimilatrice du milieu récepteur en regard des métaux et d'autres substances présentes dans les rejets industriels; ii) la concordance entre la toxicité des métaux dans le milieu par rapport aux tests de laboratoire; iii) le concept de "biodisponibilité"; et iv) l'approche du poids des évidences ("weight-of-evidence approach"). Le projet vise le développement et l'application de nouveaux outils (transfert technologique) pour la caractérisation et le suivi environnemental d'un milieu récepteur/ CRSNG – partenariats université-industrie, subvention RDC; COREM/ Coll. : L. Hare (INRS), C. Olsen (COREM), L. Martel (CEAEQ), A. Hontela (UQAM), B. Pinel-Alloul et G. Méthot (U. de M.), Y. Couillard (Environnement Canada), S. Masson, S. Cooper et A. Michaud (INRS), M-C. Tardif (UQAM).

Évaluation des risques écologiques des opérations minières à Chibougamau, Québec

La communauté Cree d'Oujé-Bougamou s'inquiète des effets cumulatifs des opérations minières que se déroulent sur son territoire traditionnel depuis environ 50 ans. Dans leur discussions récentes avec le gouvernement du Québec, il a été convenu que l'on devrait réaliser une évaluation des risques posés par ces opérations minières sur la population humaine et sur l'écosystème (aquatique). Le présent projet ne concerne que ce second volet (évaluation des risques écologiques), et il implique une coordination des activités d'échantillonnage et d'analyse qui sont réalisées par Environnement Québec/ Grand Conseil des Cree. Coll. : D. Laliberté (Environnement Québec), P. Wertman (Grand Conseil des Cree), E. Neiboer (Univ. McMaster).

Daniel CLUIS, professeur

Hydrologie

Estimation et modélisation des risques de perte de sol et de transport de nutriments (N et P) dans un bassin-versant : application à la rivière Boyer

L'objectif du projet est de développer et de valider, dans le contexte du bassin-versant agricole de la rivière Boyer, deux outils (approche multiparamétrique et modélisation conceptuelle) évaluant l'origine et l'ampleur de la contamination par les sources agricoles diffuses. Il permettra de : i) quantifier rapidement les risques de pertes de sol et de nutriments (N et P) à diverses échelles spatiales imbriquées : champ, sous-bassin et bassin-versant; ii) circonscrire spatialement les zones à risque, permettant de localiser les principales sources de contamination; iii) optimiser les interventions correctrices; et iv) développer des scénarios d'intervention et évaluer leur potentiel de réduction des charges exportées.

La méthodologie exploitera deux outils : i) l'approche multiparamétrique : il s'agit d'effectuer, par la technique du ^{137}Cs , un bilan des mouvements de sol, depuis 1963, sur une trentaine de champs typiques représentant les principales combinaisons sol/pente/usage du sol, puis d'identifier l'origine spatiale des matières en suspension et des sédiments prélevés à divers sites du bassin, en comparant diverses propriétés physiques, chimiques, magnétiques et radio-isotopiques selon la méthodologie décrite par Walling et al. (1963), et ii) le nouveau modèle américain AGNPS-98 : il s'agit d'évaluer, pour la première fois au Québec, les performances du modèle annualisé sur le bassin expérimental de la Boyer-Nord. Ce modèle évalue, sur une base continue, les exportations en N, P et SS selon les sols, les cultures, les opérations agricoles et la croissance des cultures dont la canopée protège le sol de l'impact des gouttes d'eau; il nécessite des données météorologiques journalières (précipitations/températures) pour générer les écoulements en tout point, des données spatiales géomorphologiques et pédologiques disponibles sous forme numérique (MNT, réseau hydrographique, etc.)

et des données sur les cultures accessibles par image satellitaire et intégrables dans un SIG sur un plan cadastral. Il nécessite aussi des données spécifiques aux producteurs (cheptel, régie des déjections animales et fertilisation, date des opérations agricoles, etc.). Ces données seront acquises par des entrevues individuelles. Le modèle sera calibré sur le bassin de la Boyer-Nord (28 km²) à l'exutoire duquel des mesures de débit et de qualité de l'eau sont réalisées depuis deux ans en continu; il sera validé sur le bassin du Ruisseau Grillade (4.5 km²) puis étendu à l'ensemble du bassin de la Boyer (220 km²), où l'utilisation du territoire est connue avec moins de détails, en exploitant les mesures effectuées aux stations de surveillance du réseau-rivière du MENV/FCAR-IRDA/ Coll. : M. Laverdière (Univ. Laval); C. Bernard (IRDA); G. Gangbazo (MENV).

Persistance des séries hydrologiques. Utilisation des coefficients d'auto-corrélation pour étudier la persistance des séries temporelles en hydrologie quantitative et qualitative

Ce projet vise à résoudre, à moyen terme, trois groupes de problèmes : i) dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'eau, l'estimation des débits massiques constitue un prérequis nécessaire à l'interprétation des phénomènes de transport, à des relations sources-effets et à la calibration des modèles de qualité de l'eau; ii) dans le domaine de l'étude structurale des séries environnementales, les caractéristiques d'asymétrie et de non-stationnarité en moyenne et en variance, ainsi que la présence de valeurs aberrantes, douteuses, censurées ou tronquées, rendent l'analyse difficile. Nous nous attardons à développer des méthodes robustes et des algorithmes permettant la détection structurale des tendances en présence des valeurs aberrantes; les estimateurs de HUBER seront mis à contribution; et iii) dans le domaine des fonctions de transfert entre séries environnementales, nous adapterons les méthodes développées en économétrie pour les rendre robustes à la structure de nos données et suggérerons des hypothèses physiques objectives/ CRSNG-Dépenses courantes.

Observation Spatiale et modélisation des sources d'érosion et de pollution diffuse dans les bassins-versants agricoles alimentant les Lacs

Le projet vise, par des mesures au sol, à rendre plus fiables les observations spatiales des sources d'érosion et de pollution diffuse (phosphore) et à développer une approche qui puisse être utilisée de façon plus opérationnelle par les organismes chargés de la protection de l'environnement. Les outils spatiaux d'observation de la terre permettent une vision globale de l'utilisation du sol dans les bassins et les données RADARSAT permettent de localiser la rugosité et l'humidité du sol nu. Ces informations devraient pouvoir être combinées aux schémas de drainage des modèles classiques agroenvironnementaux pour pouvoir localiser les zones vulnérables à l'érosion/ CRSNG, Projet stratégique/ Coll. : F. Bonn, D. Cluis, C. Madramoto, M. Laverdière, A. Roy, IRDA..

Louise CORRIVEAU, professeure associée

Géodynamique

Cadre lithotectonique de la partie orientale de la Province de Grenville : Transect Labrador-Québec (Programme de l'Initiative géoscientifique ciblée de la CGC, RNCAN)

Plusieurs terrains géologiques à haut-grade métamorphique du bouclier canadien, dont ceux de la Province géologique de Grenville, demeurent peu explorés et développés dû à une assise de connaissances géologiques inadéquate. Les recherches géologiques en cours menées sur un vaste territoire gneissique de la basse Côte-Nord révèlent la présence d'une importante ceinture volcano-sédimentaire de 1520 et 1495 Ma, hôte d'un système hydrothermal cuprifère, et son encaissement par un batholite sub-volcanique de plusieurs centaines de km². Ce territoire avait été préalablement interprété comme d'origine métasédimentaire, illustrant le degré de méconnaissance qui subsiste encore aujourd'hui dans de tels terrains métamorphiques. Des études sont présentement en cours sur les foyers hydrothermaux minéralisés en Cu et les unités volcano-sédimentaires hôtes afin d'en cerner l'origine, les sites et l'âge de la circulation des fluides minéralisateurs, et d'établir le contexte tectonique de formation. Ce contexte cuprifère, qui s'étend au delà de la région d'étude, présente plusieurs caractéristiques d'un bassin d'arrière-arc avec minéralisations de type sulfures massifs volcanogènes alors que l'encaissant s'apparente à un contexte favorable pour les gîtes de Fe-oxydes à Cu-Au-U. Les recherches en cours réalisées en partenariat avec la Commission géologique du Canada et les services géologiques du Québec et de Terre-Neuve procurent des éléments clés pour la diversification de l'économie de l'est du Canada en régions/ Coll. : L. Nadeau, P. Brouillette (CGC-Q), O. van Breemen (CGC-Ottawa), A.-L. Bonnet, F. Gervais, S. Parsons, G. Scherrer, M. Malo (INRS-ETE), A. Tremblay (UQAM).

Projet VRQ 2201-133, Diversification de l'exploration minérale au Québec (DIVEX), tâche SC3 – Altération hydrothermales en milieu de haut-grade métamorphique.

Les roches volcaniques et les auréoles d'altérations hydrothermales fortement métamorphisées qui encaissent potentiellement des dépôts de métaux de base et précieux dans les terrains de haut-grade métamorphique du Québec ont un aspect significativement différent de celui des roches peu métamorphisées formant les camps miniers traditionnels (de l'Abitibi, par exemple). Cette différence les rend presque méconnaissables ce qui nuit à leur identification et à leur exploration. L'approche cartographique utilisée lors des levés régionaux de l'Initiative géoscientifique ciblée permet de reconnaître les grandes ceintures volcaniques et les intrusions granitiques associées, ainsi que les systèmes hydrothermaux minéralisés qu'elles peuvent renfermer. Les stratégies de terrain développées font présentement l'objet d'un projet DIVEX financé par le programme VRQ du gouvernement québécois en vue de DIVERSIFIER l'EXPLORATION au Québec / Coll. : M. LaFlèche, A.-L. Bonnet, S. Parsons, K. Williamson (INRS-ETE) et équipe DIVEX.

Benoît DUBÉ, professeur associé

Géodynamique

Minéralisation aurifère à haute teneur à la mine Red Lake en Ontario

En collaboration avec Goldcorp et le service géologique de l'Ontario, des activités ont été menées à la mine de Red Lake en Ontario, le principal producteur d'or au Canada et le camp minier qui attire le plus l'attention à l'heure actuelle. La zone à forte teneur de la mine Red Lake constitue le meilleur exemple de minéralisation aurifère à haute teneur présentement en exploitation à l'échelle mondiale. L'étude de cette zone exceptionnellement riche en or s'est poursuivie dans le but de définir les paramètres géologiques clés qui en ont contrôlé la formation et pour aider à définir des guides d'exploration pour ce style de minéralisation privilégié par l'industrie / Goldcorp inc., Service géologique de l'Ontario / Coll. : P. Brouillette (CGC-Q), M. Malo, K. Williamson.

Métallogénie du district Doyon-Bousquet-LaRonde, Abitibi (Programme de l'Initiative géoscientifique ciblée de la CGC)

Les travaux menés dans le secteur Doyon-Bousquet-LaRonde, en Abitibi, le camp aurifère le plus important au Québec, ont pour objectif de comprendre la formation de ce gisement qui constitue l'un des plus importants complexes de sulfures massifs aurifères volcanogènes connus dans le monde. Parmi les paramètres géologiques clés qui contrôlent la formation du camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde, l'étude des assemblages de minéraux d'altération a permis d'identifier plusieurs stades d'altération et de métamorphisme dynamo-thermal et d'assemblages métamorphiques synchrones ou postérieurs à la principale déformation régionale/ CGC, Agnico-Eagle, Ministère des Ressources naturelles du Québec/ Coll. : P. Mercier Langevin, Mark Hannington (CGC-Ottawa), M. R.-Lafleche, Cambior, Barrick Gold, Ressources Yorbeau, Musée Royal de l'Ontario, UQAC.

Anne-Catherine FAVRE, professeure

Hydrologie

Génération stochastique de précipitations avec prise en compte des changements climatiques

Pour plusieurs applications hydrologiques (gestion des réseaux urbains de drainage, dimensionnement d'ouvrages hydrauliques, modélisation des crues extrêmes...), la longueur des séries débitométriques à faible pas de temps est insuffisante. Une alternative prometteuse consiste à générer des séries de précipitation à l'aide d'un modèle stochastique qui servent d'entrée à un modèle pluie-débit. Parmi les modèles de génération stochastique de pluie à pas de temps fin (horaire), le modèle de Neyman-Scott à pulsations rectangulaires (Neyman-Scott Rectangular Pulses Model, NSRPM) est le plus apte à reproduire les caractéristiques statistiques des précipitations observées. Cependant, la structure mathématique du modèle permet uniquement de générer des séries de précipitation stationnaires et, par conséquent, n'est pas en mesure actuellement de prendre en compte de potentiels changements climatiques. La présente demande vise à combler cette lacune. L'idée dans ce projet est d'utiliser une approche basée sur la statistique bayésienne permettant de générer des séries de précipitation non-stationnaires de deux manières: i) en supposant que les paramètres du modèle de Neyman-Scott dépendent de variables explicatives climatiques (par exp. la température); ii) en supposant que les paramètres du modèle de Neyman-Scott dépendent du temps (exp. processus de poisson non-homogène pour générer l'origine des averses). L'avantage de la méthode bayésienne est qu'elle permet d'effectuer simultanément les analyses statistiques et l'évaluation des conséquences socio-économiques des décisions prises par les gestionnaires des ressources en eau (analyse décisionnelle complète)/FQRNT/ Coll.: B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda.

Estimation des pointes de crues de printemps de la rivière Péribonka

L'objectif de ce projet est la modélisation des risques combinés c'est-à-dire l'évaluation du débit pour une récurrence donnée à la confluence de deux rivières. Le cas d'étude intéressant Hydro-Québec est le bassin-versant de la rivière Péribonka. Les pointes de crues à Péribonka (PER-3D) sont la combinaison du débit sortant du site amont Chute-des-Passes, propriété d'Alcan, et des pointes du bassin intermédiaire de PER-3D d'une superficie de 3133 km². Les apports naturels disponibles dans la région sont : i) ceux de la rivière Serpent jaugeée de 1979 à 1984 puis de 1991 à 2002; et ii) ceux de la rivière Manouane à la sortie du lac Duhamel de 1979 à 2002.

La rivière Manouane se jette dans la rivière Péribonka immédiatement en aval de l'aménagement PER-3D.

Ce projet va se développer autour de 3 axes principaux : i) estimation des débits maximums sortants (non homogènes); ii) reconstitution des données des apports intermédiaires à la rivière du Serpent par une approche régionale. Il sera tenu compte des débits autres par un facteur de proportionnalité entre les tailles des bassins-versants; et iii) développement d'un modèle permettant d'évaluer les débits de crues printaniers au lac Péribonka qui tiennent compte de la dépendance des apports des 2 bassins intermédiaires/Hydro-Québec/ Coll.: S. El Adlouni, L. Perreault (IREQ/Hydro-Québec), N. Thiémonge (Hydro-Québec).

Claude FORTIN, professeur

Biogéochimie

Étude sur les échanges sédiments-eaux en aval d'alumineries

En aval d'alumineries, les sédiments contiennent des concentrations de contaminants inorganiques qui sont susceptibles de diffuser verticalement à travers l'interface sédiment-eau et entrer dans la colonne d'eau. Le projet actuel consiste à quantifier le gradient vertical des concentrations de ces contaminants, ainsi que le gradient en calcium et en protons. Pour y arriver, nous laissons équilibrer des dialyseurs à l'interface sédiment-eau, quitte à échantillonner l'eau à différentes strates au-dessus et au-dessous de l'interface. À partir de ces gradients de concentration et des mesures de porosité des sédiments à chaque station, nous comptons calculer les flux de contaminants à travers l'interface sédiment-eau/ Coll.: P.G.C. Campbell, L. Rancourt, S. Prémont.

**Jean-Pierre FORTIN, professeur
honoraire**

Hydrologie

Implantation du modèle hydrologique HYDROTEL dans le système de prévision des apports naturels à court et moyen termes sur les systèmes au fil de l'eau d'Hydro-Québec

Le mandat confié à l'INRS-ETE par Hydro-Québec consiste à apporter au modèle HYDROTEL toutes les modifications nécessaires pour permettre son intégration dans le système de prévision des apports naturels sur les systèmes au fil de l'eau gérés par la compagnie. Cet objectif implique en particulier diverses modifications et ajouts aux logiciels HYDROTEL et PHYSITEL.

On procédera à une révision majeure du logiciel PHYSITEL. Plus précisément, on reverra le modèle «objet» portant sur le traitement et sur la structure interne de stockage des données en cours de traitement, ce qui amènera la révision de diverses procédures de traitement de l'information. En complément, l'interface sera aussi revue en profondeur et l'aide contextuelle ne sera pas oubliée.

Quant au logiciel HYDROTEL, on continuera les améliorations déjà amorcées précédemment en ce qui a trait à l'utilisation du modèle pour la prévision des apports naturels sur les systèmes au fil de l'eau de la compagnie. Le logiciel sera aussi intégré à l'ensemble des autres logiciels de gestion de l'eau en temps réel. En outre, on suivra l'implantation en cours du logiciel sur les bassins du lac Kénogami et de la rivière Gatineau. L'implantation du modèle sur quatre autres bassins est aussi prévue/ Centre de recherche d'Hydro-Québec(IREQ)/ Coll. : J.-P. Villeneuve, M. Bernier.

Charles GOBEIL, professeur

Biogéochimie

Dynamique des métaux traces dans les sédiments marins

Les profils sédimentaires de métaux, alliés à la datation des sédiments, sont de puissants révélateurs des conditions qui ont prévalu en milieu marin. Traités de façon appropriée, ils dévoilent les cycles biogéochimiques des éléments, de même que l'impact de l'activité humaine sur ces cycles. Par exemple, les profils du rhénium, du molybdène et de l'uranium dans les sédiments aident à mieux comprendre le cycle du carbone car ces métaux répondent de façon variée aux conditions d'oxydoréduction qui découlent du métabolisme de la matière organique. Les profils de métaux sédimentaires permettent de plus de reconstruire l'histoire d'épisodes anoxiques en milieu côtier et de préciser les tendances à l'augmentation des flux de métaux dans l'environnement en lien avec l'industrialisation. La combinaison de données sur différents métaux dans une même carotte de sédiments accroît en outre notre capacité à inférer correctement les conditions auxquelles a été exposé le milieu sédimentaire. Ces applications impliquent toutefois que l'on connaisse bien la géochimie propre à chacun des traceurs, et ce, à travers une gamme étendue de conditions environnementales. Ce programme de recherche a pour objectif de contribuer à développer les connaissances géochimiques fondamentales nécessaires à une lecture juste des enregistrements sédimentaires des métaux dans la marge continentale canadienne/ CRSNG/ Coll. : B. Sundby (UQAR).

Contamination côtière

Les sédiments constituent des pièges importants pour les contaminants rejetés en zone côtière avec les effluents industriels et urbains. Ce projet consiste à déterminer les variations des flux de plusieurs contaminants métalliques en milieu côtier au moyen de l'analyse de carottes de sédiments prélevées à des sites stratégiques. Nous concentrons nos efforts sur des sites qui peuvent fournir une image globale de l'état de la contamination de

l'environnement et sur des sites situés à proximité de sources ponctuelles de contaminants. Nos recherches nécessitent que nous déterminions les taux de sédimentation par des méthodes géochronologiques. Par ailleurs, nous utilisons les rapports des isotopes stables du plomb pour distinguer l'origine, naturelle et anthropique, du plomb émis dans l'environnement et pour en retracer les mécanismes de transport à des échelles régionale et globale. Ces rapports isotopiques sont des outils géochimiques puissants mais ils ont peu servi jusqu'à présent pour dévoiler les sources des contaminants dans la marge continentale canadienne. Nous avons donc aussi pour objectif dans ce projet de pousser les limites de l'utilisation des rapports des isotopes stables du plomb comme traceurs du cheminement des métaux aux confins de la zone côtière/ Pêches et Océans/ Coll. : R.W. Macdonald (P&O), S. Johannessen (Pêches et Océans).

Incorporation du mercure dans la chaîne alimentaire

L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent assurent environ 20% de tous les débarquements de pêche au Canada. Cette grande zone côtière est par ailleurs un important site de déposition pour les contaminants provenant des régions urbanisées et industrialisées de la vallée du Saint-Laurent et des Grands Lacs. Compte tenu des faibles taux de sédimentation dans l'estuaire et le golfe (de l'ordre de 1 millimètre par année), les organismes qui vivent et se nourrissent près du fond, notamment plusieurs espèces commerciales de poissons et de crustacés, sont exposés pendant longtemps aux contaminants des sédiments et on pense que c'est principalement à partir de ces derniers que le mercure est accumulé dans la chaîne alimentaire. Ce projet a pour but de comprendre le cycle du mercure à l'interface eau-sédiment dans le Saint-Laurent marin. Nous cherchons à déterminer s'il y a des mécanismes qui permettent la remobilisation du mercure des sédiments. Nous voulons de plus savoir s'il y a bioamplification du mercure dans une chaîne alimentaire composée de 17 espèces parmi lesquelles on compte des invertébrés benthiques, des poissons de fond, des poissons pélagiques, des crustacés et des mammifères marins/ CRSNG/ Coll. : A. Mucci (U. McGill), V. Lesage (Pêches et Océans).

Pression des effluents urbains sur la composition élémentaire des eaux du fleuve Saint-Laurent

Les effluents urbains du Québec furent rejetés pendant très longtemps dans le fleuve Saint-Laurent, sans assainissement préalable. Depuis le début des années 1980, plus de 98% de tous les effluents sont cependant traités par procédé physico-chimique primaire. Cette recherche a pour objectif d'évaluer les retombées concrètes de cette amélioration. Les flux de 23 métaux et d'un métalloïde (arsenic) sont déterminés au cours d'un cycle annuel dans le fleuve Saint-Laurent et la pression actuelle qu'exerce les effluents de l'unique usine d'épuration de la ville de Montréal sur ces flux est évaluée. Les eaux usées acheminées à cette usine proviennent d'une population de 1,8 millions de citoyens et d'environ 70% des industries du Québec. À l'aide d'un analyseur élémentaire ICP-MS, nous mesurons plusieurs métaux qui n'avaient jamais été dosés auparavant dans les eaux du fleuve. Les signatures isotopiques du plomb stable, dans la matière en suspension des eaux fluviales et de l'effluent de Montréal, sont par ailleurs utilisés pour évaluer l'origine de la contamination par le plomb et déterminer la part exacte du plomb anthropique à l'embouchure du fleuve/Pêches et Océans/Coll. : B. Rondeau (Environnement Canada).

Facteurs des eaux profondes hypoxiques du chenal Laurentien

Les eaux naturelles dont les concentrations en oxygène dissous sont de 2 mg/L et moins sont nuisibles à plusieurs espèces aquatiques; certains poissons ne peuvent même y survivre. On qualifie ces eaux d'hypoxiques. Or, on trouve présentement d'aussi faibles concentrations en oxygène dissous dans les eaux profondes du chenal Laurentien, dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, sans que l'on sache s'il s'agit d'un changement environnemental récent ou si cette situation perdure depuis toujours. Il est à noter qu'une tendance à l'eutrophisation des systèmes côtiers découlant d'une intensification de l'activité humaine est présentement constatée à de nombreux endroits à travers le monde, notamment près de l'embouchure du Mississippi, dans le golfe du Mexique. La superficie de la zone hypoxique de l'estuaire du Saint-Laurent est d'environ 1000 km²; le pourcentage de

saturation en oxygène y est d'à peine 15%. Le présent projet de recherche a pour but d'examiner les causes probables des faibles teneurs en oxygène des eaux profondes du chenal Laurentien. L'incidence sur les teneurs en oxygène dissous et l'étendue de la zone hypoxique d'une variation du flux de matière organique dans les eaux profondes est notamment évaluée/Pêches et Océans/Coll. : D. Gilbert (Pêches et Océans), G.H. Tremblay (Pêches et Océans).

Laboratoire de géochimie pour la détection des changements environnementaux

Une demande a été adressée à la Fondation canadienne pour l'Innovation en vue d'acquérir des instruments de laboratoire à caractère géochimique permettant de détecter les changements environnementaux en cours en milieu aquatique. Ces instruments sont un détecteur d'émissions gamma, un appareil d'ablation par laser pour couplage avec un spectromètre ICP-MS déjà acquis à l'INRS-ETE, un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse et un spectrophotomètre d'absorption atomique avec torche. Le détecteur d'émissions gamma est requis pour mesurer l'activité de radioéléments naturels et artificiels présents dans les sédiments lacustres et marins afin de déterminer par la suite avec des modèles appropriés les taux de sédimentation et de bioturbation. L'appareil d'ablation par laser est requis pour déterminer les variations à micro-échelle spatiale de la composition élémentaire d'échantillons en phase solide du milieu aquatique, comme des otolithes de poissons, des coquillages et des fanons de baleines qui servent d'archives environnementales. Le chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse est requis pour évaluer la contamination des lacs du Québec par les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques et les composés organochlorés. Le spectrophotomètre d'absorption atomique est requis pour analyser la composition élémentaire d'échantillons du milieu aquatique/FCI/ Coll. : I. Laurion, A. Tessier, L. Hare, P.C.G. Campbell.

Yves GRATTON, professeur

Géodynamique

Circulation et mécanismes d'échange dans le fjord du Saguenay

Les données d'une campagne de mesures menée pendant l'été 1998 sont présentement utilisées pour étalonner un modèle 3-D de la circulation et des processus d'échange dans le fjord du Saguenay. Le modèle reproduit très bien les épisodes de renouvellement des trois bassins observés pour la première fois en période estivale, en 1998. Un épisode de renouvellement inverse (de l'aval vers l'amont) est aussi reproduit/ CRSNG, FCAR/ Coll. : C. Bélanger (ISMER-UQAR); M. Stacey (Royal Military College); F.S. Saucier (Pêches et Océans Canada).

Circulation frontale en mer d'Alboran

Les données des deux campagnes de mesures menées en mer d'Alboran (Méditerranée occidentale), en avril 1991 et en janvier 1998, sont utilisées pour décrire la dynamique de la circulation dans cette région. L'objectif est de déterminer les impacts respectifs des circulations printanière et automnale sur la production biologique de la région. Le second objectif est de comprendre la dynamique des interactions jets-tourbillons/ OTAN, CRSNG, FCAR/ Coll. : L. Prieur (CNRS, Villefranche-sur-mer, France).

Formation et évolution des polynies arctiques

Les polynies sont des régions sans glace, ou avec peu de glace, dans un milieu couvert de glace pendant l'hiver. Dans le cadre du programme international NOW (Northwater Polynya Study), le brise-glace canadien Pierre-Radisson a servi de plate-forme d'échantillonnage dans le nord de la mer de Baffin entre avril et juillet 1998. Plus de quatre cents stations ont été visitées pendant cette période. L'objectif de ce projet est d'évaluer l'impact des changements climatiques sur la structure et l'évolution des polynies arctiques, ainsi que sur la production biologique et la chaîne alimentaire de ces «oasis» des régions

polaires/ CRSNG/ Coll. : L. Fortier (U. Laval) et plusieurs chercheurs canadiens, américains et japonais.

Formation des eaux modales dans l'Atlantique du Nord-Est

Un ambitieux programme français d'échantillonnage des eaux de l'Atlantique du nord-est (entre les 38° et 45°N et entre les 17° et 21°O) a débuté en septembre 2000. Ce programme, nommé POMME (Programme océan multidisciplinaire méso échelle), vise à comprendre les mécanismes responsables de la subduction des eaux s'enfonçant vers le 45°N (i.e. les eaux modales) pour former la couche intermédiaire de l'Atlantique nord. La subduction est un des mécanismes responsables de la transmission de signaux de surface vers l'océan profond. Les eaux subduites restent ensuite isolées de l'atmosphère pendant des durées de l'ordre de la décennie. Quatre missions sont prévues entre septembre 2000 et septembre 2001/ CRSNG, OTAN/ Coll. : L. Mémerly (LODYC, Université Pierre-et-Marie-Curie); L. Prieur (CNRS, Villefranche-sur-mer, France); G. Caniaux (CNRM, Météo-France, Toulouse).

Étude des processus physiques de la méso-échelle et de leurs impacts sur la production biologiques

Les objectifs à long terme sont de déterminer jusqu'à quel point les processus contrôlent la production biologique océanique. En particulier, je m'intéresse à la circulation verticale : les remontées d'eau générées par le vent et les marées près des côtes, ainsi que les remontées associées aux fronts en milieu hauturier ou dans les mers intérieures. Cette demande s'intéresse plus particulièrement aux processus physiques d'échelles moyennes en milieu hauturier et dans l'Arctique. Au cours des quatre prochaines années, je concentrerai mes efforts sur deux objectifs principaux : i) la description de la dynamique des fronts géostrophiques; et ii) la caractérisation de la formation et des variations spatio-temporelles de la couche de mélange Arctique, ainsi que son influence sur la formation et la fonte des glaces/ CRSNG. Coll.: Prof. D. Barber (U. Manitoba), Prof. G. Ingram (U. British Columbia), Dr. L. Prieur, (LOV, Villefranche-sur-mer, France).

Hydrologie

Modélisation de la réponse des écosystèmes des mers glacées aux variations climatiques

Le projet proposé vise à modéliser la réponse de certaines composantes importantes de l'écosystème aux variations du climat dans trois mers glacées: i) le golfe du St-Laurent (GSL), à la limite sud de l'extension du couvert de glace saisonnier arctique; ii) la polynie des Eaux du Nord (dans le nord de la mer de Baffin), oasis de vie et de chaleur au sein de la banquise arctique; et iii) le plateau du Mackenzie, typique des immenses plateaux continentaux qui bordent l'Océan Arctique. À court terme (3 ans), nos objectifs sont : i) de raffiner les modèles existants simulant l'effet de la variabilité saisonnière et inter-annuelle du climat atmosphérique et océanique sur la formation et l'ablation de la glace; ii) de modéliser l'effet de ces variations dans le couvert de glace sur la production des algues de glace et du phytoplancton; iii) de développer des modèles d'écosystème (phytoplancton et zooplancton) et de production tertiaire (survie des larves de poissons et recrutement) pour les Eaux du Nord, et iv) de tester la validité de ces modèles en les coupant à des modèles de circulation simplifiés/ FQRNT/ Coll. Prof. L. Fortier, (U. Laval), Dr. B. Zakardjian (ISMER-UQAR), Prof. D. Barber (U. Manitoba), Prof. M. Gosselin (ISMER-UQAR), Dr. J. Chassé, BIO (Pêches et Océans Canada).

CASES : Canadian Arctic Shelf Exchange Study

Étude multidisciplinaire des interactions entre le plateau continental et le bassin arctique au large de l'embouchure de la rivière Mackenzie et étude de la polynie du golfe d'Amundsen. Il y aura trois années de missions sur le terrain : septembre 2003, septembre 2004 et septembre 2005/ CRSNG-Réseaux de recherche.

Landis HARE, professeur

Biogéochimie

Métaux traces et animaux aquatiques : biodisponibilité et bioaccumulation

Le niveau de contamination d'un lac en métaux (cadmium, cuivre, etc.) peut être évalué en mesurant les concentrations de ces polluants chez les animaux exposés, ces derniers devenant alors des biosentinelles. Pour ce faire, il faut déterminer la relation entre la concentration du métal dans le milieu et dans la biosentinelles. Les relations les plus « polyvalentes » sont basées sur des modèles rationnels, c'est-à-dire des modèles construits à partir de faits biologiques et géochimiques, par opposition aux modèles purement empiriques. L'objectif majeur de nos recherches est de développer de tels modèles qui permettent de prédire l'état de contamination des lacs à partir de plusieurs espèces d'invertébrés aquatiques (*Chaoborus*, *Sialis*, etc.). Nos objectifs de recherche spécifiques sont : i) d'expliquer la faible bioaccumulation du Cd dans les lacs hautement acides; ii) d'évaluer l'influence du type de nourriture sur les concentrations en métaux chez le consommateur; et iii) de mesurer les taux d'entrée et de sortie des métaux chez les animaux. Des études permettant d'atteindre ces objectifs seront réalisées en laboratoire et sur le terrain/ CRSNG/ Coll. : L. Croisetière, M.-N. Croteau, J. Orvoine, A. Tessier.

Accumulation des métaux chez les invertébrés à partir des sédiments, de l'eau et de leur nourriture

L'objectif est de développer des modèles qui relient les concentrations de métaux dans les animaux benthiques à celles dans leur environnement, et de les vérifier sur le terrain. Pour appuyer les modèles de bioaccumulation sur des bases théoriques, il faut bien comprendre les processus chimiques et biologiques impliqués dans l'accumulation des métaux par les organismes. Si on voit un système aquatique comme étant composé de deux compartiments, la colonne d'eau et les sédiments (chacun comprenant des métaux dissous et particulaires), la première question fondamentale est de déterminer si les animaux

obtiennent les métaux de ces deux compartiments. Des expériences suggèrent que plusieurs animaux benthiques obtiennent la majorité de leurs métaux de la colonne d'eau parce qu'ils maintiennent leurs galeries oxygénées en les irriguant avec l'eau surnageante oxygène. Nous voulons augmenter notre connaissance de leur comportement pour construire et irriguer leurs galeries. Une fois que nous aurons déterminé le compartiment majeur d'où les animaux benthiques obtiennent leurs métaux, nous voulons déterminer de quelle source (nourriture ou eau) ils les obtiennent/ Réseau de recherche MITE (CRSNG, Association minière du Canada, Ontario Power Generation)/ Coll. : L. Croisetière, M.-N. Croteau, A. Gosselin, A. Michaud, A. Tessier.

Yvon HÉROUX, professeur

Géodynamique

Caractérisation des lithologies et de la porosité du champ gazéifère de Saint-Flavien : étude des puits Saint-Flavien N^{os} 15, 16 et 17.

L'objectif est de décrire les divers types de lithologie et de porosité (intercristalline, vacuolaire et de fracture) et, s'il y a lieu, les phénomènes de dissolution qui contrôlent la porosité de ce réservoir pour stockage des gaz/ Intragaz/ Coll.: A. Chagnon

Forage DITEM Explorations Dundee N° 1 : analyses lithostratigraphiques et du potentiel roche réservoir et roche mère à hydrocarbures.

Le puit DITEM Explorations Dundee No 1, foré en 2002 dans la région Huntingdon, à l'ouest de Montréal, a montré des indices de gaz naturel intéressants qui étaient associés avec des venues d'eau salée dans la Formation de Beauharnois. La description des carottes montre, dans les formations de Beauharnois et Theresa plusieurs niveaux poreux et fracturés. Les objectifs de cette proposition d'étude sont de : i) préciser la nature des lithofaciès et leurs attributions stratigraphiques dans le forage, ii) qualifier et de quantifier la porosité dans les niveaux réservoir, iii) reconstituer l'histoire de cette porosité en termes de cimentation, dissolution, migration et altération des hydrocarbures, fracturation et déformation tectonique, iv) déterminer l'origine du gaz rencontré en cours de forage/ DITEM Explorations Inc/Coll.: R. Bertrand, A. Chagnon.

Nouvelle stratégie d'exploration pour les sulfures de métaux de base (Cu, Pb, Zn) du Bassin de Mistassini.

Projet d'une durée de deux années qui a pour but l'évaluation des ressources minérales du Bassin de Mistassini et l'élaboration d'une nouvelle méthodologie d'exploration minérale. Le bassin paléoproterozoïque de Mistassini, situé à environ 70 km au nord de Chibougamau, couvre une superficie de près de 6 000 km². L'exploration minière de ce bassin sédimentaire peu métamorphisé est difficile car les affleurements minéralisés ne montrent pas d'altération identifiable à l'oeil nu. L'objectif des travaux est de développer une nouvelle méthode d'exploration minière qui s'appuie sur des outils empruntés à l'exploration pétrolière. Ces outils, très sensibles aux sollicitations thermiques et chimiques de faible amplitude, permettent de discerner entre les contraintes thermiques et chimiques qui reflètent celles du dépôt initial, de celles résultant des fluides hydrothermaux métallifères et du métamorphisme. Ces données essentielles à la formulation des modèles métallogéniques et à l'exploration minière sont comparées aux résultats obtenus à partir des analyses géochimiques conventionnelles et des inclusions fluides/Ministère des ressources naturelles du Québec, Mistissini geological centre, DIVEX/ Coll.: B. Diagona, A. Chagnon, M. Richer-Lafèche, R. Moar.

Pierre LAFRANCE, professeur

Biogéochimie

Dynamique et impact des contaminants organiques dans le sol et l'eau souterraine

Le projet porte sur l'influence des processus biophysico-chimiques sur le destin et le transport de composés organiques dans le sol et l'eau souterraine. Il vise à approfondir la compréhension des contaminations par des sources diffuses (évolution, caractérisation et prédiction), et à appliquer les connaissances acquises à la biogéochimie et au traitement des contaminations, principalement les hydrocarbures lourds fortement adsorbés au sol. Les démarches de recherche comprennent :

- i) l'étude d'interactions entre les contaminants organiques et les éléments constitutifs du sol;
- ii) l'impact de ces interactions sur le devenir des contaminants (transport et biodisponibilité);
- iii) l'étude *in situ* de l'évolution des contaminations et la validation d'hypothèses de transport; et iv) le transfert des connaissances vers :

- a) l'application d'outils prédictifs du devenir des contaminations (modèles de transport); et b) le développement de critères de conception d'un procédé de décontamination *in situ* des sols/ CRSNG-Subvention de recherche.

Étude de la contamination des eaux souterraines par des sources diffuses agricoles

L'investigation rationnelle de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par des sources diffuses nécessite de disposer des connaissances, d'outils et de méthodologies spécifiquement développés et adaptés à cette tâche. Il est nécessaire d'acquérir des résultats fiables de prédiction et d'évaluation de la contamination pouvant être interprétés quantitativement en regard des normes de qualité. De plus, l'ensemble des activités de développement (connaissance et prédiction des contaminations) doit concourir à une gestion intégrée des ressources en eau souterraine, en région agricole. Le projet vise l'établissement d'une telle méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et son application à l'aide d'outils et de méthodes adéquates. Ceci conduira au développement d'outils spécifiquement conçus pour la

compréhension des cas de contamination et pour la gestion préventive de la qualité de la ressource. Les activités se répartissent à l'intérieur de quatre objectifs : i) étude des processus biophysico-chimiques d'atténuation des contaminants - vérification d'hypothèses sur la mobilité et sur la persistance, caractérisation des variabilités spatiale et temporelle des paramètres et des processus, impact des pratiques culturales sur l'atténuation au champ; ii) méthodes de caractérisation des environnements hydrogéologiques - caractérisation de la variabilité spatiale des paramètres physiques et hydrodynamiques de la zone non saturée et des aquifères, impact sur le transport avec l'eau et sur la dispersion des composés; iii) développement d'outils pour l'évaluation de la vulnérabilité - modélisation mathématique du transport dans la zone non saturée et cartographie de la vulnérabilité, couplage des simulations en zones non saturée et saturée et délimitation des périmètres de protection des puits, et iv) intégration des résultats et des outils de gestion développés pour les eaux souterraines à la problématique de la gestion de l'eau des bassins-versants - interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, impact des pratiques culturales sur l'exportation vers les eaux de surface. Les retombées escomptées sont : i) la préservation de la qualité de la ressource (ex. identification des zones à risques); ii) la protection des usages (ex. points de captage); et iii) l'exploitation rationnelle de l'eau souterraine/ FQRNT - Équipe de recherche/ Coll. : O. Banton, J.-P. Villeneuve, P.G.C. Campbell.

Isabelle LAURION, professeure

Biogéochimie

Influence des changements climatiques sur le réseau alimentaire microbien en milieu lacustre.

Les changements environnementaux liés au climat et leurs impacts sur le milieu aquatique sont encore peu connus. Ils peuvent causer des modifications dans le régime hydrique et thermique des lacs et ainsi affecter la structure et la productivité de ces écosystèmes. Le réseau alimentaire microbien joue un rôle important dans les transferts d'énergie et de contaminants vers les maillons supérieurs de la chaîne alimentaire aquatique. Afin d'évaluer les effets des changements climatiques sur le réseau alimentaire microbien et le transfert trophique des contaminants, nous devons identifier les facteurs sensibles au climat pouvant affecter l'environnement dans lequel ces organismes évoluent, pour comprendre de quelle façon ils contrôlent leur productivité. La température, la concentration en matière organique dissoute et en nutriments et l'exposition au rayonnement solaire dans la colonne d'eau, intimement liées au climat, sont des facteurs clés qui influencent la productivité des écosystèmes aquatiques. L'objectif général de ce programme de recherche est d'évaluer de quelle façon les changements dans les régimes thermiques et lumineux affectent la productivité à la base de la chaîne alimentaire aquatique. Pour répondre à cet objectif, le programme comporte à la fois des études sur le terrain et des manipulations expérimentales en laboratoire et à l'aide de mésocosmes. L'emphase sera donnée sur l'étude du milieu nordique, là où les changements climatiques pourraient se manifester le plus rapidement/ FQRNT, Programme stratégique de professeurs-chercheurs, volet établissement de nouveaux chercheurs/ Coll.: P. Campbell, W. Vincent (Laval).

Laboratoire de limnologie et de géochimie pour la détection des changements environnementaux.

Les objectifs de ce projet de recherche sont la détection précoce de l'influence du réchauffement climatique sur les premiers maillons de la chaîne alimentaire aquatique et la détermination du cheminement et du destin des contaminants métalliques et organiques dans le milieu lacustre et marin. L'infrastructure subventionnée par le FCI comprend entre autres un cytomètre en flux, une sonde de fluorescence submersible et un microscope inverse à épifluorescence. Ces instruments offrent un grand potentiel de recherche et développement en environnement. Ils permettront l'évaluation de la biodiversité et de la répartition des espèces en milieu aquatique, le développement d'indicateurs biooptiques (ex. détection de floraisons d'algues toxiques), l'évaluation du stress physiologique (ex. rayonnement ultraviolet et contaminants) et l'étude des mécanismes de détoxification et de transport membranaire des contaminants. L'infrastructure comprend également des instruments à caractère géochimique décrits par C. Gobeil. Elle favorisera l'interaction entre ces deux secteurs au sein de l'INRS-ETE/ Fonds de relève de la fondation canadienne pour l'innovation/ Chercheurs principaux : I. Laurion et C. Gobeil/ Coll.: P. Campbell, A. Tessier, L. Hare.

Denis LAVOIE, professeur associé

Géodynamique

Évolution de la marge laurentienne au Paléozoïque : les ponts géologiques de l'Est du Canada (Programme CARTNAT de la CGC)

Les diverses activités menées dans le cadre de ce projet ont permis de générer de nouvelles connaissances sur la géométrie et l'évolution de l'ensemble de la marge paléozoïque et sa couverture quaternaire. De plus, l'acquisition de nouveaux profils sismiques et le retrait d'anciennes données, de même que de nouvelles données litho et biostratigraphiques, structurales, géochronologiques et géochimiques, ont permis de mieux apprécier le potentiel en hydrocarbures de l'Est canadien. Ce projet vise à reconstruire l'évolution de la marge continentale orientale de Laurentia au Paléozoïque, pour le secteur allant de Terre-Neuve jusqu'à l'extrémité sud de l'Ontario, et à proposer un modèle régional basé sur de nouvelles données et celles récemment générées par divers intervenants privés et/ou gouvernementaux. Le produit final (Géo-Atlas du Saint-Laurent ou GASL) synthétisera les connaissances de ce secteur de la plate-forme et du domaine appalachien. Ce produit, sur Internet, sera un document de travail et d'évaluation critique pour l'industrie des ressources naturelles dans l'Est du Canada. Depuis sa mise en marche, le projet CARTNAT a généré deux volumes spéciaux sur la géologie et le potentiel en hydrocarbures de l'Est canadien, plus de 50 articles scientifiques, 200 communications orales ou par affiches. Les nouveaux modèles géoscientifiques générés par ce projet sont définitivement un élément déclencheur de l'actuelle frénésie d'exploration des hydrocarbures dans l'est du Québec/ Université Laval, UQAC, UQAM, Université d'Ottawa, Memorial University of Newfoundland, University of Alberta, Dalhousie University, Ministère des Ressources naturelles du Québec, New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, Newfoundland Department of Mines and Energy/ CGC/ Coll. : E. Asselin (CGC-Q), J.H. Bédard (CGC-Q), A. Bolduc (CGC-Q), S. Castonguay (CGC-Q), K. Lauzière (CGC-Q), D. Lebel (CGC-Q), L. Nadeau (CGC-Q), S.J. Paradis (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), M. Savard (CGC-Q), C.

Deblonde (CGC-Q), M. Luzincourt (CGC-Q), A. Smirnov (CGC-Q), J. Dietrich (CGC-C), G. Nowlan (CGC-C), M. Fowler (CGC-C), A. Okulitch (CGC-P), A. Achab, R. Bertrand, Y. Héroux, M. Malo, A. Tremblay, J. Riva, C. Beausoleil, J. Gagnon, S. Roy, S. Séjourne, A. Pincivy, M. Ross.

Daniel LEBEL, professeur associé

Géodynamique

Coordination de l'Entente INRS-CGC Centre géoscientifique de Québec

L'année 2002-2003 a vu la signature d'une nouvelle entente du Centre géoscientifique de Québec, entre l'INRS-ETE et la Commission géologique du Canada. Ceci concrétise la volonté des deux partenaires de poursuivre leur collaboration à l'intérieur de domaines géoscientifiques d'intérêt commun.

Le CGQ a participé à diverses initiatives pour promouvoir le rayonnement des géosciences au sein de la communauté régionale. Ainsi, le Centre a poursuivi sa contribution à la promotion du programme universitaire Géosciences Québec, programme de maîtrise et de doctorat en sciences de la Terre offert conjointement par l'Université Laval et l'INRS depuis 1993. Les efforts du comité organisateur du programme de conférences CGQ-Laval-MRN ont permis à la communauté géoscientifique de Québec de bénéficier d'une série de conférences.

Les équipes de recherche CGC-INRS ont complété plusieurs projets importants qui sont mentionnés dans le présent rapport. De plus ces équipes ont généré et obtenu le financement de nouveaux projets conjoints INRS-CGC, avec le support de la direction des deux organisations.

Le rapport annuel 2002-2003 du CGQ sera disponible en ligne en novembre 2003, au site web du CGQ (www.cgq-qgc.ca).

Projet du Réseau de Centre d'excellence GEOIDE sur l'intégration 3D de données géologiques, photogrammétriques, de télédétection et de géophysique pour les ressources naturelles.

Ce projet multi-institutionnel (INRS, CGC, U. Laval, U. Alberta, U. de Calgary, Husky Energy, Shell Canada, Talisman), aussi appelé 'Moose Mountain', a été complété (1999-2002) avec une présentation aux partenaires industriels de ses principaux produits en mai 2002. Ainsi le projet a permis de compléter une carte géologique tri-dimensionnelle de la zone de plis et failles de Moose Mountain en Alberta, en

tirant partie de travaux sur le terrain (1 M.Sc.) et de la projection de photographies aériennes verticales et obliques (avec l'aide de 2 stagiaires NRCan). Il a aussi mené au développement d'une méthodologie de construction de modèle géologique 3D (1 M.Sc.), le développement d'un site web innovateur d'accès intégré aux données géospatiales et aux photographies pour les géosciences (www.cgq-qgc.ca/geoide/), et la calibration de l'imagerie hyperstrale pour la cartographie des carbonates. La réalité virtuelle a été explorée pour affiner les modèles géologiques, de façon interactive ou par le biais d'un site web développé par l'équipe de l'Université de Calgary. Les professionnels de l'industrie pétrolière ont pu expérimenter directement et reconnaître les bénéfices de ces approches pour l'exploration lors d'une excursion de terrain 'virtuelle' tenue dans les bureaux de Shell Canada (Calgary). Enfin, l'utilisation de la photogrammétrie oblique de haute-résolution a amené l'équipe à évaluer cette technique pour l'analyse de réservoirs analogues aux riches gisements gaziers de sous-surface situés dans cette région des Foothills de l'Alberta.

Plusieurs articles sont publiés ou en préparation, et les références sont mises à jour régulièrement sur le site web du projet. La CGC, qui a développé le site web de ce projet avec les étudiants et stagiaires de l'INRS et de l'Université Laval, continue de l'utiliser pour expérimenter plus avant la convivialité de l'approche (pour fournir un accès plus direct à ses vastes réserves de données géoscientifiques), et pour généraliser ses modèles de données. De plus, les avancées effectuées pour le développement de modèles 3D ont trouvé une application directe en tant que fondement principal pour le programme d'inventaire des aquifères de la CGC (1 Ph.D.). Quelques-uns des étudiants diplômés du projet sont maintenant à l'embauche de Junex, une des rares sociétés junior d'exploration pétrolière au Québec, et appliquent déjà les méthodes développées et les connaissances acquises lors de ce projet.

L'ensemble de ces retombées démontre que le réseautage gouvernement-industrie-université, qui a été effectué au niveau national par le biais de GEOIDE, a eu un impact direct et immédiat sur la R&D au Canada.

Michel LECLERC, professeur

Hydrologie

Développement de solutions techniques novatrices pour les risques de dommages aux infrastructures municipales dus aux embâcles de la rivière Montmorency

Ce projet est réalisé dans le cadre d'un vaste partenariat entre les divers paliers de gouvernements, les MRC et les municipalités du bassin de la rivière Montmorency, des firmes de consultants, ainsi que les riverains à risques par rapport aux inondations par embâcles. Il vise à évaluer les risques moyens annuels associés aux dommages physiques et d'incertitude, ainsi que les coûts d'intervention ou de réparation assumés par les différentes classes d'intervenants (équité). Le projet demande la mise au point d'une méthode d'estimation des probabilités d'embâcles, d'un point de vue à la fois événementiel et sectoriel (les différents voisinages exposés). Il est également axé sur la recherche de techniques d'intervention amovibles ou structurelles, mais légères et économiques, adaptées à de fortes pentes comme celles de la Montmorency. Pour ce faire, une campagne de caractérisation précise par balayage laser aéroporté a été conduite à l'échelle du réseau hydrographique inférieur (35 km), afin de pouvoir évaluer les paramètres morphologiques requis pour le type d'ouvrage envisagé/ Centre d'études et de Recherches sur les Infrastructures Municipales (CERIU), Ville de Beauport, Municipalités de Sainte-Brigitte-de-Laval et de Boischatel, Programme conjoint de Protection civile (PCPC), Université Laval (génie civil), Les firmes BPR Groupe-Conseil, Lasermap, Géolocation/ Coll. : B. Morse (département de génie civil, Université Laval), M. Heniche, Y. Secretan, P. Boudreau, J. Francoeur, H. Delcourt et P. Blin.

Modélisation hydrodynamique opérationnelle du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières

Le projet vise à produire en continu des données courantométriques sur l'ensemble du tronçon fluvial du Saint-Laurent, entre Cornwall et Trois-Rivières. Le modèle est constitué à partir du programme HYDROSIM et du logiciel MODELEUR. Le cadre conceptuel est enrichi

de composantes biotiques, comme les plantes aquatiques. L'utilisation des résultats du modèle s'inscrit dans le cadre de diverses problématiques environnementales, comme l'intervention urgente en cas de déversement d'hydrocarbures, la protection des habitats et milieux humides, la qualité de l'eau, les dragages, ou encore, la construction d'ouvrages de génie/ Entente de partenariat avec Environnement Canada (Direction de l'Environnement atmosphérique)/ Coll. : Y. Secretan, J. Morin, P. Boudreau, M. Heniche, S. Côté, J. Marion, P. Fortin, J.-F. Cantin, R. Laurence (Environnement Canada).

Expertise dans le cadre des recours juridiques suite aux crues du Saguenay

Le contrat vise une prestation de services d'expertise dans le cadre de la poursuite "Recours collectif en faveur des sinistrés en amont et en aval du réservoir Kénogami (Demanderesse) contre la Société immobilière du Québec (Défenderesse)". Ce document vise à faire valoir des faits ou apporter un éclairage additionnel dans l'argumentation de la partie Défenderesse relative à cette cause/ Ministère de l'Environnement.

Cartographie du risque unitaire de dommage d'inondation

La cartographie des risques d'inondation représente un outil essentiel de prévention dans le cadre de la planification de l'aménagement du territoire, et chaque pays a sa propre méthode de cartographie élaborée en fonction des pratiques particulières de gestion. À l'eau libre, l'évaluation du risque comprend une estimation des dommages potentiels résultant de la submersion, et la caractérisation hydraulique des événements de crue ou d'embâcle en terme de niveau d'eau et de profondeur de submersion, ce qui sous-tend la disponibilité d'un modèle d'élévation assez précis et préférablement non biaisé du cours d'eau et de sa plaine de débordement, ainsi qu'une bonne estimation de la probabilité des événements problématiques. Si l'hydraulique à l'eau libre des cours d'eau peut être assez facilement obtenue par des méthodes traditionnelles de modélisation en 1D ou en 2D, il n'en est pas de même des embâcles, lesquels surviennent de façon très aléatoire dans le réseau hydrographique, avec des attributs de submersion tout aussi

imprévisibles. Pourtant, plus de la moitié des dommages d'inondation au Canada sont associés à ce type d'événement. Il est proposé de développer une méthode de cartographie intégrée et unitaire des risques d'inondation à l'eau libre et par embâcles, dont le résultat permettrait de prédire à l'avance et en fonction du type d'implantation et de l'altitude du premier plancher des résidences à construire (ou pas) le pourcentage de dommages qu'une telle implantation subirait en un lieu particulier. Cette cartographie dite unitaire serait une représentation continue (2D) dans l'espace de l'espérance mathématique du pourcentage de dommages annuels potentiels subis par une résidence théorique/ CRSNG – Dépenses courantes.

Modélisation des panaches de contaminants dans le fleuve Saint-Laurent en aval de la ville de Montréal

Le projet s'inscrit dans le cadre d'une vaste collaboration interinstitutionnelle dénommée "Réseau Écotox". La portée du projet dans son ensemble vise à mieux comprendre la genèse et les effets des modulateurs endocriniens rejetés au fleuve en aval des effluents municipaux, principalement celui de la Ville de Montréal et de ses banlieues. La méthodologie de la contribution de l'INRS-ETE est basée sur la modélisation de l'hydrodynamique et du transport-diffusion de certaines espèces chimiques à déterminer. Elle vise notamment à développer des stratégies de caractérisation adaptées à la distribution spatiale des contaminants en fonction des événements de référence lors des campagnes de terrain/ INRS-Santé, Écotox, VRQ, Ville de Montréal et al/ Coll. : J. Morin, Y. Secretan, P. Boudreau, J.-F. Cantin.

Évaluation de l'étude de débits réservés – Pikauba

Ce projet vise à évaluer l'étude des débits réservés écologiques réalisée par les Consultants GENIVAR pour le compte d'Hydro-Québec, pour le réservoir Pikauba en amont du lac-réservoir Kénogami/ Ministère Pêches et Océans Canada, Division de la gestion de l'habitat du poisson.

Atelier sur l'état de l'art en matière de débits réservés écologiques et modélisation d'habitats piscicoles

L'atelier a pour but de faire le point sur l'état de l'art en modélisation des habitats fluviaux lotiques et lentiques, pour la détermination de débits réservés écologiques dans le contexte du développement hydroélectrique du Nord. Des conférenciers de réputation internationale seront invités à venir exprimer leur opinion sur un certain nombre de sujets sélectionnés pour leur pertinence, par rapport à la dérivation de cours d'eau à des fins hydroélectriques et au maintien de la disponibilité d'habitats en qualité et en quantité suffisantes pour en assurer la pérennité

Modélisation de l'habitat du doré dans le lac Saint-François - Fleuve St-Laurent

L'introduction de la moule zébrée dans les Grands-Lacs a entraîné une diminution importante de la matière en suspension dans les eaux du fleuve Saint-Laurent. Ce phénomène aurait entraîné une réduction draconienne de la population de doré jaune dont l'écologie est intimement liée à la qualité et la quantité de lumière disponible dans la colonne d'eau. Le projet vise à développer et appliquer un modèle d'habitat de ce poisson afin d'analyser l'influence de ces modifications anthropiques sur la disponibilité de conditions favorables à cette espèce dans le lac Saint-François. La méthodologie prévoit utiliser les séries chronologiques disponibles sur la présence de ce poisson dans le lac Saint-François aux fins de comparaison. Le projet vise aussi à rechercher des méthodes d'intervention permettant de remédier à ce problème/ Fondation de la Faune, Hydro-Québec et al/ Coll.: J. Morin, P. Boudreau, J. Bechara.

Expertise sur la modélisation d'habitats et les débits réservés écologiques - Projet Eastmain-Rupert

Le projet s'inscrit dans le cadre du développement hydroélectrique de la Baie James, plus précisément la dérivation de la rivière Rupert vers la Eastmain. Un enjeu environnemental du projet est le débit réservé écologique des rivières Rupert, Lemare et Nemiscau. À l'heure actuelle, le débit réservé de la Rupert est fixé à au moins 20%, dans l'entente Boumouhnan. Toutefois, la valeur

exacte de ce débit doit être déterminée, ainsi que les modulations que l'on devra y apporter selon les saisons. Pour ce qui est de la Lemare, le débit reste entièrement à déterminer. Pour la Nemiscau, le débit est restitué à 100%, avec des modulations correspondant à un hydrogramme moyen. La simulation des habitats de poisson et la détermination des débits réservés selon la méthode de Modélisation des microhabitats (MMH) constituent l'approche méthodologique privilégiée pour les rivières Rupert et Lemare. La rivière Némiscau, quant à elle, ne fera pas l'objet de simulations d'habitats, puisque le volume d'eau total annuel sera restitué en aval du point de coupure. Le consultant Génivar inc. a été engagé pour réaliser les simulations d'habitat et proposer des scénarios de débit réservé écologique. Toutefois, comme le domaine des simulations évolue rapidement, il est essentiel que cette équipe soit appuyée par l'expertise de l'INRS qui est un leader dans ce domaine. Le projet vise également à mesurer la performance des logiciels développés à l'INRS-ETE (HYDROSIM/MODELEUR/HYDROSIM) pour répondre à ce genre de besoin/Groupe-Conseil Génivar Inc/Coll.: Y. Secretan, P. Boudreau.

René LEFEBVRE, professeur

Hydrologie

Délimitation Panaches Valcartier - Soutien aux travaux de caractérisation environnementale et hydrogéologique au CRDV et à l'USS de Valcartier.

Les objectifs principaux de cette étude sont de :

- i) fournir des avis scientifiques et techniques durant la planification et la réalisation des travaux de caractérisation hydrogéologique effectués sur les terrains de RDDC Valcartier et de la Garnison Valcartier;
- ii) fournir des services spécialisés pour supporter la réalisation des travaux de caractérisation ou des mesures complémentaires à la caractérisation; et
- iii) faire l'intégration des résultats de la caractérisation.

Ce projet a nécessité diverses caractérisations hydrologiques et hydrogéochimiques des sites de Valcartier, telles que la mesure de la piézométrie, de la direction et de la vitesse d'écoulement, la définition des panaches de contamination principaux et secondaires, des essais *in situ* de perméabilité, des analyses chimiques d'échantillons d'eau souterraine, etc. Ces caractérisations ont permis de construire un modèle d'écoulement des eaux souterraines et du transport de masse des contaminants aux zones sources et dans les panaches identifiés par la caractérisation. Ces travaux ont fait l'objet du projet de maîtrise d'Alexandre Boutin et du projet de fin d'études de Véronique Blais/ Ministère de la Défense Nationale/ Coll. : R. Martel, M. Parent (CGC), R. Therrien (U. Laval).

Modélisation numérique et gestion de l'aquifère régional de Ville Mercier

L'objectif général du projet est d'assurer la saine gestion des ressources en eau souterraine de l'aquifère rocheux régional à la périphérie et à l'intérieur de la zone réglementée de Ville Mercier. Cette gestion devrait assurer la pérennité des approvisionnements en eau souterraine en termes de quantité, en évitant une surexploitation locale ou régionale, ainsi que la protection de cette ressource contre la contamination à partir du site des anciennes lagunes de Ville Mercier. Les objectifs spécifiques sont de développer un modèle

numérique d'écoulement régional et de définir des règles d'exploitation de l'aquifère. Ces travaux ont fait l'objet du projet de maîtrise d'Olivier Pontlevooy/ MENV, Direction de politiques du secteur municipal, Service de l'expertise technique en eau/ Coll. : R. Martel, R. Therrien (U. Laval), M. Ouellet, C. Lamontagne (MENV).

Initial scoping study on air flow in overburden stockpiles at the Grasberg Mine

La mine Grasberg est localisée en Irian Jaya, Indonésie. Cette exploitation à ciel ouvert est un des deux plus grands producteurs mondiaux de cuivre et d'or. Les haldes à stériles de la mine produisent du drainage minier acide, malgré le fait que ces matériaux avaient été prédits initialement comme non générateurs d'acide. Dans le cadre de l'établissement d'un plan de contrôle et de fermeture de la mine, nous avons eu le mandat de faire la simulation numérique du DMA dans les haldes avec le simulateur numérique TOUGH AMD qui représente l'oxydation de la pyrite, la production et le transfert de chaleur, l'infiltration d'eau et la convection thermique des gaz ainsi que la diffusion de l'oxygène. Les étapes du projet comprennent: i) la revue des données; ii) l'établissement d'un modèle conceptuel; iii) le calage des paramètres dans une halde expérimentale instrumentée; iv) la simulation des conditions présentes dans les haldes; v) la simulation de scénarios de fermeture; et vi) l'intégration des résultats dans le plan de contrôle et de fermeture. Dans le cadre de ce projet, C. Wels de RGC (Vancouver) et Judy Adrina de la Mine Grasberg (Indonésie) ont passé une semaine à Québec en juillet 2001/ Robertson GeoConsultants inc.(Vancouver), Mine Grasberg/ Coll. : C. Wels (Robertson Geo Consultants inc.), Laura Finlater et A. Robertson de RGC, J. Adrina (Mine Grasberg, Indonésie).

Optimisation du contrôle du panache de Ville Mercier

L'objectif général du projet est de sélectionner et d'optimiser les infrastructures de contrôle du panache de contaminants dissous émis par les anciennes lagunes de Ville Mercier. Les objectifs spécifiques comprennent les points suivants: i) la caractérisation complémentaire; ii) la compréhension du système régional; iii) la compréhension détaillée de l'écoulement local;

iv) la sélection des infrastructures ou systèmes de contrôle du panache; v) les essais pilotes des infrastructures de contrôle du panache et autres travaux (Phase ultérieure). Ces travaux comprennent la deuxième partie des travaux de M.Sc. d'Olivier Pontlevooy, ainsi que ceux de M.Sc. Cintia Racine/ MENV, Direction de politiques du secteur municipal et Bureau régional de la Montérégie/ Coll.: R. Martel, R. Therrien (U. Laval), M. Ouellet et C. Lamontagne (MENV).

Outils scientifiques pour la gestion des ressources en eau souterraine de la municipalité de Lac-Beauport

L'objectif général du projet est de développer les outils requis pour assurer la gestion des ressources en eau souterraine dans la municipalité de Lac-Beauport. En particulier, ce projet vise à déterminer l'impact des installations septiques privées sur la qualité de l'eau souterraine, tant au niveau des nitrates que bactériologique. Les activités spécifiques comprennent les points suivants: i) la compilation des données existantes et inventaire des utilisations de l'eau; ii) la caractérisation de l'aquifère: propriétés, conditions d'écoulement, qualité d'eau; iii) la modélisation numérique de l'écoulement, incluant la délimitation de l'aire d'alimentation du puits municipal; iv) les études des problématiques locales: fosses septiques, interaction avec Lac Beauport, densité développement; v) le programme de gestion et de protection des ressources en eau souterraine. Ces travaux font partie du projet de M.Sc. de Jean-Marc Ballard/ Programme FAQDD, Municipalité de Lac-Beauport/ Coll. TechnoRem.

Bernard LONG, professeur

Géodynamique

Étude de l'évolution des sédiments pour la reconstruction du port de Rivière-du-Loup

Cette étude vise à déterminer l'évolution sédimentaire au niveau du port de Rivière-du-Loup, pour déterminer le schéma de sédimentation afin de connaître son devenir et la possibilité d'utiliser ce site pour optimiser une future installation portuaire. Parallèlement, une détermination de la stabilité de l'ensemble de la zone est entreprise pour déterminer la capacité de remaniement des sédiments fins sur toute la zone comprise entre - 2 m et -10 m. Ce travail permet de connaître le potentiel de sédimentation dans le havre et celui de dispersion sous l'effet des courants. Le travail effectué durant la campagne de géophysique a permis de déterminer la géométrie en trois dimensions des dépôts sous forme de cartes, ainsi que les structures sédimentaires. La campagne de carottage a quant à elle, pour but de déterminer le degré de compaction et la porosité des sédiments, leur nature, seuil d'érosion et les conditions de dépôt. Enfin, les mesures hydrodynamiques conduisent à la détermination de la quantité de sédiments transportés par charriage et en suspension, des vitesses d'érosion et de consolidation des dépôts fins, du bilan sédimentaire général, de la vitesse d'érosion, de l'épaisseur de remobilisation et de l'importance de l'apport de la période printanière/ Groupe Conseil Lasalle.

Étude de l'évolution des littoraux des sites de Maria, de Bonaventure-St-Siméon, de Newport et de Cap-d'Espoir

Cette étude vise à documenter quatre sites, soit ceux de Maria, Bonaventure-Saint-Siméon, Newport et Cap- d'Espoir, afin de déterminer l'état sédimentologique et écologique actuel de chaque site, son cadre hydrodynamique (contrôlant la dynamique sédimentaire entre le haut de plage et la limite sous-marine de l'action des houles) et le potentiel actuel de remobilisation sédimentaire, dans le but de connaître le devenir du site et la possibilité de le réhabiliter dans un avenir rapproché. Ce travail a permis de connaître le potentiel de remaniement des matériaux, les axes de transport associés et les solutions de

réhabilitation à entreprendre. Le travail effectué durant la campagne de géophysique a permis de déterminer la géométrie en trois dimensions des dépôts sous forme de cartes, la morphologie de surface et, en particulier, les répartitions des champs de rides et dunes sédimentaires sous forme de cartes de répartitions des différents faciès sédimentaires de surface et des axes de transport, les structures sédimentaires, la nature des sédiments, le degré de compaction et la porosité des sédiments. Les mesures hydrodynamiques ont, quant à elles conduit à la détermination de la quantité de sédiments transportés par charriage et en suspension, du bilan sédimentaire général, de la vitesse d'érosion et de l'épaisseur de remobilisation/ Ministère des Transports du Québec/ Coll. : G. Desrosiers (ISMER), M. Ulmann (INRS).

COSTA-CANADA : Une contribution canadienne à l'étude de la stabilité de la pente continentale

L'objectif de ce projet est d'estimer la stabilité de la pente continentale le long de la marge continentale canadienne, des estuaires et des fjords, en regard des processus naturels et de l'activité humaine. Sur une période de quatre ans, nous comparerons des sites bien documentés de l'Atlantique et du Pacifique et nous développerons de nouvelles approches analytiques basées sur des données de terrain et de laboratoire et sur une modélisation numérique des glissements de terrain sous-marins. Ceci nécessitera la mise en place d'une base de données précise et l'intégration de données de terrain (sondages sismiques) et de laboratoire (ex. essais de résistance) dans un modèle tridimensionnel représentant le domaine entier des risques de glissements de terrain sous-marins. Certains aspects reliés à la transition de légères coulées vers des mouvements catastrophiques seront aussi évalués avec des modèles physiques à échelle réduite. Cette visualisation sera incorporée à une nouvelle approche permettant de définir le danger, pour ensuite intégrer ce dernier à une méthodologie d'estimation du risque, qui nous aidera à évaluer les risques de tremblements de terre, de glissements de terrains et de tsunamis dans un environnement marin donné/ Université Laval/ Coll. : J. Locat, J.-M. Konrad, S. Leroueil, B. H. (McGill) et D. Piper (CGC-Atlantic).

Étude de la courantométrie au site du futur port de Kuujjuaq

Le site de la future installation portuaire de Kuujjuaq sera construit sur une batture sableuse protégée par un lag grossier de surface. Cette étude a comme objectif de mesurer les courants et les hauteurs d'eau en deux points sur la zone sableuse située en avant de la future installation portuaire de Kuujjuaq. Ce travail consiste à : i) placer des courantomètres programmés pour enregistrer les courants et la hauteur d'eau (valeur moyenne sur une minute, relevée à chaque 10 minutes) pendant 15 jours; ii) une campagne de mesure des verticales des courants sur un cycle de marée, en cinq points, à raison d'une mesure chaque heure; et iii) le dépouillement et l'interprétation des données pour déterminer les variations temporelles des courants en relation avec les niveaux d'eau. Le travail effectué durant la campagne de mesure des courants a permis d'en déterminer la distribution temporelle au cours des cycles lunaires, les relations entre les vitesses des courants et les hauteurs d'eau, les distributions verticales des vitesses des courants au cours des cycles de marée, ainsi que le potentiel de transport sédimentaire relié aux courants sur le futur site portuaire/ Genium Consultants inc/ Coll. : Y. Ouellet (U. Laval), J.-F. Crémer (INRS).

Tailored geomatics application for geohazards and georesource exploration

Ce projet a pour objectifs : i) l'étude de l'érosion du littoral de Gaspésie et de la morphologie de Moose MT (Alberta) par analyse de données LIDAR (Laser aéroporté) et photogrammétrie verticale et oblique; ii) la détermination de la validation des données en fonction de la morphologie et géologie des affleurements (pendages horizontal, oblique, niveaux résistants, littoraux sableux, etc.); et iii) l'étude de la relation entre les zones d'érosion et l'avant-côte, pour déterminer le type de protection du littoral qu'il faut envisager. Ce projet est couplé avec celui de Transport Québec, qui est en cours de réalisation/ GEOIDE Centre d'excellence/ Coll. : D. Kikwood (Laval), J. Pouliot(Laval), V. Tao (York), D. Perret (RNCAN-Qué), D. Forbes (NRCAN- Halifax).

Géologie

Étude d'impact des élevages de mollusque sur l'habitat benthique lagunaire (Lagune de Grande-Entrée, Îles- de-la-Madeleine).

L'élevage de mollusques aux Îles-de-la-Madeleine représente une activité économique en pleine expansion. Cependant, un impact mesurable sur l'environnement marin pourrait être associé aux bénéfices économiques dérivant de cette activité maricole. Aux Îles-de-la-Madeleine, les élevages de mollusques ont débuté durant les années 1980 avec l'implantation de l'élevage des moules bleues dans les lagunes ont pu avoir un impact sur la sédimentologie et sur les communautés benthiques des substrats sous-jacents aux élevages. Projet : Analyse de carottes par scanographie pour étudier les structures biogéniques dans le sédiment afin d'évaluer l'espace d'occupation biologique de l'endofaune. Dans le cas d'une étude d'impact, la comparaison du EOB entre zones témoins et zones affectées peut alors fournir un indice de perturbation environnemental/ MAPAQ-UQAR/ Coll. J.-F. Crémer.

Étude bibliographique des impacts potentiels relatifs à l'exploration et à la production de gaz et pétrole dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent.

Ce projet fait suite à une volonté d'Hydro-Québec de lancer une vaste campagne de prospection de gaz et pétrole dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent au cours des dix prochaines années. Cette exploration devra comprendre une étude d'impacts de ces opérations sur les relevés de géophysique. Ce projet doit produire une étude bibliographique de ces impacts au niveau : i) des opérations de relevés de géophysique sur les mammifères marins et la faune marine en général; ii) des opérations d'explorations sur l'environnement marin; iii) des opérations de production sur l'environnement marin; et iv) des opérations de transport sur l'environnement marin. Ce travail va permettre d'établir les conditions à remplir pour définir les études d'impacts futures. La phase 1, présentée ici, s'intéresse surtout aux expériences menées dans l'Est canadien et la phase 2 (à venir), à l'expérience mondiale/ Hydro-Québec, Vice-Présidence gaz et pétrole/ Coll. : J.-F. Crémer, Y. Gratton.

Étude des données existantes sur les dépôts quaternaires et sur le substratum rocheux de l'ouest d'Anticosti

Ce projet a pour but d'établir l'état des connaissances géologiques et sédimentologiques du secteur de l'Estuaire et du Golfe du saint-Laurent situé à l'Ouest d'Anticosti, afin de pouvoir planifier les recherches futures dans le cadre de la campagne de prospection de gaz et pétrole au cours des dix prochaines années. Ce projet comprend: i) l'analyse du substratum rocheux à travers les données géophysiques existantes (SOQUIP, NRCA et INRS); ii) l'analyse des relations terre-mer; et iii) l'analyse des données sur les sédiments quaternaires de l'estuaire et du golfe, et déterminant les différentes séquences quaternaires qui devraient correspondre aux différents stades inter-glaciers/ Hydro-Québec-Vice-Présidence Gaz et Pétrole/ Coll. J-F. Crémer, N. Pinet et B. Hart

Laboratoire multidisciplinaire de Scanographie de Québec

Dans le cadre du programme « fond d'innovation » du FCI, l'INRS-Géoressources en association avec l'Université Laval (Départements de géologie, Génie civil et Foresterie) et Forintek Canada, Division de l'Est, propose d'acquérir un CAT-Scan pour développer un Centre Multidisciplinaire de Recherche et Développement en Tomodensitométrie dans les domaines des sciences naturelles et génie. Cette outils, utilisé depuis 1985 par les compagnies pétrolières, sera le premier du genre à être installer dans une université canadienne. Les axes de recherches qui sont développés comprennent tant des mesures sur modèles de laboratoire que des développements de modèles mathématiques; ils seront orientés principalement dans les champs de recherche suivant:

En géologie, cette infrastructure majeure de permet des études tant sur les roches dures que sur les sédiments non consolidées à partir de carottes ou d'échantillons isolés pour déterminer les architectures internes des dépôts(lamines, surfaces de réactivations, fossiles et fracturations), les séries chronologiques de dépôts (analyse des dépôts cycliques), la porosité du milieu (porosité, teneur en eau ou en autre composé), le degrés

de compactations des sols, des concentrations minérales, des structures des pergélisols, des glaces arctiques et échantillons paléogéologiques... De plus cette infrastructure est utilisée en foresterie où elle permet des analyses en 3D des structures internes, des physiques du bois (densité, humidité), la nature et l'extension des défauts internes.

Alain MAILHOT, professeur

Hydrologie

Étude sur le niveau du lac Joseph

Les résidents du lac Joseph ont constaté, depuis quelques années, que le niveau du lac est sujet à des variations beaucoup plus importantes que par le passé et atteint parfois une cote si basse qu'il est permis de s'inquiéter de la santé du lac à moyen terme. En effet, outre la perte de jouissance des riverains, une dégradation marquée de la flore et de la faune du lac Joseph est constatée. Afin de mieux comprendre la problématique et dans une optique de mise en place de solutions environnementales viables, le comité de gestion du lac Joseph (représentants municipaux concernés), en collaboration avec l'Association des riverains et riveraines du lac Joseph, a demandé à ce qu'une étude soit réalisée afin d'analyser cette problématique et de proposer des solutions. Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants; i) déterminer la ou les raisons des fluctuations de niveaux actuellement observées; ii) déterminer les mécanismes et les causes ayant conduit à ce changement dans le régime de contrôle naturel du niveau du lac; et iii) proposer différentes solutions qui permettraient de rétablir les mécanismes naturels de contrôle du niveau du lac/ Comité de gestion du lac Joseph/ Coll. : J.-P. Villeneuve.

Modélisation en milieu urbain

La recherche proposée porte sur des problématiques liées à la modélisation physique, hydraulique et hydrologique en milieu urbain. Elle recoupe trois axes de recherche, à savoir; i) l'évolution de l'état structural des infrastructures souterraines d'eau; ii) l'impact des changements climatiques en milieu urbain; et iii) la modélisation des impacts des usages urbains de l'eau sur les milieux récepteurs. Les travaux scientifiques réalisés à travers ces différents ouvrages seront menés en parallèle puisqu'ils feront appel à plusieurs techniques mathématiques communes (techniques d'analyses statistiques, algorithmes et outils numériques, modèles de simulation, techniques d'analyse d'incertitudes, méthodes d'analyse de fiabilité ("reliability analysis") et d'analyse de sensibilité. Concernant plus spécifiquement le

volet Infrastructures souterraines d'eau, il s'agit de développer des modèles d'estimation des probabilités d'occurrence des bris d'aqueduc, dont la mise en place permettra une meilleure planification des interventions de remplacement des conduites sur les réseaux. La qualité des résultats et de la planification qui en résultera est cependant intimement liée aux incertitudes inhérentes à ce type de modélisation qui peuvent être importantes dans plusieurs cas. L'objectif est d'élaborer une méthodologie permettant l'estimation des solutions optimales qui intègre les incertitudes associées à ce type de modélisation et d'estimer dans quelle mesure la qualité et le volume de données actuellement disponibles affecteront la performance de ce type d'approche. Concernant le volet Changement climatique en milieu urbain, il s'agit, dans un premier temps, d'évaluer la capacité actuelle des réseaux à acheminer les eaux pluviales dans un contexte de changements climatiques. Cette étude permettra de voir l'incidence de ces changements sur les probabilités d'occurrence de refoulements, de débordements et sur la qualité des milieux récepteurs. Il s'agira aussi de voir comment différentes modifications aux infrastructures ou à la gestion des réseaux pourraient être revues afin de diminuer les impacts négatifs occasionnés par ces changements. Finalement, le volet Sur la modélisation des impacts des usages urbains de l'eau sur les milieux récepteurs s'intéresse à la quantification des impacts des rejets urbains en milieu récepteur. Plusieurs auteurs ont en effet proposé de modifier l'objectif du contrôle en temps réel pour le faire passer d'un objectif de minimisation des volumes déversés à un objectif de minimisation des impacts sur la qualité du milieu récepteur. Une telle modification implique une modélisation de la qualité de l'eau du milieu récepteur. Or, les modèles de qualité de l'eau se distinguent par leur complexité relative, par le nombre important de variables et de paramètres qui les composent, par le nombre élevé de variables d'entrée que leur mise en place exige, et enfin par le nombre très limité de données disponibles pour leur validation. Il importe donc de s'interroger sur l'impact des différentes incertitudes sur les résultats de simulation de ces modèles. Cet axe de recherche entend examiner cette question et voir, dans un premier temps, comment les incertitudes sur les paramètres et sur les données d'entrée d'un modèle de qualité de l'eau déterminent les incertitudes sur les variables simulées. À plus

long terme, ce travail s'inscrit dans une démarche visant à déterminer si, sur la base des informations généralement disponibles, il est possible d'escompter avoir une performance suffisante des modèles de qualité de l'eau pour pouvoir appliquer ces modèles à un contrôle en temps réel basé sur une minimisation de l'impact des rejets en milieu récepteur/ Coll : S. Duchesne, A.N. Rousseau, J.-P. Villeneuve.

Michel MALO, professeur

Géodynamique

Minéralisation aurifère à haute teneur à la mine Red Lake en Ontario

Ce projet fait partie d'un effort université-industrie-fédéral-provincial pour comprendre un dépôt aurifère national clé et pour exploiter cette connaissance afin d'assister la mise en oeuvre d'un nouveau modèle d'exploration pour la minéralisation aurifère à haute teneur. Le projet propose une étude géologique, structurale et hydrothermique se concentrant sur la zone *Goldcorp High Grade*, à la mine de Red Lake, ainsi que sur des affleurements dénudés bien visibles, où les structures et les relations chronologiques entre le filon de la mine de Red Lake et l'altération-minéralisation sont exposés à la surface. Une meilleure connaissance du contrôle géologique et de la géométrie de la zone *Goldcorp High Grade* aura un impact significatif sur la compréhension de la genèse du dépôt extrêmement riche en or de Campbell-Red Lake et, en conséquence, sur l'exploration aurifère à haute teneur dans ce district ainsi que dans d'autres ceintures de roches vertes de tout âge. En résumé, le projet vise à mieux connaître où, quand, comment, et pourquoi une minéralisation aurifère extrêmement riche survient dans le camp minier de Red Lake, ainsi que les facteurs qui contrôlent cette minéralisation/ CRSNG/ Col. : B. Dubé.

Tectonique des fronts orogéniques et ressources naturelles

Pour circuler dans la croûte terrestre, les fluides utilisent un système de plomberie crustale constitué de failles, de discordances, de faciès poreux et autres réseaux perméables. Bien que des accumulations d'hydrocarbures et de métaux se forment, plusieurs questions demeurent quant aux chemins de migration des fluides et à la chronologie du développement de la plomberie crustale par rapport aux épisodes orogéniques. Le projet de recherche consiste, à analyser les mécanismes de déformation crustale dans les fronts orogéniques pour comprendre leur influence sur le développement de la porosité et de la perméabilité des roches qui pourraient contenir des réservoirs d'hydrocarbures et/ou des

gisements métallifères. L'objectif du programme de recherche est d'élaborer un modèle de la circulation des paléofluides à l'échelle du système "front orogénique - plate-forme", afin de proposer un modèle d'évolution des réservoirs géologiques potentiels d'hydrocarbures et de gisements métallifères. Cette problématique de recherche sera abordée dans trois chaînes de montagnes, la partie québécoise des Appalaches, la région de la Chartreuse des Alpes françaises et les Pyrénées du sud/ CRSNG.

Étude de la diagénèse et du potentiel en hydrocarbures des successions paléozoïques de la région du Lac Matapédia

Ce projet s'interroge sur six questions majeures concernant les huiles trouvées dans la région du Lac Matapédia : i) quel est le périmètre qui est encore prospectif pour la conservation de l'huile et du gaz; ii) quelle est la roche mère à l'origine de ces huiles? iii) quelle est la nature originale de la roche-mère à l'huile; iv) quand ces huiles ont-elles été générées; v) quand ces huiles ont-elles migrées; et vi) dans quel secteur de la région se sont-elles accumulées. Suite à un échantillonnage de la région, ces roches seront étudiées pour leur maturation thermique, leur potentiel roche-mère et leur âge. Les échantillons provenant des roches-mères seront analysés pour leurs biomarqueurs et leur composition isotopique. Ces résultats seront comparés à ceux trouvés dans les indices d'huile, afin de faire des corrélations huiles-roches-mères et déterminer l'origine des huiles. Les résultats seront ensuite modélisés afin de déterminer l'origine des huiles trouvées dans la région du Lac Matapédia/ Ministère des Ressources Naturelles du Québec/ Coll. : M. Malo, R. Bertrand, S. Roy; C. Morin, D. Brisebois (Ministère des Ressources Naturelles du Québec); D. Lavoie, E. Asselin (Commission géologique du Canada).

Étude de synthèse du territoire de Gaspésie-Matapédia-Témiscouata à des fins d'exploration pétrolière et d'évaluation de son potentiel en hydrocarbures

Au cours de l'été 2002, la région de Gaspésie - Matapédia - Témiscouata a fait l'objet de prises de permis d'exploration pour les hydrocarbures par différentes compagnies juniors d'exploration. Hydro-Québec veut également participer à l'effort d'exploration et désire établir des associations avec ces compagnies. Avant de signer des ententes de participation, Hydro-Québec devra fonder ses choix sur un certain nombre de critères objectifs de façon à minimiser ses risques. Une équipe du GIRGAB propose donc à Hydro-Québec de lui fournir une étude de synthèse qui fera le point sur trois aspects de la prospectivité du territoire de Gaspésie - Matapédia - Témiscouata pour les hydrocarbures : i) une synthèse des connaissances géologiques actuelles pertinentes à l'exploration pétrolière : géologie de surface, stratigraphie, paléogéographie et style structural; ii) un modèle d'évolution tectono-sédimentaire de l'ensemble du territoire, du Cambrien au Carbonifère, basé sur la synthèse géologique, avec les particularités de chaque secteur du territoire qui pourraient avoir influencé les systèmes pétroliers; et iii) une évaluation du potentiel roche-mère, roche-réservoir et piège pour chacun des secteurs, basée sur les connaissances actuelles/ Hydro-Québec (via Université Laval)/ Coll. : R. Bertrand (INRS), P.-A. Bourque et D. Kirkwood (Université Laval), D. Lavoie (CGC-Québec).

Analyse des données géologiques et de sismique réflexion, région de la zone frontalière Québec/New York

Ce projet consiste en un contrat que MIR-Téledétection octroie à l'INRS-ETE dans le cadre de son contrat avec l'Agence spatiale canadienne et le New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA). Le projet consiste à tester l'utilisation de Radarsat pour la reconnaissance de grandes structures géologiques susceptibles de contenir des réservoirs de gaz naturel dans la partie nord de l'État de New-York. Toutes les données géoscientifiques seront intégrées à la base de données géoréférencées (géologie, topographie, aéromagnétisme, gravimétrie, sismique). Les données dans la région

adjacente du Québec seront intégrées. L'INRS-ETE viendra apporter son appui pour la partie québécoise, en analysant des données de sismique réflexion/ MIR-Téledétection.

Diversification de l'exploration minière au Québec - Réseau DIVEX

Le projet, coordonné par Michel Jébrak de l'UQAM et Michel Malo de l'INRS-ETE, vise à développer les travaux académiques dans le domaine de la métallogénie et de l'exploration minière. Il s'agit, sans aucun doute, d'une première dans le domaine des sciences de la terre au Québec. D'une part, il s'agit du plus important regroupement de chercheurs (soit 27) jamais assemblés autour d'un thème unificateur dans le domaine. Les chercheurs proviennent de sept institutions universitaires et des deux ministères des Ressources Naturelles du Québec et du Canada. Le Québec construira, à travers ce réseau, un dispositif durable qui augmentera l'efficacité d'une recherche actuellement très dispersée. D'autre part, le thème de la diversification des cibles et des territoires apparaît particulièrement pertinent dans le contexte de crise que vit l'industrie minière depuis quelques années. En plus de la coordination scientifique, quatre sous-projets sont réalisés à l'INRS-ETE au cours de la première année. Il s'agit des projets : i) Pb, Zn, Cu et Ag dans les dépôts de plate-forme; ii) altération hydrothermale en milieu métamorphique; iii) procédé de traitement des chromites platinifères; et iv) minéralisations en ÉGP dans les ophiolites/ Valorisation-Recherche Québec/ Coll. : J. Bédard (CGC-Québec), M. Bergeron, L. Corriveau (CGC-Québec), B. Dubé (CGC-Québec), Y. Héroux, M. Richer-LaFlèche, M. Savard (CGC-Québec), A. Tremblay.

Maturation thermique, potentiel roche mère et géologie structurale des roches siluro-dévonienne de la région des Monts Berry, Gaspésie

La compagnie Pétrolia a acquis des permis d'exploration pour les hydrocarbures dans la région des Monts Berry, dans le centre de la Gaspésie. Le potentiel en hydrocarbures de cette région est peu connu. Les travaux qui seront réalisés en géochimie organique et en géologie structurale permettront d'orienter les travaux d'exploration futurs de la compagnie pour l'implantation éventuelle d'un puits de forage/ Pétrolia/ Coll. : R. Bertrand.

Richard MARTEL, professeur

Géodynamique

Caractérisation hydrogéologique des sites d'entraînement Shilo - Gagetown - Valcartier.

Ce projet vise à comprendre la problématique environnementale des matériaux énergétiques et des métaux lourds dans le but d'assurer la poursuite durable des entraînements militaires au Canada. Les principaux objectifs de l'étude sont de : i) effectuer la caractérisation hydrogéologique des secteurs d'entraînement sur la base militaire de Shilo (BFC Shilo) phase II et de Gagetown (BFC Gagetown) phase II, dans le but d'évaluer s'il y a une problématique de contamination de l'eau souterraine et des sols par les explosifs et les métaux; ii) effectuer la caractérisation hydrogéologique de la zone vadose du champ de tir anti-char Arnhem, à la base militaire de Valcartier (BFC Valcartier) phase IV, dans le but de finaliser la compréhension du comportement des matériaux énergétiques dans l'eau souterraine; iii) déterminer la localisation et installer des puits d'observation, dans le but de déterminer la direction et les conditions qui régissent les eaux souterraines, afin de comprendre la migration des espèces chimiques; iv) faire l'analyse hydrogéologique complète; et v) effectuer des expériences en laboratoire au banc d'essai, pour démontrer la problématique de l'eau souterraine identifiée durant les caractérisations des BFC Gagetown, Shilo et Valcartier, et valider les processus d'intervention/ Ministère de la Défense nationale/ Coll. : R. Lefebvre, C.G.C., COGEO Consultants inc.

Essais de lavage en bacs de sable pour la restauration in situ de sites contaminés par des liquides immiscibles

Les liquides immiscibles (LI) tels que les solvants chlorés, les BPC et les hydrocarbures lourds ne peuvent être enlevés complètement des formations aquifères par les techniques conventionnelles (biodegradation, ventilation, pompage et traitement). La méthode de restauration *in situ* dont nous voulons accélérer le développement vise à nettoyer les sols avec des solutions de lavage contenant des tensioactifs, des alcools, ou un mélange de ces

substances. Pour ce faire, les solutions de lavage sont injectées et pompées dans les sols à l'aide de puits. Un laboratoire servant de banc d'essai de technologies de restauration a été installé pour effectuer au préalable des essais de lavage de sols à une échelle intermédiaire. Les essais se déroulent dans des bacs de sable dont l'échelle est appropriée pour reproduire les conditions de terrain tout en permettant un contrôle expérimental rigoureux. Les essais en bacs diminuent les coûts et les temps de développement de la technologie puisque ces essais ne nécessitent pas de maintenir une équipe sur le terrain. Ce projet a pour objectifs de mettre au point les essais en bacs, de réaliser des essais de lavage de sols contaminés par des LI dans les bacs et de développer des capacités de modélisation numérique des processus de restauration/ FQRNT/ Coll. : R. Lefebvre.

Les processus d'écoulement multiphase reliés à la restauration in situ des aquifères contaminés par des liquides organiques immiscibles

Les polluants organiques persistants (POP) sont des composés chimiques organiques toxiques dont la présence dans l'environnement peut persister et poser des problèmes pendant des décennies. L'objectif général de ce programme de recherche est de mieux comprendre le comportement de ces polluants dans les sols et les eaux souterraines et de mettre au point des méthodes de réhabilitation *in situ*. Nous étudions deux types de POP : les liquides immiscibles lourds (LID) (solvants chlorés, hydrocarbures lourds, BPC, etc...) et les matériaux énergétiques (ME) de type nitroaromatique tels que le TNT, le HMX et le RDX, qui se retrouvent dans des munitions militaires. Nos objectifs spécifiques à court terme visent une meilleure compréhension des mécanismes fondamentaux, tandis que ceux à long terme portent sur la mise au point de technologies de réhabilitation, particulièrement le lavage de sols avec des tensioactifs. Une des grandes difficultés de ce type de recherche est la mise à l'échelle ("scale up") des technologies de réhabilitation entre le laboratoire et le terrain. Nous procédons à ces essais dans la nouvelle infrastructure de recherche FCI constituée de trois bacs et de colonnes pouvant contenir plusieurs mètres cubes de sols et permettant de réaliser des expériences représentatives du terrain mais

sous des conditions expérimentales contrôlées/
CRSNG/ Coll. : R. Lefebvre.

Programme de connaissance sur les eaux souterraines et bassin pilote de la Châteauguay

Le projet comprend 2 volets: le premier porte sur un programme de connaissance sur les eaux souterraines et le second, sur le bassin de la Châteauguay. L'objectif du 1^{er} volet est de soutenir le MENVQ pour développer un programme québécois de connaissance sur les eaux souterraines par une compilation du fonctionnement de tels programmes dans le monde et la définition des ressources requises pour un programme au Québec. L'objectif du 2^e volet est de faire une synthèse hydrogéologique du bassin de la rivière Châteauguay et de monter une base de données. Les livrables seront sous forme de 2 rapports. Le 1^{er} rapport, sur la mise en place d'un programme de connaissances sur les eaux souterraines et le 2^e rapport sur le bassin hydrologique pilote de la Châteauguay et la base de données, seront transférés à la CGC-Qc, qui réalisera un projet d'hydrogéologie régionale dans ce secteur, en partenariat avec le MENVQ et l'INRS-ETE/ MENVQ/ Coll.: R. Lefebvre, M. Ouellet et C. Lamontagne (MENVQ).

Guy MERCIER, professeur

Assainissement

Usine pilote mobile à l'échelle de technologies environnementales

La présente demande de financement vise la construction d'une usine pilote mobile qui servira à effectuer la mise à l'échelle de technologies environnementales qui sont en développement dans nos laboratoires. Cette usine moderne sera construite dans une remorque de 16,2 m (53 pieds) de longueur par 2,45 m (8 pieds) de largeur. Elle pourra donc être tirée par un camion et sera facile à déménager. Ce pilote mobile pourra traiter des boues d'épuration, des sols et des sédiments, des cendres et des matières résiduelles dangereuses. L'unité sera équipée d'un tamis Sweco, pour effectuer la séparation par tranche granulométrique; elle comprendra aussi un jig, qui est un équipement de séparation gravimétrique. Le pilote contiendra quatre réservoirs en plastique de 1 mètre cube chacun, ceux-ci sont : un bassin d'alimentation, un réacteur, un réservoir de stockage et un réservoir de lixiviat. Un système d'aération est prévu pour les procédés biologiques. Des contrôleurs de pH et de potentiel d'oxydo-réduction sont inclus ainsi qu'un turbidimètre, pour mesurer les solides en suspension. Cinq pompes doseuses sont prévues, pour doser les divers produits requis dans les procédés. L'unité comprend aussi un presseur rotatif et une centrifugeuse, pour la séparation solide liquide. Deux décanteurs lamellaires, des bassins pour préparer la base et pour ajuster le pH des lixiviats sont inclus, pour effectuer la précipitation des métaux. L'unité comprend aussi huit pompes dont six sont des pompes à cavités progressives adéquates, pour le pompage de fluides chargés en matières solides, et deux pompes de type centrifugeuse, pour pomper des fluides peu chargés. Un petit filtre-pressé, pour filtrer les résidus métalliques, fait aussi partie de l'unité/ FCI.

Centrifugeuse pour la séparation solide liquide de rejets industriels et urbains décontaminés

Cette demande de subvention vise l'acquisition d'une centrifugeuse pour effectuer la séparation solide liquide, étape qui est requise dans tous les procédés de décontamination et de traitement de divers types de rejets d'origines urbaine ou industrielle. En effet, pour enlever les métaux, nous favorisons les conditions de pH et de potentiel d'oxydo-réduction, qui permettent de les solubiliser dans la phase liquide. L'étape subséquente est donc de séparer ce liquide, où les métaux se trouvent, du solide (boues, sols, sédiments, cendres volantes ou matière résiduelle dangereuse) afin qu'il soit décontaminé. Cette opération peut être facilement réalisée par une centrifugeuse en continu alors qu'actuellement, l'étape de la séparation solide liquide de quantités appréciables au laboratoire est très pénible et exigeante en terme de temps. La centrifugeuse demandée est un modèle de faible capacité, qui est appropriée pour les essais de labo à un volume de 10 à 30 litres, et à l'échelle pilote pour des volumes de 100 à 4000 litres. De plus, elle peut fonctionner en mode continu et représente donc le milieu industriel. L'appareil demandé permettra, d'une part, de déshydrater des rejets traités ou décontaminés pour les travaux de laboratoire et, d'autre part, de définir les conditions optimales de déshydratation des rejets traités ou décontaminés et ce, à l'échelle laboratoire et pilote. L'INRS-ETE possède une usine pilote depuis 1992. La possession de cette usine par notre Centre nous a permis de mettre à l'échelle 4 technologies qui sont aujourd'hui commercialisées ou en voie de l'être. L'usine pilote est donc un équipement très important pour notre équipe. Nous désirons donc utiliser une centrifugeuse en continu moderne de faible capacité qui sera facile d'opération et très versatile. L'appareil retenu est une centrifugeuse possédant une capacité de traitement en mode continu se situant entre 10 et 20 litres par minute/ CRSNG/ J.-F. Blais, R.D. Tyagi, M. Bergeron, P. Drogué.

Procédés d'enlèvement des métaux dans les sols contaminés, les cendres volantes et les déchets dangereux

La contamination de l'environnement par les métaux est fréquente et problématique dans plusieurs matrices contaminées. Les sols et les cendres d'incinérateur de déchets municipaux sont des exemples bien connus, mais il y a aussi des matières résiduelles dangereuses (MRD) qui présentent ce type de problèmes, comme les poussières d'aciérie, certains résidus d'aluminerie et de sidérurgie, les boues de placage, les boues de curage, etc... Les MRD, de par leur teneur en métaux, sont gérées par stabilisation dans un ciment spécial et enfouies dans un site à sécurité maximale. Les coûts sont élevés et aucune récupération des métaux n'est faite. L'approche préconisée ici vise à diminuer ces coûts et à améliorer le bilan environnemental, par la mise au point de procédés qui augmentent les pourcentages d'enlèvement et qui, de façon ultime, visent la récupération des métaux dans le cycle de production industrielle, ce qui diminue la détérioration de la qualité de l'environnement. Dans le cas des cendres, il s'agit de développement d'une deuxième génération du procédé. Dans tous les procédés nous planifions d'abord d'expérimenter les procédés minéralurgiques (gravité, magnétisme, flottation) car leur coût utilitaire est généralement beaucoup plus faible que celui de la lixiviation chimique et biologique. Dans un deuxième temps, les matériaux qui ne sont pas efficacement décontaminés par les procédés minéralurgiques, le seront par la lixiviation chimique qui sera approfondie. D'autre part, le test de simulation du suc gastrique (TSSG) sera validé. Ce test cherche surtout à prévoir la toxicité des sols contaminés en plomb pour les jeunes enfants qui en ingurgitent en jouant sur les terrains ou en ingérant de la poussière d'un édifice contaminé. À plus de 10 ug Pb/ de sang, les effets neurotoxiques débutent, les enfants subissent un retard mental et les coûts sociaux sont énormes. Le TSSG deviendra un outil de dépistage et de gestion des sols contaminés/ CRSNG (découverte).

**Yves MICHAUD, professeur
associé**

Géodynamique

Initiative sur les eaux souterraines dans les Maritimes

Le projet vise à réaliser l'inventaire des eaux souterraines du bassin carbonifère des Maritimes, dans le sud-est du Nouveau-Brunswick (sous-bassin de Moncton), comprenant : i) la délimitation des principaux aquifères (définition du contexte hydrostratigraphique); ii) la définition du système d'écoulement des eaux souterraines (carte piézométrique); iii) une première évaluation de la qualité des eaux souterraines; et iv) une première estimation du budget en eau visant à identifier le débit soutenable pour le sous-bassin de Moncton. Des travaux de cartographie hydrogéologique seront réalisés dans un feuillet à l'échelle 1 / 250 000. Les travaux de la deuxième année ont compris une vaste campagne de terrain, la description des principales unités hydrostratigraphiques et l'estimation de leurs propriétés hydrogéologiques, ainsi que le développement d'un modèle numérique préliminaire. Les données de coefficient d'emmagasinement et la modélisation ont toutes deux montré que le système hydrogéologique à l'étude était principalement semi-confiné, mais que certaines régions pouvaient vraisemblablement se trouver sous des conditions de surface libre ou confinées/ CGC/ Coll. : C. Rivard (CGC-Q), É. Boisvert (CGC-Q), S. Castonguay (CGC-Q), C. Deblonde (CGC-Q), H. Julien (CGC-Q), S.J. Paradis (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), A. Rivera (CGC-Q), M. Savard (CGC-Q), R. Lefebvre, R. Martel, V. Boisvert, C. Carrier, Ministères de l'Environnement du Québec, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard, Environnement Canada, Université du Nouveau-Brunswick, Université Laval, USGS, Tecslut.

Impact des changements climatiques sur la ressource en eau dans l'Est du Canada

Le projet étudie spécifiquement la variation des niveaux d'eau dans les aquifères. Les objectifs consistent à : i) produire une base de données sur les ressources en eaux souterraines à partir de mesures historiques provenant de puits dans plusieurs secteurs de l'Est du Canada (vallée du Saint-Laurent, Îles-de-la-Madeleine, Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard), dans des milieux granulaires et fracturés; ii) évaluer le lien entre les données piézométriques, le débit des rivières et les précipitations; iii) mettre en lumière les lacunes des données en compilant les jeux de données de bassins-versants individuels; iv) identifier les sites où les mesures piézométriques et les débits de base ne sont pas influencés par les activités anthropiques (pompage, barrages, etc.); v) évaluer la possibilité d'étendre les séries piézométriques existantes de 15-30 ans à 80-100 ans, en corrélant les données piézométriques avec les mesures hydrométriques (débit de base); vi) évaluer l'impact direct et indirect du changement climatique sur les ressources en eaux souterraines, en identifiant les principales tendances dans les données hydrogéologiques à court et à long termes; vii) évaluer les relations avec les données climatiques (température, précipitations et évaporation); et viii) évaluer certaines stratégies d'adaptation pour la communauté de Cap-de-la-Madeleine et les agglomérations rurales qui s'approvisionnent à l'aide de puits peu profonds dans les aquifères non confinés/ CGC, Fonds d'action sur le changement climatique/ Coll. : C. Rivard (CGC-Q), A. Rivera (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), A. Morin (CGC-Q), J. Marion (INRS-ETE), R. Lefebvre (INRS-ETE) et S. Benhammen (INRS-ETE).

Guy MORIN, professeur honoraire

Hydrologie

Modélisation hydrologique et prévision en temps réel des apports du bassin-versant Nechako en Colombie Britannique.

Cette étude a pour but d'ajuster les paramètres du modèle CEQUEAU pour reproduire les débits à plusieurs points sur le bassin-versant. Cet ajustement des paramètres sera fait en utilisant les données disponibles les plus récentes et en introduisant les nouvelles stations météorologiques et hydrométriques. Cette étude comporte également le développement et l'incorporation au modèle CEQUEAU d'une procédure de correction des stocks de neige au sol et l'introduction de la variation spatiale des paramètres de fonte de neige, pour tenir compte de la grande variation des données physiographiques sur le bassin- versant/ ALCAN.

Léopold NADEAU, professeur associé

Géodynamique

Cadre lithotectonique de la partie orientale de la province de Grenville : Transect Labrador-Québec (Programme de l'Initiative géoscientifique ciblée de la CGC)

Des travaux de géologie régionale et structurale ont été menés dans la séquence supracrustale du Groupe de Wakeham, entre Havre Saint-Pierre et Natashquan. Les levés menés à l'est de Natashquan ont révélé l'origine plutonique du domaine de La Romaine, qui renferme des roches volcano-sédimentaires et hydrothermales minéralisées en cuivre et au faciès des granulites. La découverte d'une intrusion litée à péridotite et troctolite minéralisée en cuivre, son potentiel en nickel, cuivre et platinoïdes et les évidences d'hydrothermalisme de métasédiments en milieu volcano-plutonique ont permis d'accroître la collaboration avec le MRN, afin de mieux cerner le potentiel économique régional. Ce projet est réalisé en partenariat avec les services géologiques du Québec et de Terre-Neuve et les universités. Il a pour but de dresser de nouvelles cartes et de mettre au point de nouveaux outils et modèles afin d'élargir les connaissances et d'établir de nouveaux cadres d'exploration pour l'est du Québec et le Labrador, connus pour leurs gisements de nickel-cuivre, de fer et de titane, de rang mondial/ CGC/ Coll. : L. Corriveau (CGC-Q), P. Brouillette (CGC-Q), F. Gervais, G. Scherrer, A-L Bonnet, S. Parsons, M. Malo.

Taha OUARDA, professeur

Hydrologie

Utilisation des images RADARSAT pour le suivi des phénomènes fluviaux cryologiques et leurs impacts

La recherche proposée a pour objectif d'améliorer la quantité et la qualité des données relatives à la glace en rivière, et de faire avancer l'état de nos connaissances dans ce domaine. Cette recherche se décompose en trois volets : i) caractérisation et suivi de la glace en rivière par télédétection radar; ii) étude du débit et du couvert de glace dans des conditions de changement climatique; et iii) prévision et détection des embâcles/ Agence spatiale canadienne, programme ADRO-2/ Coll. : M. Bernier, Y. Gauthier B. Bobée, J.-P. Fortin.

Estimation régionale des variables hydrologiques

Lorsque l'information hydrologique en un site est absente ou insuffisante, l'estimation des variables hydrologiques peut être effectuée par des modèles régionaux. Le principe est de transposer au site d'intérêt l'information spatiale provenant de bassins ayant un régime hydrologique similaire. Le programme de recherche comprend :

- Développement de modèles fréquentiels régionaux

Les recherches sur l'estimation régionale des variables hydrologiques concernent : i) la modélisation explicite de l'hétérogénéité régionale et la quantification de la précision des estimations régionales des quantiles de crues; ii) la prise en compte des corrélations entre les différentes variables explicatives et les variables dépendantes, et la combinaison de l'information locale et régionale; iii) le développement de modèles robustes en poursuivant le développement de la méthode de l'analyse des corrélations canoniques, par exemple en utilisant l'estimateur de James-Stein; iv) le développement de modèles régionaux de crues intégrant l'utilisation du GRADEX (gradient des valeurs extrêmes) des pluies; v) la régionalisation d'autres variables telles que les volumes de crues et les

paramètres de modèles; et vi) le développement de modèles régionaux utilisant les queues des distributions (parties extrêmes des distributions) ainsi que l'information alternative (par ex., données historiques).

1. Application à la modélisation des apports prévisionnels

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de l'estimation et de la régionalisation des paramètres de modèles hydrologiques (modèles conceptuels, hydrogrammes unitaires) utilisés pour transformer les données météorologiques affectant un bassin-versant en écoulements naturels. Cependant, les estimations des paramètres de modèles hydrologiques sont entachées d'incertitude et représentent donc des paramètres stochastiques. Les sorties des modèles hydrologiques basés sur ces paramètres stochastiques représentent donc des variables aléatoires. On propose d'effectuer une analyse systématique des incertitudes associées à ces paramètres, et d'évaluer la propagation de cette incertitude dans la modélisation des apports. Ces travaux permettront d'améliorer la représentativité des séries prévisionnelles d'apports/ CRSNG/ Coll. : B. Bobée, M. Haché.

Estimation du débit sous la glace : application aux rivières du Québec

Le débit estimé par la courbe de tarage, durant la saison hivernale, ne correspond pas au débit réel à cause de la présence de glace dans la rivière. L'approche utilisée présentement par le ministère de l'Environnement du Québec, pour la correction des débits durant la période hivernale, mène généralement à des résultats satisfaisants mais reste subjective et risque d'introduire des erreurs assez importantes. L'approche neuronale, l'approche régressive et celle des filtres de Kalman ont été identifiées comme étant les approches les plus puissantes. Le présent projet vise à : i) développer des algorithmes robustes pour les méthodes mentionnées ci-dessus; ii) développer des programmes de calcul pour ces méthodes et présenter de brefs manuels d'utilisation; iii) appliquer ces méthodes pour la correction des débits hivernaux d'une vingtaine de rivières québécoises représentant une gamme de tailles et de conditions (géomorphologiques, climatiques, stabilité, etc.); iv) présenter des recommandations

concernant les approches à utiliser, en fonction de la taille de la rivière étudiée et des données existantes; et v) assurer un transfert des méthodes développées/ Ministère de l'Environnement du Québec/ Coll. : B. Bobée, H. Gingras, P. Coulibaly.

Régionalisation des événements hydrologiques extrêmes - Développement d'un logiciel

En raison de la grande étendue des systèmes hydriques gérés par Hydro-Québec, on est souvent amené à estimer des événements extrêmes de période de retour donnée, à des sites où l'on dispose de peu ou même d'aucune information hydrologique. On a alors recours à une procédure d'**estimation régionale** utilisant des données disponibles à d'autres stations appartenant à une même région hydrologique. De manière générale, une méthodologie d'estimation régionale comprend deux étapes : i) définition et détermination de régions hydrologiquement homogènes; et ii) estimation régionale. Aucun logiciel sur le marché ne permet présentement d'effectuer une étude régionale. Nous proposons, dans le cadre du présent projet, d'intégrer dans un seul logiciel les différentes étapes de l'étude. Le logiciel de régionalisation des variables hydrologiques extrêmes peut également être utilisé pour la régionalisation de diverses variables hydrologiques. Le logiciel est développé dans l'environnement MATLAB (version 6). Les principaux modules du logiciel sont : i) saisie des données; ii) tests d'hypothèse; iii) détermination des voisinages hydrologiques; iv) estimation régionale; et v) exportation des résultats et graphiques. Le logiciel comprend une interface graphique conviviale et est caractérisé par une flexibilité et une généralité lui permettant une très large utilisation/ Hydro-Québec/ Coll. : B. Bobée, M. Barbet, P. Bruneau (Hydro-Québec).

Study of climate change and its impact on hydrologic regimes over Canada/ Analyse des changements climatiques et de leurs impacts sur les régimes hydrologiques au Canada

L'objectif de ce projet est d'effectuer une étude complète et rigoureuse visant à analyser et quantifier la variabilité et les changements climatiques et leurs impacts sur les régimes hydrologiques à travers le Canada. Le projet consiste, en premier lieu, à appliquer des tests classiques de détection de sauts de moyenne et de variance, et de tendances dans la moyenne et la variance, pour différentes variables hydrologiques. Le projet consiste également à continuer le développement et à appliquer les procédures bayésiennes récentes pour l'analyse des séries de données des stations du "Reference Hydrometric Basin Network". Ce réseau national est destiné spécifiquement au suivi des changements climatiques à travers le Canada. L'objectif final du projet est d'effectuer des raffinements dans la conception de ce réseau de stations de mesure/ Fonds d'Action pour le Changement Climatique/ Coll. : B. Bobée, J. Gaudet, D. Harvey, P. Pilon (Environnement Canada).

Développement d'un modèle hydrologique visant l'estimation des débits d'étiage pour le Québec habité

L'objectif de ce projet est de développer un outil hydrologique/statistique permettant de calculer les débits d'étiages pour les régions méridionales du Québec (au sud du 51^e parallèle) selon une procédure rationnelle, rapide et efficace. Le projet consiste d'abord à appliquer la méthode d'analyse fréquentielle pour l'estimation des quantiles d'étiage de 1,7 et 30 jours consécutifs et correspondant à des périodes de retour de 2, 5 et 10 ans, pour toutes les stations hydrométriques du Ministère qui sont naturelles et qui disposent de suffisamment d'années d'information. Ce travail sera fait séparément pour les périodes annuelles, estivales et mensuelles. Ensuite, on aura recours à une procédure d'estimation régionale pour évaluer les quantiles d'étiage aux sites où l'on ne dispose pas de suffisamment d'information. Une méthodologie d'estimation régionale se divise en deux étapes : i) la définition et la détermination des régions hydrologiquement homogènes sur la base de caractéristiques physiographiques

et/ou météorologiques; et ii) l'estimation régionale, qui permet de développer des équations régionales pour chaque RHH. Finalement, des cartes de résultats seront produites, permettant à l'utilisateur d'estimer les équations régionales des quantiles des débits d'étiage pour n'importe quel bassin du Québec habité où les caractéristiques physiographiques et/ou météorologiques requises sont disponibles/ Ministère de l'environnement, PARDE 02-3/ Coll. : B. Bobée, A.-C. Favre, A. St-Hilaire, V.-D. Hoang.

Analyse Monte Carlo des niveaux d'eau élevés causés par la glace à Peace River et effets du projet Dunvegan sur les risques d'inondation

Ce projet vise à réviser le rapport "Monte Carlo analysis of ice-related flood levels at the town of Peace River and the effects of the Dunvegan Project on flood risks". L'objectif est de fournir une évaluation complète des analyses statistiques réalisées dans ce rapport. Les principaux éléments à évaluer sont : i) l'approche statistique de génération de données; ii) le choix des distributions et des analyses de fréquence; iii) les tests d'hypothèses; iv) la reconstruction de la date naturelle; v) l'utilisation de distributions mixtes; vi) l'estimation des intervalles de confiance associés aux divers quantiles; vii) les courbes de fréquence des périodes de gel à Peace River; viii) les courbes de fréquence de débâcle à Peace River (débâcle thermique et mécanique); ix) la probabilité de formation d'embâcles; et x) sommaire et recommandations/ Alberta Environmental Protection.

Statistical downscaling of climate extremes for the estimation of quantiles under future extreme conditions

L'objectif du projet est d'étudier les scénarii et les caractéristiques d'occurrence des extrêmes climatiques, pour répondre aux besoins de la communauté scientifique. Pour nous attaquer à ce problème, nous proposons d'utiliser des approches statistiques de "downscaling" des extrêmes climatiques. Plus spécifiquement, il s'agit de dériver des scénarii extrêmes journaliers en utilisant les champs mensuels de GCM déjà disponibles et considérés comme fiables. Nous proposons d'utiliser une approche de processus ponctuels dans laquelle les

développements récents permettent d'élaborer le type de méthodologie requise. Cette approche est une extension du modèle de dépassement ("the peaks-over-threshold approach") utilisé, entre autres, dans les applications hydrologiques. L'avantage de cette approche est qu'elle permet d'inclure des "covariates" dans la description du comportement des extrêmes, c'est-à-dire que les paramètres du modèle des extrêmes peuvent être des fonctions explicites des "covariates". Smith et Shively (1995) ont incorporé des "covariates" dans les modèles de valeurs extrêmes afin d'établir la relation qui existe entre les variables météorologiques et les niveaux d'ozone extrêmes dans la troposphère. Cette technique sera adaptée pour dériver la relation qui existe entre les extrêmes climatiques (précipitations extrêmes, températures extrêmes de l'air, valeurs élevées de la température "humidex", et autres indices des extrêmes climatiques) et d'autres variables climatiques, telles que la pression atmosphérique mensuelle moyenne à la surface de la mer à différents sites à l'est du Canada. Le modèle statistique sera alors ajusté en utilisant l'approche classique du maximum de vraisemblance et l'approche bayésienne. Les modèles ajustés avec différentes procédures seront ensuite comparés. Les distributions *a posteriori* des paramètres des distributions seront estimés en utilisant une combinaison de l'échantillonnage de Gibbs (Geman et Geman, 1984) et de l'algorithme de Metropolis-Hasting (Chib et Greenberg, 1995). Ces techniques permettent d'implanter des modèles compliqués avec relativement peu d'effort. Les relations observées entre les extrêmes climatiques et d'autres variables climatiques, qui auront été identifiées ci-dessus, seront utilisées pour faire la projection des changements futurs dans les extrêmes climatiques, en se basant sur les variables climatiques simulées par les modèles GCM, tel que le champ de pression atmosphérique. Les changements dans les extrêmes observés seront documentés/ Fonds d'action pour le changement climatique (FACC)/ Coll. : X. Zhang, Environnement Canada, B. Bobée.

Ouranos : projets du Groupe Occurrences/récurrences (modélisation des extrêmes)

L'objectif du projet est de développer des outils statistiques pour la modélisation des extrêmes hydrométéorologiques dans un cadre de changement climatique. Le projet est composé de trois volets : i) l'analyse régionale des courbes débit-durée-fréquence et intensité-surface-fréquence; ii) la modélisation des caractéristiques d'occurrence des étiages dans un cadre de changements climatiques; et iii) l'étude des changements climatiques et de l'évolution du couvert de glace/ Consortium Ouranos (HQ)/ Coll. : B. Bobée, A. St-Hilaire.

Analyse fréquentielle locale et régionale et cartographie des crues au Québec

Dans le présent projet, il est proposé d'effectuer une cartographie complète des crues dans le Québec en insistant sur les bassins habités : on se propose alors d'estimer les quantiles de débits et de volumes de crue correspondant à des périodes de retour de 2, 10, 20, 100, 1000, et 10 000 ans dans les exutoires des différents bassins, et d'estimer les régions d'égale probabilité d'occurrence de différents types d'événements (représentant différentes intensités). Ce travail sera effectué séparément pour les crues de printemps, les crues d'été-automne, et les crues extrêmes annuelles. L'utilisation des débits spécifiques sera également considérée pour éliminer l'effet du facteur d'échelle. Dans les sites jaugés, les quantiles de débits et de volumes de crues peuvent être calculés en considérant les méthodes d'analyse fréquentielle des crues. Aux sites cibles où l'on ne dispose pas de suffisamment d'information, une procédure d'estimation régionale (ou modèle régional) sera utilisée. Ce type de procédure utilise les données d'écoulements disponibles à d'autres stations appartenant à une même région hydrologique. D'autres approches alternatives seront utilisées pour l'estimation des débits de crues dans les petits bassins non jaugés. Une cartographie complète des crues dans la province de Québec a alors recours aux techniques d'analyse fréquentielle locale, d'analyse fréquentielle régionale et d'estimation des débits et des volumes de crues dans les petits bassins/ Ministère de l'Environnement du Québec, PARDE, INRS.

Suivi des phénomènes fluviaux cryologiques et leurs impacts

La compréhension des processus reliés à la présence de glace en rivière est importante. La recherche proposée a pour objectif d'améliorer la quantité et la qualité des données relatives à la glace en rivière et de faire avancer l'état de nos connaissances dans ce domaine. Le programme de recherche envisagé comprend quatre volets : i) évaluation de l'efficacité du radar à synthèse d'ouverture (RSO) du satellite canadien RADARSAT pour la caractérisation et le suivi du couvert de glace (ce satellite est le premier à répondre aux différents critères gouvernant l'utilisation de la télédétection pour le suivi des glaces de rivière); ii) évaluation de l'impact des changements climatiques sur a) la fréquence et la sévérité des embâcles de glace, b) le débit printanier, et c) la fréquence et la sévérité des inondations hivernales; iii) réponses à plusieurs des grandes priorités des gestionnaires de l'eau au Québec concernant la correction du débit en présence d'un effet de glace; et iv) à caractériser la localisation, la date, la fréquence et la sévérité des embâcles; développer des critères pour améliorer le réseau d'alerte précoce, et évaluer l'efficacité du radar à ouverture synthétique (RSO) de RADARSAT pour la détection et la localisation des embâcles en temps réel ou pour des fins de recherche/ FCAR, programme soutien aux équipes de recherche/ Coll. : M. Bernier, B. Bobée, J.-P. Fortin, B. Morse.

The impact of climate change on the glaciers of the Canadian Rocky Mountain Eastern Slopes and implications for water resource-related adaptation in the Canadian Prairies - Phase I

Dans le cadre de ce travail, nous proposons de continuer le développement de nouveaux outils bayésiens qui permettent d'analyser et de quantifier les non-stationnarités dans les variables climatiques, puis d'appliquer ces outils à l'étude des séries de débit provenant des glaciers des pentes de l'est des Rocheuses canadiennes. Nous proposons d'identifier l'impact des changements climatiques sur ces débits et de développer des politiques d'adaptation à ces changements. Les procédures bayésiennes diffèrent des tests statistiques classiques par le fait qu'elles permettent d'obtenir la fonction de probabilité entière de la date et de l'amplitude de

changement. Les objectifs spécifiques de la recherche sont : i) analyses conventionnelle et bayésienne des séries chronologiques des huit stations d'intérêts; ii) développement des procédures bayésiennes appropriées pour tester la signification d'un changement de moyenne des variables aléatoires étudiées à une date inconnue (ces procédures tiennent compte de la structure de corrélation entre les variables hydrométriques et météorologiques); iii) application des procédures bayésiennes développées aux séries chronologiques de différentes variables d'intérêt pour étudier leurs réponses aux changements climatiques; et iv) conclusions et recommandations concernant l'adaptation à ces non-stationnarités/ Environnement Canada, National Hydrology Research Center/ Coll. : A. Pietroniro, M. Demuth, B. Bobée.

Méthodologie d'estimation régionale adaptée aux conditions brésiliennes (État de Minas Gerais)

L'objectif de ce projet est d'évaluer la méthode de régionalisation actuellement en vigueur chez l'IGAM (Instituto Mineiro de Gestao ds Aguas) de l'état du Minas Gerais, Brésil, et de proposer une méthodologie de régionalisation appropriée. Le programme de travail inclut : i) l'analyse de la méthode actuellement en vigueur à travers toute la documentation technique disponible; ii) la discussion avec les spécialistes de l'IGAM concernant les données disponibles, la méthodologie et les outils en place; iii) la validation des hypothèses de l'IGAM et la préparation de recommandations préliminaires; et iv) la rédaction d'un rapport présentant toutes les conclusions et les recommandations/ ACRES Productive Technologies Int/ Coll. : B. Bobée, A. Robitaille.

Homogénéisation des séries de hauteur de précipitation

Ce projet conjoint MENV-INRS-ETE vise à développer les outils (méthodes et logiciels) nécessaires à l'homogénéisation des données de précipitation, et à assurer le développement d'une expertise québécoise en la matière. L'homogénéisation des séries de précipitation est une étape essentielle à réaliser avant de procéder à toute analyse du climat. L'homogénéisation consiste à corriger les données afin d'éliminer des fluctuations causées artificiellement par différents facteurs : changement de technique de mesure, changements d'opérateur, déplacements de station, etc. Ce projet comporte trois volets : pré-homogénéisation des séries de hauteur de précipitation, développement de méthodes d'homogénéisation et, finalement, développement d'un logiciel d'homogénéisation pour application aux données québécoises. Dans le cadre de ce projet, nous proposons d'étudier diverses méthodes d'homogénéisation des données de hauteur de précipitation, incluant l'application de tests classiques de détection de sauts, la méthode SNHT, ainsi que l'application des procédures bayésiennes univariée et multivariée de détection de sauts. Notons que le logiciel servira dans le cadre d'une application pilote visant à homogénéiser les données de précipitation à une quinzaine de stations du réseau climatologique du MENV/Consortium Ouranos/Coll. : G. Boulet.

Transposition de l'information hydrologique à des échelles temporelles différentes

On s'intéresse, dans le cadre de ce projet à l'estimation, en temps réel, des apports horaires aux réservoirs d'Hydro-Québec à l'aide de stations de mesure situées plus en amont. Le problème réside dans le fait que l'estimation par bilan hydrique aux réservoirs ne permet d'obtenir que les apports journaliers. Or, si l'on dispose de mesures horaires du débit (calculées à partir d'une courbe de tarage) provenant d'une station en amont du réservoir, il est possible d'exploiter cette information afin d'obtenir une estimation des apports horaires au réservoir en question. Pour ce faire, nous proposons d'employer une méthodologie basée sur le calcul d'un coefficient de transfert entre l'apport journalier au réservoir et le débit journalier à la station en

amont. Ensuite, on applique un lissage exponentiel au coefficient de transfert journalier afin d'éliminer le bruit et d'estimer le coefficient de transfert pour le jour suivant. On peut ensuite procéder à l'estimation des coefficients de transfert au pas de temps horaire et des apports horaires aux réservoirs. L'objectif du projet consiste donc à implanter cette approche à l'intérieur d'un logiciel facile à utiliser et permettant à l'utilisateur de gérer les entrées/sorties avec un minimum d'effort/Hydro-Québec/ Coll. : D. Tremblay, B. Bobbée.

Expertise pour l'étude de la proposition pour le toit du stade olympique

L'objectif du présent projet est de fournir l'expertise nécessaire, en terme d'analyse fréquentielle des variables climatiques, pour l'étude de la nouvelle proposition pour le toit du stade olympique. M. Ouarda fera ainsi partie d'un groupe d'experts de différents domaines qui se pencheront sur l'évaluation de la nouvelle proposition. M. Ouarda sera chargé de fournir l'expertise concernant les fréquences d'occurrence de différents niveaux de dépôt et d'accumulation de neige sur le toit, ainsi que les charges en résultant. On rappelle que le présent toit, dont le dernier élément en fibre de verre fut installé en décembre 1998, s'est déchiré le 19 janvier 1999 à la suite d'une accumulation progressive d'eau (ponding), dans une dépression causée par le dépôt d'une quantité de neige au sol, des tempêtes maximales de 24 heures, des tempêtes continues ainsi que de toutes les tempêtes annuelles, par un modèle de dépassement. Il est également prévu de regarder l'impact des changements climatiques sur l'évolution de telles variables/Régie des installations olympiques.

***Michel PARENT, professeur
associé***

Géodynamique

Dynamique glaciaire et exploration du diamant dans le nord du Québec (Programme de l'Initiative géoscientifique ciblée de la CGC)

Le projet, mené en complémentarité avec l'initiative Grand Nord du MRN, vise à reconstituer les successions de systèmes d'écoulement glaciaire, et à identifier les patrons de dispersion glacio-sédimentaires associés, dans une région où cette information a une grande importance pour supporter l'exploration du diamant, des métaux précieux et des métaux de base. Les levés de sédiments d'esker effectués dans la partie ouest du corridor Saindon-Cambrien ont permis de confirmer le potentiel diamantifère de cette nouvelle région cible. La diffusion d'un communiqué de presse fédéral-provincial, annonçant la découverte de minéraux indicateurs kimberlitiques, à l'ouverture de la réunion du Prospectors and Developers Association of Canada, combinée à la publication d'un rapport promotionnel, avaient suscité un regain d'intérêt pour cette région, lequel s'était manifesté par l'octroi de près de 600 titres d'exploration en quelques jours/CGC, de Beers Canada Exploration, Ministère des Ressources naturelles du Québec/ Coll. : M. Beaumier (Géologie Québec), S.J. Paradis (CGC-Q), N. Tassé, F. Hardy, UQAM.

Didier PERRET, professeur associé

Géodynamique

Risques géologiques - Évaluation de l'aléa glissement de terrain dans les basses terres de l'est du Canada

Les dépôts argileux postglaciaires de l'est du Canada peuvent être affectés par des glissements de terrain, dont la fréquence et l'ampleur représentent un risque parfois important pour les personnes et les biens. Les activités de recherche portent, d'une part, sur le développement d'outils facilitant la prise de décision en matière d'aménagement et de gestion du territoire et d'autre part, sur l'analyse des principaux facteurs naturels de déclenchement des glissements de terrain (pluies associées ou non à la fonte des neiges, et séismes). Les travaux portant sur l'évaluation qualitative et quantitative de l'aléa se sont poursuivis, notamment pour les glissements de terrain superficiels affectant la croûte argileuse altérée et fissurée des talus, les plus nombreux à se produire (dépôt final du mémoire de maîtrise de M. Levasseur). Dans le cadre du second volet, l'analyse complémentaire d'un glissement de terrain fortement rétrogressif (Rigaud, 1978) confirme l'importance des niveaux de faible résistance mécanique "couche molle" dans l'initiation des étalements latéraux. Par ailleurs, l'analyse dendro-géomorphologique de versants argileux instables dans les régions de Ville de La Baie et de la rivière des Outaouais a permis d'évaluer le potentiel de cette méthode dans la reconstitution de l'évolution de la stabilité des versants (dépôt final du mémoire de maîtrise de P. Bergeron). Nos partenaires sont le ministère des Transports du Québec, le ministère de la Sécurité publique du Québec, et le Bureau de la protection des infrastructures essentielles et de la protection civile/CGC/ Coll. : C. Bégin (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q).

Marc RICHER-LAFLÈCHE, professeur

Géochimie

Évaluation du potentiel minéral de la propriété de Cr et ÉGP Ménarik (Baie-James, Qc)

Ce projet, financé par Ressources minières Pro-Or inc., vise l'étude des minéralisations de Cr-ÉGP du Complexe intrusif de Ménarik. Des études géochimiques, pétrographiques et minéralogiques ont été réalisées afin de comprendre le mode de mise en place des minéralisations et d'en estimer le potentiel économique. Ces données permettent l'optimisation des procédés de séparation minéralurgique et métallurgique. Un volet géophysique a été réalisé afin d'évaluer l'extension latérale des zones minéralisées. Ainsi, des levés magnétométriques, gradiométriques et électromagnétiques ont été réalisés afin d'obtenir les informations et les modèles nécessaires au déroulement des futures campagnes de forage/ Co-responsable : M. Bergeron.

Développement d'un procédé de traitement de chromites platinifères

Ce projet vise à développer une technologie de carbochloruration permettant l'extraction des ÉGP à partir de minerais de chromite platinifère. Simultanément, cette nouvelle technologie permet l'enrichissement du rapport Cr/Fe de la chromite. D'une manière simplifiée, l'enrichissement de la chromite est effectué selon la démarche suivante : FeO est extrait sélectivement de la chromite sous forme de FeCl₃ gazeux par une interaction solide-gaz pour laisser un résidu de chromite montrant un rapport Cr/Fe élevé. En ce qui concerne les éléments du groupe du platine (ÉGP), ces phases minérales sont transformées par le processus de chloruration en des composés chlorurés fortement solubles dans HCl. Le processus d'extraction des ÉGP comprend deux grandes étapes. D'abord, une étape de chloruration permettant la transformation des phases platinifères en des composés chlorurés. Ces composés chlorurés ne sont pas volatils à la température de chloruration et demeurent donc dans le réacteur (ils ne sont pas distillés). Dans la deuxième étape, le chlorureur (le

réacteur de chloruration) est vidangé. Les solides sont alors disposés dans une solution de HCl où la dissolution des phases platinifères est effectuée. Cette étape est rapide et hautement efficace. Par la suite, la purification des éléments du groupe du platine, peut être effectuée par des technologies existantes. Dans le cas où une matrice de chromites platinifères est utilisée comme matériel de départ, les réactions de chloruration des phases métalliques transportant les éléments du groupe du platine de même que les réactions conduisant à la production de chromite montrant un rapport Cr/Fe élevé, peuvent être effectuées simultanément/ Ressources Minières Pro-Or inc/ Co-responsable : M. Bergeron.

Estimation des taux de déposition des polluants acidifiants et métaux lourds dans les forêts du Nord-Est de l'Amérique du Nord

Ce projet de recherche s'inscrit dans la problématique des effets des polluants acidifiants sur les forêts de l'Est de l'Amérique du Nord. Ce projet comporte, entre autres, une synthèse des données sur les précipitations et les caractéristiques pédogéniques des sols des stations du réseau d'étude des écosystèmes forestiers du MRNQ. De plus, un volet du projet consiste à optimiser la méthode de biomonitoring dendrogéochimique (chimie des cernes de croissance des conifères) et à appliquer cette dernière dans des stations de monitoring du réseau de surveillance des écosystèmes forestiers (RESEF, Québec) et des stations semblables du USDA situées en Nouvelle-Angleterre. Les données sur l'accumulation des contaminants sont comparées aux données géochimiques de sédiments lacustres datés et aux données provenant d'études pédogéochimiques sur les sols des bassins-versants/ Conference of New England Governors and Eastern Canadian Premiers, Ecosystem Research Group Ltd (Norwich, VT, USA), MRNQ (DRF), USDA (Forest Service), Canadian Forest Service, University of New Brunswick, Middlebury College.

Géochimie des lanthanides dans les minéralisations polymétalliques

Des études récentes montrent que les terres rares peuvent être utilisées pour caractériser,

a posteriori, la nature des fluides impliqués lors de la formation des gîtes de métaux de base. Cette approche pourrait s'avérer utile pour palier l'absence de données thermogéochimiques sur les fluides responsables de la formation des gîtes de sulfures massifs volcanogènes archéens. Compte tenu de la très faible mobilité des terres rares lors du métamorphisme régional, ces éléments pourraient être utilisés comme traceurs des processus hydrogéochimiques. Contrairement aux gîtes volcanogènes récents, nous connaissons peu la nature des fluides impliqués lors de la formation des gîtes volcanogènes archéens. Pour documenter la nature de ces fluides, nous utilisons une approche inverse basée sur la signature en terres rares et autres éléments traces (par ex. Th, Zr, Hf, Nb, Ta) des sulfures archéens. Ces données devraient permettre d'évaluer certaines caractéristiques physico-chimiques des fluides minéralisateurs. Pour l'industrie minière, les conclusions de nos travaux seront directement utilisables dans les phases tactiques des programmes d'exploration minière en terrains tectonisés et métamorphisés/ CRSNG, Cambior inc., Mines et Métallurgie Noranda, SOQUEM, Mines Aurizon inc.

Applications de la géochimie et de la géophysique aux études archéométriques dans le Nunavut et dans le Sud du Québec

Ces projets impliquent, entre autres, la direction d'un étudiant à la maîtrise (INRS-ANU) et une codirection d'un étudiant au doctorat (U. Laval-INRS). Ces projets touchent le développement de nouvelles méthodes de datation de sites d'arts rupestres préhistoriques et une étude de discrimination géochimique des différentes productions de céramiques de la Nouvelle-France (17^e siècle). Des essais géophysiques, magnétométriques, gradiométriques et électromagnétiques ont été réalisés sur des sites de fouilles archéologiques dans la région de Québec et à LaPrairie. Plusieurs collaborations ont été amorcées avec le Centre Culturel Avataq (Nunavut), l'équipe d'archéométrie de l'Université Laval, le Australian National University (ANU) et la Ville de Québec/ Société culturelle Avataq, U. Laval, UQAM, Ville de Québec, Australian National University.

Étude géochimique et hydrogéochimique des eaux de la rivière St-Charles et de ses principaux tributaires

Ce projet vise la compréhension des processus impliqués dans le transport et le fractionnement des lanthanides, actinides et autres éléments à fort champ ionique dans l'eau et la matière en suspension de rivières drainant le bouclier canadien. Une application de ces études est de définir des rapports d'éléments traces permettant d'identifier la provenance de la matière en suspension (fraction minérale silicatée) et de pouvoir quantifier le taux de mélange sédimentaire/ CRSNG, Ville de Québec.

Étude géochimique de sols forestiers de bassins-versants du TADPA

Le projet de recherche, vise à caractériser et calculer les bilans d'accumulation et de lessivage des cations basiques des sols forestiers en réponse aux processus pédogéniques naturels et anthropiques affectant les stations du réseau TADPA. Ces données vont permettre de mieux comprendre les effets des précipitations acides sur les sols reposant sur le bouclier canadien/ Environnement Canada (Centre-St-Laurent), Direction de la recherche forestière (MRNQ).

Caractérisation géochimique et provenance de la matière en suspension de 8 tributaires du St-Laurent et du Lac St-François.

Ce projet vise la réalisation d'une étude géochimique de la matière en suspension d'un secteur du fleuve St-Laurent. L'étude comprend, entre autres, l'analyse chimique des terres rares et autres métaux traces, des éléments majeurs ainsi que du carbone (organique et inorganique), du soufre et de l'azote présent dans la matière en suspension prélevée à l'embouchure de 8 tributaires principaux du fleuve St-Laurent, ainsi qu'à la station de référence de la qualité de l'eau à Québec. Ces données devraient permettre d'identifier de nouveaux traceurs géochimiques pour établir la provenance ainsi que les processus de mélange affectant la composition des sédiments fluviaux/ Environnement Canada, Centre St-Laurent.

Alain N. ROUSSEAU, professeur

Hydrologie

Ressources et approvisionnement en eau – modélisation et simulation mathématiques des processus naturels

Les travaux de recherche proposés portent sur des activités visant à mieux définir les représentations des processus hydrologiques et les limites d'application de la modélisation. Les activités de recherche et de transfert visent à améliorer des outils mathématiques de simulation existants et ce afin de répondre à des questions : i) de prévision des apports en eau des systèmes hydriques nordiques; ii) d'évaluation des ressources en eau pour l'approvisionnement des différents secteurs d'activités; et iii) d'analyse de scénarios d'assainissement de l'eau à l'échelle du bassin-versant.

L'ensemble de ces travaux s'intègre dans le développement de démarches opérationnelles pour la prévision de l'évolution des ressources en eau et de leur devenir, ainsi que leur sensibilité aux changements climatiques. Les activités de cette demande s'inscrivent sous deux axes : i) modélisation hydrologique; et ii) gestion intégrée de l'eau/ CRSNG/ Coll. M. Slivitzky, J.P. Villeneuve, A. Mailhot, M. Bernier.

Évaluation du bilan hydrologique de l'île de Harrington Harbour, Basse Côte-Nord

Dans le cadre d'un projet d'approvisionnement en eau potable de l'île de Harrington Harbour en Basse Côte-Nord confié à la firme Génium, une étude hydrologique a été effectuée pour quantifier la réserve en eau douce disponible. Le mandat de ce projet porte sur: i) l'analyse de la situation hydrologique de Harrington Harbour élaborée dans le rapport hydrologique; ii) la vérification des calculs effectués dans le rapport hydrologique et les corrections/ajustements nécessaires à apporter au rapport; iii) l'amélioration, au besoin, de la méthodologie de calcul employée et la facilitation de l'implantation de tout autre modification à la méthodologie; et iv) le travail en collaboration continue avec la firme Génium pour perfectionner l'étude hydrologique/ Mandat de consultant pour la firme GENIUM.

Planning for integrated water resources management of the Upper Orontes river basin

L'objectif de ce mandat de consultation est de fournir une assistance technique à l'unité syrienne de coordination du projet au niveau de l'identification et du design de la structure d'une base de données géoréférencées pour le futur système d'information sur l'eau du bassin-versant de la haute Orontes et ce, dans le cadre de la mise en place de la gestion intégrée de l'eau par bassin-versant. Le but à long terme de ce projet vise à implanter un système d'information muni d'un SIG et de modèles de simulation. Ce mandat sera réalisé dans le cadre de deux missions (septembre 2002 et novembre 2003). La première mission s'attarde aux données sur la qualité de l'eau. Quant à la deuxième mission, l'accent porte sur la collecte et la numérisation de données sur la quantité d'eau, et de données socio-économiques sur le bassin et autres données de base (modèle numérique de terrain, occupation du sol, réseau hydrographique, infrastructures d'eau, etc.). Outre le support technique continu, les principaux livrables de ce projet incluent: i) la rédaction d'un devis de numérisation de données géoréférencées au 1/25000; ii) la rédaction d'un devis de numérisation de données attributs; iii) un séminaire d'une journée sur la gestion intégrée par bassin-versant incluant des exemples concrets; iv) la production d'un document sur le processus de construction et de gestion d'une base de données géoréférencées incluant la rédaction d'un devis des tâches à réaliser et v) la rédaction de deux rapports de mission/ United nations.

Jean-Louis SASSEVILLE,
professeur

Assainissement

Traitement et valorisation des boues d'épuration

Ces activités de transfert technologique comportent un volet recherche technologique (le choix des technologies et de leur configuration compétitive, l'évaluation technologique) ainsi qu'un volet portant sur l'analyse et le développement des méthodes organisationnelles et financières requises pour soutenir le développement de technologies de traitement et de valorisation des boues et d'enclencher leur diffusion commerciale. Ces projets, réalisés en collaboration avec l'industrie, ont donné lieu, jusqu'à ce jour, à des investissements privés de plus de 2 M \$, et entraîneront vraisemblablement des investissements supplémentaires dans le développement de projets de R&D de type université-industrie/ Fonds privés/ Coll. : J.-F. Blais, G. Mercier.

Gestion publique de l'eau : Gestion des conflits d'usage

L'objectif poursuivi dans cet ensemble d'activités de recherche est d'élaborer un cadre stratégique intégré pour la gouvernance des relations "société-eau" et de vérifier sa capacité de générer des pratiques efficaces de gestion pour des cas particuliers, comme la gestion des usages conflictuels de l'eau en Afrique de l'Ouest, la conception et la mise en place d'organismes de bassin au Québec, l'élaboration de politiques de contrôle de la pollution par les fumiers et les lisiers, etc. Ces activités, réalisées en collaboration, ont donné lieu en 2002-2003 à une subvention importante du CRDI (à L'Industrielle de l'environnement et Ressource Expert Plus). Des rapports synthèses de ces travaux, visant à les diffuser auprès des intervenants, sont en révision/ Coll. : Y. Maranda (MEF), N. Kibi (Ressources Expert Plus), R. Tremblay (L'IE inc.) et al.

Valorisation par biotransformation des eaux usées et des boues d'épuration

L'exploitation croissante des ressources naturelles engendre des quantités abondantes de déchets dont il faut disposer de manière sécuritaire et économique. Une fraction importante de ces déchets sont des résidus que l'on considère difficilement valorisables ou dont la valeur potentiellement ajoutée dans les efforts de valorisation est surpassée par les coûts de transformation, de réutilisation ou de mise en marché. Cependant, en considérant, d'une part, la hausse des coûts d'élimination pour plusieurs de ces matières tertiaires et, d'autre part, le développement important des connaissances sur les biotransformations, il devient intéressant d'analyser le potentiel économique qu'elles peuvent représenter. En effet, les matières tertiaires permettent, à bien meilleurs coûts que les matières premières, la fabrication de produits à base biologique déjà en marché ou sur le point de s'y installer : la réduction du prix de ces produits et l'augmentation de leur disponibilité sur les marchés leur permettront de concurrencer et même de surpasser, dans certains cas, les fonctionnalités industrielles des produits utilisés actuellement. Les recherches effectuées à ce jour indiquent que diverses matières tertiaires, comme les eaux usées et les boues municipales et industrielles, peuvent être biotransformées en produits à haute valeur ajoutée tels les biopesticides, les bioplastiques, les enzymes, les acides organiques et les biosurfactants. Ce projet vise à analyser diverses voies de valorisation par biotransformation des eaux usées et des boues résiduaires en vue de mettre en place un programme de financement privé de la R&D dans les secteurs stratégiques de la valorisation des matières tertiaires/ Coll. : R. Tyagi, J. Valéro, S. Barnabé, Y. Abdessalem.

Martine M. SAVARD, professeure associée

Géodynamique

Cartographie des aquifères fracturés du Sud-Ouest du Québec (AFSOQ)-(Basses-Terres du Saint-Laurent)

Cette collaboration multidisciplinaire et multi-institutionnelle a été réalisée dans le but d'aider les autorités locales à prendre des décisions rationnelles relatives à l'aménagement de leur territoire ainsi qu'à la gestion et à la protection de leurs ressources en eaux souterraines dans une perspective de développement durable. Le projet a permis, plus spécifiquement, de développer une méthodologie pour la caractérisation, à l'échelle régionale, des aquifères dans les roches sédimentaires fracturées, de caractériser le système aquifère du Sud-Ouest québécois, ses propriétés hydrauliques et la qualité de ses eaux souterraines et de quantifier la disponibilité des ressources en eau souterraine dans quatre municipalités régionales de comté. L'excellente collaboration entre les divers participants aura permis de développer les assises d'une approche nouvelle qui sera citée en exemple aux fins d'inventaires des eaux souterraines à travers le Canada, et le projet s'avérera déterminant dans la mise en œuvre de stratégies de développement durable pour de nombreuses communautés au Québec et au Canada, en particulier en milieu rural et semi-urbain/ CGC, Développement Économique Canada, ministère de l'Environnement du Québec, Conseil régional de développement des Laurentides, municipalités d'Argenteuil, de Deux-Montagnes, de Mirabel et de Thérèse-de-Blainville/ Coll. : É. Boisvert (CGC-Q), A. Bolduc, É. Bourque (CGC-Q), S. Castonguay (CGC-Q), N. Fagnan, K. Lauzière (CGC-Q), D. Lavoie, M. Luzincourt (CGC-Q), Y. Michaud (CGC-Q), M. Nastev (CGC-Q), D. Paradis (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), A. Rivera (CGC-Q), A. Smirnoff (CGC-Q), R. Lefebvre, R. Martel, V. Murat, G. Karanta, V. Cloutier, M. Ross, Université Laval, Université Queen's, Environnement Canada, Ministère des Transports du Québec, USGS.

Étude dendrogéochimique de la contamination de l'environnement par les métaux

Au cours de sa dernière année, le projet visait à : i) analyser la composition chimique des cernes de croissance d'arbres situés à proximité de fonderies et la comparer avec celle d'arbres provenant de régions non contaminées; ii) produire une courbe continue des variations temporelles permettant de distinguer les contributions anthropiques des niveaux naturels; et iii) développer un nouvel outil de biomonitoring environnemental de haute résolution temporelle combinant la géochimie isotopique et élémentaire de même que la dendrochronologie. Les résultats de la dernière année du projet ont permis de renforcer les tendances spatiales et temporelles déjà présentées. En effet, les analyses dendrogéochimiques d'un troisième arbre pour chacun des sept sites sélectionnés confirment les interprétations de cause à effet entre l'intensité des émissions de la fonderie Horne et l'accroissement des concentrations en Cd, Pb et Pb isotopique de type anthropique, l'augmentation abrupte des rapports isotopiques du carbone et la diminution coïncidente de ceux de l'hydrogène dans les cernes des arbres. L'expertise acquise dans le cadre de ce projet a également été mise à profit dans le programme "MITE-Research Network" du "Canadian Network of Toxicology Centres". L'objectif de cette initiative était d'évaluer la charge totale en métaux dans les tissus ligneux des espèces arborescentes de la forêt boréale soumise à des contaminations de source ponctuelle, comme celle de la fonderie Horne. Les résultats montrent que les espèces décidues sont particulièrement efficaces pour accumuler les métaux potentiellement phytotoxiques/ CGC, Association minière du Canada/ Coll. : C. Bégin (CGC-Q), M. Parent (CGC-Q), A. Smirnoff (CGC-Q), M. Luzincourt (CGC-Q), J. Marion, X. Hou, N. Tassé; Université du Nouveau-Mexique.

Développement analytique - «Spectrométrie de masse de rapports isotopiques à débit continu en mode d'extraction membranaire»

L'objectif du projet de recherche est de développer une interface à flux continu qui permette d'extraire, d'isoler et de concentrer des composés chimiques organiques de matrices liquides pour l'analyse isotopique du carbone et de l'hydrogène. Puisque l'analyse isotopique de ces matrices exige une extraction souvent à partir de faibles concentrations, sans modifier chimiquement la molécule, et qu'elle requiert de minimiser et connaître la discrimination isotopique engendrée par les procédés physico-chimiques d'extraction, l'utilisation de membranes s'avère une avenue prometteuse et innovatrice de l'approche expérimentale. Ces travaux expérimentaux échelonnés de 2002 à 2005 s'effectuent en partie au Delta-Lab de la CGC et dans les laboratoires de firmes partenaires/ CRSNG, Agriculture et agroalimentaire Canada, Industrie (Phytronix, Citadelle)/ Coll.: A. Tessier, P. Tremblay, A. Smirnoff, MAPAQ, Université Laval, Centre ACER.

André ST-HILAIRE, professeur

Hydrologie

Étude hydrologique et statistique sur la conception et l'efficacité de bassins de sédimentation pour les tourbières exploitées

Cette étude est complémentaire au projet "Évaluation de l'impact de l'exploitation d'une tourbière sur la sédimentation dans l'estuaire de Richibouctou (NB), inscrit sous Bernard Bobée. Les travaux encours dans ce projet, sont : i) faire le suivi et l'analyse statistique comparative des concentrations de solides en suspension durant la crue printanière de 2003, à l'exutoire des bassins de sédimentation sur des tourbières du Nouveau-Brunswick exploitées par Premier Horticulture Ltée; ii) utiliser une approche d'analyse fréquentielle régionale pour l'estimation des quantiles (débits avec période de retour de T années, où T = 10, 20, 50, 100 ans) et faire une étude de l'adéquation des bassins de rétention en fonction de cette analyse régionale; et iii) comparer le taux de déposition de tourbe en aval des bassins de sédimentation pour des tourbières ayant été exploitées durant des périodes différentes/ Premier Horticulture Ltée/ Coll. : S. Courtenay, A. Boghen, B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda.

Modélisation statistique de variables abiotiques d'habitat aquatique

L'estimation des débits réservés est une composante importante des études d'impacts. Les approches couramment utilisées pour évaluer ces débits (comme la modélisation de l'habitat par des méthodes de type IFIM) laissent peu de place à la caractérisation de variables essentielles telles que le régime thermique et la concentration de solides en suspension. Ce projet a pour objectif d'améliorer les connaissances relatives à ces variables d'habitats essentiels. Les recherches prévues concernent : i) le développement d'un modèle stochastique de température de l'eau; ii) le développement d'un modèle stochastique de température pour les cours d'eau aménagés; iii) le développement de modèles stochastiques pour la prévision de solides en suspension; et iv) l'analyse fréquentielle de ces deux variables/ CRSNG/ Coll. : B. Bobée, T.

Ouarda, N. El Jabi, D. Caissie.

Estimation du contenu en information des séries chronologiques d'apport

Cette étude traite de l'application de méthodes d'évaluation du contenu en information du réseau hydrométrique. Les mesures de débits sur les bassins et sous-bassins-versants situés à proximité des ouvrages d'Hydro-Québec sont importantes parce qu'elles permettent de valider et d'ajuster les prévisions en fonction de la variation réelle des débits observés. Hydro-Québec continue à investir des ressources importantes dans la densification du réseau hydrométrique. Cet investissement doit être basé sur une analyse quantitative de l'information ajoutée par l'augmentation du nombre de stations de jaugeage. L'objectif général de la présente étude est donc de tester une méthodologie permettant d'évaluer le contenu en information supplémentaire associé à l'ajout de stations hydrométriques. Les objectifs spécifiques des travaux résumés dans ce document sont: i) d'adapter les méthodes d'évaluation du contenu en information à l'étude de l'adéquation du réseau hydrométrique pour la validation des apports; et ii) d'appliquer les méthodes adaptées à deux études de cas (régions des Cascades et de La Grande)/ Hydro-Québec/ Coll. : B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda, M. Lachance.

Modélisation statistique de variables abiotiques d'habitat aquatique (2003-2007)

L'estimation des débits réservés est une composante importante des études d'impacts. Les approches couramment utilisées pour l'estimation des débits réservés (comme la modélisation de l'habitat par des méthodes de de type IFIM) laissent peu de place à la caractérisation de variables essentielles telles que le régime thermique et la concentration de solides en suspension. Ce projet a pour objectif d'améliorer les connaissances relatives à ces variables d'habitats essentiels. Les recherches prévues concernent: i) le développement d'un modèle stochastique de température de l'eau; ii) le développement d'un modèle stochastique pour les cours d'eau aménagés; iii) le développement de modèles stochastiques pour la prévision de solides en suspension; iv) l'analyse fréquentielle de ces deux variables/ CRSNG Programme subvention de recherche individuelle.

Yves SECRETAN, professeur

Hydrologie

Système d'évaluation et de gestion des risques d'inondation en milieu fluvial (SEGR)

Le projet vise la problématique des risques actuels d'inondation, ceux reliés aux éléments vulnérables existants. Nous espérons en effet, par une approche curative complémentaire prenant acte de la situation présente, contribuer à mieux diagnostiquer la nature et le coût récurrent des risques actuels, et à les résoudre. Puisqu'elle contribuera à réduire à long terme les dommages, elle a également les qualités d'une approche préventive. Le projet vise à développer une méthodologie intégrée qui cherche d'abord à : i) établir le bilan des risques actuels d'inondations sur un cours d'eau; ii) élaborer une stratégie intégrée de réduction des risques qui se justifie par sa rentabilité économique, tout en respectant des critères de durabilité, de respect du milieu naturel et d'équité entre les divers intervenants; et iii) gérer le risque résiduel par une concertation des intervenants et une mise à niveau continue des plans de mesures d'urgence. De nouveaux instruments de calcul informatisés faisant appel à la géomatique et à la modélisation numérique seront élaborés. Le projet global vise aussi à démontrer la faisabilité et la pertinence de l'approche par une application à un tronçon de la rivière Chaudière/ FAQDD/ Coll. : M. Leclerc, P. Boudreau, Ville de Sainte-Marie.

Estimation du débit d'un cours d'eau par l'utilisation de la modélisation hydrodynamique : étude de faisabilité

Environnement Canada désire évaluer de nouvelles méthodes d'estimation du débit comme alternatives aux relations niveau-débit classiques utilisées actuellement et qui nécessitent normalement la présence d'un seuil. L'objectif du travail proposé est d'évaluer la faisabilité d'appliquer différentes méthodes numériques pour estimer le débit d'un cours d'eau. L'accent sera mis principalement sur l'évaluation du potentiel de la modélisation hydraulique unidimensionnelle, mais n'exclura pas les formes plus simples de modélisation hydraulique, telles les modèles de type

Manning ou Chézy, lorsqu'applicables. Les formes plus élaborées (bidimensionnelle et plus) ne feront pas l'objet d'analyses approfondies. Seules les expériences passées de cette nature, rencontrées dans le cadre de la recherche bibliographique, seront consignées au rapport/ Environnement Canada/ Coll. : M. Leclerc, P. Boudreau.

Simulation de la température de l'eau du fleuve dans la région des îles de Boucherville

Environnement Canada veut étudier la possibilité d'utiliser la simulation numérique des températures du fleuve afin d'étudier les habitats de fraye du brochet. En effet, l'éclosion des oeufs est contrôlée par le nombre de degrés*jours accumulés ainsi que par des bornes minimales et maximales permises. À cette fin, nous allons simuler l'évolution de la température du milieu en fonction des paramètres météorologiques, dans la région des îles de Boucherville. La simulation sera faite pour une période de deux mois, avec un pas de temps horaire. Les résultats seront comparés avec des mesures de températures/ Environnement Canada/ Coll. : P. Boudreau.

Prototypage de la trousse de travail interactive pour estimer le débit d'un cours d'eau

Environnement Canada désire se doter d'un nouvel outil pour estimer le débit d'un cours d'eau. Cet outil devra être simple à utiliser, fiable et être adapté aux différents types de cours d'eau qu'on retrouve au Canada. Cette nouvelle approche permettra de choisir des tronçons de rivières moins dangereux pour les personnes devant effectuer des mesures sur le terrain pour en établir le débit. Cette souplesse accrue dans le choix des sites de mesure permettra également de les localiser à des endroits mieux situés par rapport aux besoins des clients et des bureaux locaux d'Environnement Canada. L'outil à prototyper prendra la forme d'une trousse de travail interactive destinée à être utilisée par le personnel technique d'Environnement Canada. Cette trousse guidera son usager dans le choix et le déploiement de l'approche numérique (modèles) la plus appropriée en fonction des conditions physiques propres à chaque cours d'eau. L'objectif du travail proposé est de procéder au prototypage de cette trousse de

travail interactive et de préciser les besoins en matériel, en données ainsi que la précision requise pour ces données/ Environnement Canada/ Coll. : M. Leclerc, P. Boudreau.

Modélisation de la Baie de Guajara

L'IESAM (Instituto de Estudo Superiores da Amazônia, Brésil) et l'UFPA (Universidade Federal do Para, Brésil), en partenariat avec l'INRS-ETE, veulent construire un modèle de la Baie de Guajara, située dans l'estuaire de la Guajara, dans la région délimitée par la Baie de Marajo et les rivières Para et Guama (État du Para, Brésil) afin d'en analyser les risques environnementaux. Ceux-ci sont principalement associés aux rejets de la ville de Belem et au transport d'hydrocarbures. Le modèle doit permettre d'analyser la dynamique des courants dans la baie qui est soumise à la marée ainsi que le transport-diffusion des divers polluants. Notre contribution comprend la mise à disposition de licences académiques pour les logiciels Modeleur/Hydrosim/Dispersim, la formation des chercheurs brésiliens et l'aide au démarrage du projet. Ce projet est subventionné par le CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), l'équivalent du CRSNG au Brésil/ CNPq/ Coll. : P. Boudreau.

Normand TASSÉ, professeur

Géodynamique

Site minier Manitou : caractérisation du milieu et des processus en vue d'une restauration

Après plusieurs années d'essais de revalorisation des résidus miniers, les propriétaires du site minier Manitou, non loin de Val d'Or, ont dû déclarer faillite. Le site est donc maintenant sous la responsabilité de la Couronne, qui doit procéder à sa restauration. Près de 6.7 millions de tonnes (Mt) de résidus sulfureux libérant de l'acide et des métaux lourds se retrouvent dans deux parcs aux marges instables, entourés d'un autre 3.3 Mt répandus sur une superficie de 91 ha. De plus, 0.7 Mt de résidus jalonnent près de 6 km de ruisseau sur un total de 51 ha et y entretiennent le niveau de contamination. La restauration pose donc un défi important, tant au point de vue technique que financier. Après identification précise de tous les besoins d'intervention, le projet vise à recueillir toute l'information requise pour planifier une restauration permettant une démarche véritablement intégrée. Il est en effet certain que plusieurs technologies de restauration devront être mises en oeuvre, et le projet entend réunir tous les éléments requis pour faire un choix éclairé de techniques complémentaires et efficaces au meilleur coût possible/ MRNQ.

Restauration des sols contaminés par le sel

Les sols contaminés par des sels communs, suite à des activités agricoles ou industrielles, acquièrent des propriétés physiques extrêmement nuisibles au rendement des cultures. Les civilisations mésopotamiennes leur doivent leur disparition, il y a plus de 5 000 ans, et ce problème affecte de nos jours une grande proportion des régions subtropicales, souvent déjà affligées de sous-développement. Le projet vise dans un premier temps à identifier les technologies de décontamination éprouvées et potentielles, à déterminer leur impact observé ou potentiel sur les propriétés pédologiques des sols et à circonscrire les avantages et désavantages techniques et financiers associés à leur mise en oeuvre/ Biogénie.

André TESSIER, professeur

Biogéochimie

Géochimie d'éléments traces dans les sédiments lacustres récents

Les outils disponibles aux gestionnaires ne permettent pas de prédire adéquatement les effets biologiques des métaux traces dans l'environnement aquatique. Une amélioration de ce pouvoir prédictif passe par une meilleure connaissance et une quantification des cycles et du destin des métaux traces et, ultimement, par le développement de modèles déterministes basés sur des concepts théoriques bien établis. Dans ce cadre, on étudie les processus biogéochimiques internes aux lacs qui impliquent les métaux traces comme : i) leurs réactions dans la colonne d'eau avec la matière organique d'origine biologique ou terrigène et avec les particules en suspension incluant le phytoplancton; ii) leurs réactions dans les sédiments avec les oxyhydroxydes de fer et de manganèse et avec les sulfures et polysulfures; et iii) leur transport de l'eau vers les sédiments. Ces études impliquent le développement de méthodes de mesure *in situ* des concentrations de métaux et de leur spéciation ainsi que des expériences de laboratoire et de terrain pour comprendre et quantifier les processus/ CRSNG-Subvention à la découverte/ Coll. : L. Rancourt, C. Gallon, L. Bérubé, R. Quirion, F. Bilodeau, L. Laforte, A. Perron.

Mobilité géochimique des métaux dans les sédiments : influence de la diagenèse

Les réactions chimiques et biologiques dans les sédiments peuvent influencer la distribution verticale de métaux traces et compromettre l'utilisation des profils de métaux sédimentaires comme enregistrements historiques. Dans cette étude, nous examinons le comportement géochimique et nous déterminons la mobilité postdépositionnelle de métaux traces (Hg, Cd, Zn, Ni, Pb) dans des sédiments de lacs. Nous étudions aussi les possibilités d'utiliser des techniques *in situ* (micro-électrodes voltamétriques d'iridium, DET, DGT) pour améliorer la résolution verticale des profils d'eau interstitielle et mieux comprendre les processus diagénétiques/ CRSNG, Association Minière et Hydro-Ontario/ Coll. : R. Carignan, L.

Rancourt, C. Gallon, L. Beaudin, C. Gobeil, R. Quirion, L. Bérubé, L. Laforte, A. Perron.

Importance du soufre réduit dans le contrôle de la spéciation des métaux traces dans les eaux de surface du bouclier canadien

Les espèces de soufre réduit comme les sulfures et polysulfures peuvent influencer fortement la spéciation des métaux dits de classe B. Des études récentes ont montré la présence de sulfures dissous dans des eaux oxygénées qui résistent à l'oxydation. Si ces sulfures sont importants dans les eaux oxygénées, il faudra en tenir compte dans les études de bioaccumulation des métaux par les organismes aquatiques. Par ailleurs, on a montré la présence de sulfures et de polysulfures dans des eaux interstitielles lacustres anoxiques et on soupçonne qu'ils contrôlent la spéciation de métaux comme le Cu et le Hg. Actuellement, les modèles de spéciation ne tiennent pas compte des complexes des métaux avec les polysulfures. Dans ce projet, nous visons à : i) déterminer si les eaux oxygénées des lacs du bouclier canadien contiennent des concentrations mesurables de soufre réduit; et ii) mesurer la solubilité du soufre élémentaire dans l'eau de façon à pouvoir inclure les constantes de stabilité des complexes des métaux avec les polysulfures dans les modèles de spéciation/ CRSNG, Association Minière et Hydro Ontario/ Coll. : F. Wang, L. Rancourt.

Critères de qualité de l'environnement : contribution à la base scientifique

Le projet, qui comprend trois volets, vise à améliorer la base scientifique nécessaire au développement de critères de qualité de l'environnement concernant les métaux qui soient défendables scientifiquement. Le premier volet vise à mieux comprendre et à quantifier les processus concernant les métaux traces et qui ont lieu dans le bassin-versant aux interfaces air-eau, air-neige et sédiments-eau. L'objectif du deuxième volet est de prédire l'accumulation et la toxicité de métaux traces pour les organismes aquatiques dans des conditions se rapprochant de celles trouvées dans les eaux naturelles. Le dernier volet vise à développer des méthodes *in situ* fiables pour déterminer de faibles concentrations de métaux traces et déterminer leur spéciation/ FQRNT/

Coll. : M. Amyot, P.G.C. Campbell, L. Hare, N. Yan, A. Boudou, J. Buffle, W. Davison, R. Carignan, A. Hontela, B. Pinel-Alloul, F. Denizeau, C. Jumarie, L. Poissant, M. Twiss, F. Wang.

Alain TREMBLAY, professeur

Géodynamique

Origine et cadre structural et tectonique des chromitites des Appalaches du Québec

Les ophiolites du Sud du Québec, représentant des segments de croûte océanique ordovicienne obductés sur la paléo-marge laurentienne, renferment localement d'importants dépôts de chromite. Il s'agit de la deuxième année d'un projet de recherche de trois ans visant à déterminer l'origine et le contexte stratigraphique et structural de ces chromitites. Ce projet comporte deux volets complémentaires et indissociables : i) un volet structural visant à déterminer la géométrie 3D des dépôts de chromite, de même que le contexte tectonique des structures-hôtes; et ii) un volet pétrogénétique visant à déterminer et classifier les différentes occurrences de chromitites, et à fournir/développer des outils de prospection efficaces. Outre la compilation et la réinterprétation des données cartographiques, géophysiques et de forages miniers existants, le projet implique des travaux de cartographie et d'échantillonnage des principaux gîtes de chromite dans des secteurs-clés, et une analyse tectonique de la ceinture ophiolitique de la région Chaudière-Appalaches afin de discriminer les structures d'importance régionale de celles d'ordre local/ CRSNG, Ministère des Ressources naturelles du Canada, Ressources Allican Inc/ Coll. : J.H. Bédard (CGC).

Architecture de la plate-forme et de l'avant-pays des Appalaches (APAA)

Ce projet fait partie du programme de recherche CARTNAT (programme de Cartographie géoscientifique du Canada/ NATMAP Canada's National Geoscience Mapping program). Il a pour objectif premier de mettre à jour et de valoriser la base de connaissance géoscientifique du Québec, du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve, et de permettre une meilleure évaluation du potentiel minéral de ces régions. Le projet APAA comprend, entre autres, la mise en oeuvre de cinq transects géoscientifiques traversant ces provinces. En outre, les objectifs suivants sont poursuivis : i) l'intégration tridimensionnelle des géologies de surface et de subsurface, de la

zone terrestre à marine le long des transects; ii) l'évaluation de la limite nord et du style structural des trois événements de compression/extension qui ont touché cette région; iii) la formation de jeunes chercheurs à la cartographie, la science et la technologie de pointe pour l'exploration des ressources; et iv) une plus grande collaboration entre les géoscientifiques des agences provinciales et fédérales, et des milieux académiques et industriels/ CGC/ Coll. : M. Malo.

Étude structurale et métamorphique de l'avant-pays de l'orogène appalachien du Québec

L'avant-pays des Appalaches est constitué de la zone de Humber externe et de la plate-forme des Basses-Terres du St-Laurent (BTSL). Au Nord-Ouest, les BTSL sont limitées par une série de failles normales historiquement attribuées à l'ouverture de l'océan Iapetus au Cambrien inférieur. Les principaux objectifs du programme de recherche sont de: i) contraindre l'âge du métamorphisme de faible grade et de la déformation régionale dans la zone de Humber externe; et ii) caractériser la nature et l'origine des failles du rift St-Laurent et contraindre l'âge du(des) principal(aux) incrément(s) de déformation. Des datations par traces de fission sur grains de zircon et d'apatite, et des datations K-Ar sont en cours d'acquisition. Les observations de terrain sont bonifiées par des données de sismique marine de haute résolution. Des études en géologie structurale sont combinées à des méthodes de datation permettant d'analyser des phénomènes géologiques s'effectuant sous différentes conditions de pression-température de la croûte terrestre. Les données sismiques permettent de reconnaître/corréler les structures exposées sur terre et celles présentes dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les données recueillies dans la zone de Humber externe sont comparées avec des données de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de la zone de Humber interne, et permettent de déterminer clairement l'âge de la déformation régionale. L'étude des failles du rift Saint-Laurent permet de mieux comprendre l'origine de ces structures et leur influence possible sur la fracturation syn- et post-appalachienne des réservoirs gaziers des BTSL et sur la paléo/néosismicité de la vallée du Saint-Laurent/ CRSNG/ Coll. : B. Long, M. Zentilli (U. Dalhousie), N. Clauer (CNRS-U. Louis-Pasteur).

Rajeshwar D. TYAGI, professeur

Assainissement

Développement de technologies d'enlèvement et de récupération des métaux présents dans les rejets industriels et urbains

Ce projet de recherche s'inscrit dans les efforts conduits, depuis plusieurs années, par les chercheurs impliqués dans cette demande de développement de technologies de décontamination, de récupération et de recyclage de métaux toxiques de divers rejets urbains et industriels. Les boues d'épuration municipales et industrielles, les sols et les sédiments, les cendres volantes d'incinérateur et les résidus de terrils miniers sulfureux constituent des sous-produits souvent contaminés par les métaux et peuvent représenter un risque pour les écosystèmes. Un premier projet consiste à tester et à mettre au point des procédés performants permettant une récupération sélective de certains métaux et/ou une réduction significative de la quantité de déchets métalliques produits lors de l'exploitation des procédés de décontamination de ces divers rejets. Un deuxième projet vise à déterminer l'applicabilité de la biolixiviation comme technique de préoxydation des concentrés de sulfures réfractaires, pour la libération des métaux précieux (Au et Ag) ainsi que pour la dissolution de certains métaux valorisables (Co, Cu, Ni, Zn) présents dans les résidus miniers (productions de DMA). Enfin, un troisième projet porte sur le développement de procédés de récupération et de recyclage du chrome, contaminant fortement les boues industrielles de tanneries/ FCAR/ Coll. : J.F. Blais.

Couplage de procédés chimiques, biologiques, électrochimiques et membranaires à la décontamination et au traitement de rejets industriels et urbains

Le présent projet vise à combiner l'expertise des membres de l'équipe pour l'exploration de nouveaux concepts de procédés voués à des fins environnementales. Un premier projet visera à étudier l'applicabilité et le potentiel d'un procédé électrolytique, en substitution et/ou en complément à des oxydants chimiques déjà employés, dans un procédé chimique permettant la stabilisation microbiologique de boues d'épuration municipales et industrielles et l'amélioration de la déshydratabilité de ces rejets. Un deuxième projet sera consacré à l'évaluation de la performance de procédés membranaires, de type nanofiltration, pour la récupération de métaux toxiques solubilisés à partir de divers types d'effluents acides générés lors de la décontamination chimique de sols, de boues d'épuration, ainsi que de cendres volantes. La réutilisation des effluents traités sera également étudiée, afin de diminuer les volumes des effluents et d'améliorer la performance des procédés de décontamination. Un troisième projet portera sur l'étude, à l'échelle laboratoire et pilote, de nouveaux procédés de décontamination de sols contaminés en métaux, combinant l'extraction des métaux par l'utilisation d'acides, d'agents chélatants et de fortes concentrations de chlorure de sodium, ainsi que la lixiviation microbienne. La récupération des métaux extraits sera évaluée par diverses techniques, dont les procédés membranaires. Le recyclage des lixiviats sera examiné afin de recycler au maximum les agents chélatants et le chlorure de sodium et ce, afin de réduire les coûts de décontamination des sols. Enfin, un quatrième projet sera dédié à l'étude de l'utilisation conjointe de procédés chimiques (lessivages et précipitations sélectifs) et de la lixiviation microbienne, pour la récupération et la réutilisation du chrome trivalent présent dans les boues de tanneries. L'emploi de procédés membranaires sera aussi exploré pour la récupération et la concentration du chrome/FCAR - soutien aux équipes de recherche/ Coll. : J.-F. Blais, R. Hausler (UQAM), R. Lebrun (UQTR), B. Côté (COREM) P. Drogui, G. Mercier.

Jean-Pierre VILLENEUVE,
professeur

Hydrologie

Développement du cadre d'application de GIBSI pour le calcul des objectifs environnementaux de rejets diffus en milieu agricole (GIBSI-II)

Les objectifs visés par ce projet sont d'ordre environnemental, scientifique, technologique et économique. Au niveau environnemental, le projet concourra à la réduction des pertes diffuses en phosphore et en azote liées à la production de ruissellement et d'écoulement superficiel sur le territoire agricole. Au niveau scientifique, ce projet conduira au développement d'un cadre d'application de GIBSI (Gestion intégrée de l'eau par bassin-versant à l'aide d'un système informatisé) pour le calcul d'objectifs environnementaux de rejets (OER) diffus en milieu agricole à privilégier à l'aide d'une analyse coûts-avantages. Sur le plan technologique, ce projet permettra d'améliorer la version actuelle de GIBSI et de calculer une probabilité moyenne de dépassement d'un OER basée sur des régimes hydrauliques simulés à partir de plusieurs séries météorologiques annuelles. Au niveau économique, le projet permettra de confronter différents scénarios d'intervention de contrôle de la pollution diffuse agricole et d'identifier le scénario optimal en terme de coûts et d'efficacité/ Environnement Québec/ Coll. : A. Mailhot, A.N. Rousseau, C. Blanchette, M. Roux, S. Tremblay, E. Salvano, BPR-CSO.

Analyse de fiabilité des résultats de simulations et protocole de calage du système GIBSI

Ce projet PARDE a pour objectifs : i) d'identifier les sources importantes d'incertitude des différents modèles composant le système intégré GIBSI (Gestion intégrée de l'eau par bassin-versant à l'aide d'un système informatisé); ii) de générer les distributions liées aux différentes variables simulées en divers points du réseau hydrographique; et iii) de faire des recommandations pour la mise en place et le calage des différents modèles de GIBSI/ Environnement Québec/ Coll. : A. Le Page, A. Mailhot, A.N. Rousseau, J. Dupont.

Modèles mathématiques appliqués

Les travaux proposés répondent aux préoccupations actuelles concernant les besoins de modélisation et de simulation liés au suivi et au transport des polluants en bassin-versant, à l'évolution de l'état des infrastructures urbaines et au contrôle des débordements de réseau d'égout par temps de pluie. Ils ont pour objectif le développement d'outils et d'approches permettant une utilisation optimale des ressources actuellement disponibles, tout en assurant la protection de l'environnement. Les travaux antérieurs ont porté sur le développement d'un outil d'analyse et de simulation de la pollution à l'échelle du bassin-versant, sur l'analyse du pouvoir prédictif des modèles et sur le développement d'un modèle de contrôle en temps réel des débordements de réseau d'égout par temps de pluie. Les travaux prévus permettront de compléter le développement de l'outil de gestion par bassin, qui se présente sous forme d'un logiciel que le gestionnaire peut utiliser pour comparer sur une base quantitative les impacts, à l'échelle du bassin-versant, de divers types d'aménagements. Les travaux prévus portent aussi sur le développement d'une approche intégrée de gestion en bassin urbain où la qualité des eaux déversées au milieu récepteur est prise en compte. Enfin, des travaux ont été entrepris afin de développer une modélisation permettant de prédire l'évolution de l'état structural des infrastructures d'aqueduc et d'égout/ CRSNG - Dépenses courantes/ Coll. : A. Mailhot, A.N. Rousseau, C. Blanchette.

Simulateurs d'écoulements en réseau

Ce projet consiste à développer deux simulateurs rapides du fonctionnement hydrologique et hydraulique des réseaux en temps de pluie : le simulateur hydrologique doit transformer la pluie en débit pour divers types de bassins-versants urbains; le simulateur hydraulique doit calculer la propagation des flux dans un tronçon ou un ensemble de tronçons de conduites d'égouts, en tenant compte des écoulements en charge et des régimes transitoires entre l'écoulement en surface libre et l'écoulement en charge et vice-versa. Ces outils informatiques seront intégrés dans un ensemble portant sur le diagnostic, la conception des ouvrages et la supervision du fonctionnement des réseaux en temps de pluie/

CEGEO/ Coll. : S. Duchesne, A. Mailhot, C. Blanchette.

Approvisionnement en eau potable de sept localités de la Côte-Nord

Ce projet vise à : i) évaluer comment répondre à la demande régionale en eau potable (qualité et quantité); ii) évaluer comment satisfaire aux nouvelles normes en matière d'eau potable; iii) examiner les scénarios permettant de tirer un meilleur parti des sources d'alimentation actuelle et prévue; et iv) suggérer des solutions adaptées au contexte de ces municipalités qui permettent de produire une eau potable répondant aux nouvelles normes et dont les coûts de mise en place et d'opération soit, le plus possible, conforme à la réalité socio-économique du milieu/ MAM/ Coll. : A. Mailhot.

Étude d'avant-projet sur les processus d'étiage et de recharge sur les grands bassins du sud québécois

Cette étude d'avant-projet correspond à une étude de faisabilité proprement dite. Dans ce contexte, les tâches réalisées permettent de détailler davantage la méthodologie de travail proposée qui s'articule autour des trois volets suivants : i) caractérisation des étiages; ii) dynamique de l'écoulement souterrain; et iii) modélisation et couplage hydrologique et hydrogéologique. Les tâches à réaliser pour cette étude s'inscrivent essentiellement sous trois activités : identification des partenaires et usagers, inventaire des données disponibles et synthèse des connaissances actuelles. Ces tâches permettront, en bout de ligne, de définir un sous-bassin pilote ainsi que les échelles spatiale et temporelle de modélisation. Le projet en soi vise à améliorer la connaissance des processus hydrologiques et hydrogéologiques responsables des étiages dans les bassins versants du Sud du Québec. Le développement d'outils de modélisation résultant de ces travaux permettra, éventuellement, de simuler divers scénarios de gestion des eaux et du territoire/ IREQ, Centre d'expertise Hydrique du Québec (CEHQ), UQAM, CGC/ Coll. : A.N. Rousseau, M. Slivitzky, J.-P. Fortin, R. Lefebvre, R. Turcotte (CEHQ), Y. Michaud (CGC), M. Larocque (UQAM).

Étude d'avant-projet sur l'analyse des apports saisonniers et annuels de systèmes hydriques nordiques

Cette étude d'avant-projet correspond à une étude de faisabilité proprement dite. Dans ce contexte, les tâches réalisées permettent de détailler davantage la méthodologie de travail proposée, qui s'articule autour des trois volets suivants : i) caractérisation du contexte climatique; ii) préparation des données physiographiques; et iii) modélisation hydrologique des milieux humides et des lacs. Les tâches à réaliser pour cette étude s'inscrivent essentiellement sous deux activités : inventaire des données disponibles, et synthèse des connaissances actuelles. Ces tâches permettront, en bout de ligne, de définir un sous-bassin pilote ainsi que les échelles spatiale et temporelle de modélisation. Le projet en soi vise à produire une version améliorée du modèle HYDROTEL adaptée aux systèmes nordiques québécois, c'est-à-dire avec une attention particulière sur la modélisation des processus hydrologiques des lacs et des terres humides. Ces travaux contribueront à améliorer l'analyse des apports saisonniers et annuels des systèmes hydriques nordiques/ IREQ, CEHQ/ Coll. : A.N. Rousseau, M. Slivitzky, J.-P. Fortin, R. Lefebvre, R. Turcotte (CEHQ), V. Fortin (IREQ).

5. PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Brevets

Mercier, G., Chartier, M., Roberge, G. et Sauvageau, C. 31 décembre 2002. "Method for removing metals from air pollution control residues." Institut national de la recherche scientifique. États-Unis brevet, US 6,500,395.

Mercier, G., Chartier, M., Roberge, G. et Sauvageau, C. 31 décembre 2002. "Method for removing metals from air pollution control residues." Institut national de la recherche scientifique. Canada brevet, CA 2282884.

Tyagi, R. D., Jain, D. K. et Couillard, D. 17 septembre 2002. "Bacterial leaching process." Institut National de la Recherche Scientifique. États-Unis brevet, US 659, 723.

Tyagi, R. D., Jain, D. K. et Couillard, D. 17 septembre 2002. "Bacterial leaching process." Institut National de la Recherche Scientifique. International brevet, WO1992/ 014682.

Tyagi, R. D., Jain, D. K. et Couillard, D. 17 septembre 2002. "Bacterial leaching process and composition." Institut National de la Recherche Scientifique. États-Unis brevet, US 5,517,615.

Tyagi, R. D., Jain, D. K. et Couillard, D. 17 septembre 2002. "Procédé de lixiviation bactérienne/ Bacterial leaching process." Institut National de la Recherche Scientifique. Canada brevet, CA 2104865.

Articles publiés dans des revues scientifiques

Aduayom, I., Campbell, P. G. C., Denizeau, F. et Jumarie, C. (2003). Different transport mechanisms for cadmium and mercury in Caco-2 cells inhibition of Cd uptake by Hg without evidence for reciprocal effects. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 189:56-67.

Alfaro de la Torre, C. et Tessier, A. (2002). Cadmium deposition and mobility in the sediments of an acidic oligotrophic lake. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66 (20): 3549-3562.

Ballay, D., Bobée, B., Erb, F., Florent, P., Seux, R., Tessier, D. et Villeneuve, J. P. (2002). Un colloque sur la pluridisciplinarité dans les problèmes d'environnement: quelques enseignements et orientation pour l'avenir. *Rev. Sci. Eau*, 15 (spécial): 5-8.

Beauchemin, S., Simard, R. R., Bolinder, M. A., Nolin, M. C. et Cluis, D. (2003). Prediction of phosphorus concentration in tile-drainage water from the Montreal Lowlands soils. *Can. J. Soil Sci.*, 83 (1): 73-87.

Ben Rebah, F., Prévost, D. et Tyagi, R. D. (2002). Growth of Alfalfa in Sludge-Amended Soils and Inoculated with Rhizobia Produced in Sludge. *J. Environ. Qual.*, 31 (4): 1339-1348.

Ben Rebah, F., Tyagi, R. D. et Prévost, D. (2002). Production of *S. meliloti* using wastewater sludge as a raw material: Effect of nutrient addition and pH control. *Environ. Technol.*, 23 (6): 623-629.

Ben Rebah, F., Tyagi, R. D. et Prévost, D. (2002). Wastewater sludge as a substrate for growth and carrier for rhizobia: the effect of storage conditions on survival of *Sinorhizobium meliloti*. *Bioresource Technology*, 83 (2): 145-151.

Ben Rebah, F., Tyagi, R. D., Prévost, D. et Surampalli, R. Y. (2002). Wastewater sludge as a new medium for rhizobial growth. *Water Qual. Res. J. Can.*, 37 (2): 353-370.

Bernier, M., Ghedira, H., Gauthier, Y., Magagi, R., Fillion, R., De Sève, D., Ouarda, T. B. M. J. et Villeneuve, J. P. (2003). Détection et classification de tourbières ombrotrophes du Québec à partir d'images RADARSAT-1. *Can. J. Remote Sens. / J. Can. Télédétection*, 29 (1): 88-98.

Blais, J. F., Mercier, G. et Durand, A. (2002). Lead and zinc recovery by adsorption on peat moss during municipal incinerator used lime decontamination. *Environ. Technol.*, 23 (5): 515-524.

- Blais, J. F., Salvano, E., Hammy, F. et Mercier, G. (2002). Comparaison de divers adsorbants naturels pour la récupération du plomb lors de la décontamination de chaux usées d'incinérateur de déchets municipaux. *J. Environ. Eng. Sci.*, 1 (4): 265-273.
- Blais, J. F., Shen, S. B., Meunier, N. et Tyagi, R. D. (2002). Comparaison of different natural adsorbents for metal removal from acidic effluent. *Environ. Technol.*, 24 : 205-215.
- Blein, O., Richer-Lafèche, M. et Corriveau, L. (2003). Geochemistry of the granulitic Bondy gneiss complex : a 1.4 Ga arc in the Central Metasedimentary Belt, Grenville Province, Canada. *Precambrian Research*, 120 : 193-217.
- Campbell, P. G. C., Errecalde, O., Fortin, C., Hiriart-Baer, V. P. et Vigneault, B. (2002). Metal bioavailability to phytoplankton: applicability of the biotic ligand model. *Comp. Biochem. Physiol. C*, 133 (1-2): 189-206.
- Carignan, R., Tessier, A. et Rancourt, L. (2003). Metal deposition chronologies in Boreal Shield Lakes: distinguishing anthropogenic signals from diagenetic effects. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, 9 (4): 767-777.
- Croteau, M. N., Hare, L., Campbell, P. G. C. et Couillard, Y. (2002). Metallothionein-like metal-binding protein in the biomonitor *Chaoborus*; occurrence and relationship to ambient metal concentrations in lakes. *Environ. Toxicol. Chem.*, 21 (4): 737-741.
- Croteau, M. N., Hare, L. et Tessier, A. (2002). Increases in food web cadmium following reductions in atmospheric inputs to some lakes. *Environ. Sci. Technol.*, 36 (14): 3079-3082.
- Désy, J. C., Amyot, M., Pinel-Alloul, B. et Campbell, P. G. C. (2002). Relating cadmium concentrations in three macrophyte-associated freshwater invertebrates to those in macrophytes, water and sediments. *Environ. Pollut.*, 120 (3): 759-769.
- Duchemin, M. et Lachance, M. (2002). Analyse de sensibilité du modèle d'érosion MODÉROSS. *Rev. Sci. Eau*, 15 (4): 789-807.
- Duchemin, M., Mabit, L., Lachance, M., Bernard, C., Morin, G., Lagacé, R. et Laverdière, M. R. (2002). Évaluation du bilan sédimentaire d'un petit bassin versant agricole à l'aide du modèle CEQÉROSS et des mesures au Césium-137. *Agrosol*, 13 (1): 23-34.
- Duchesne, M. J., Long, B. F., Urgeles, R. et Locat, J. (2003). New evidence of slope instability in the Outardes Bay delta area, Quebec, Canada. *Geo-Marine Lett.*, 22 (4): 233-242.
- Duchesne, S., Mailhot, A. et Villeneuve, J. P. (2003). Predictive real time control of surcharged interceptors: impact of several control parameters. *J. Am. Water Resour. Ass.*, 39 (1): 125-135.
- Faucher, D., Rasmussen, P. F. et Bobée, B. (2002). Estimation non paramétrique des quantiles de crue par la méthode des noaux. *Rev. Sci. Eau*, 15 (2): 515-541.
- Favre, A. C., Musy, A. et Morgenthaler, S. (2002). Two-site modeling of rainfall based on the Neyman-Scott process - art. no. 1307. *Water Resources Res.*, 38 (12): 43.1-43.7.
- Filali Meknassi, M. Y. et Tyagi, R. D. (2002). Recent advances in the removal of CNP in activated sludge process: an overview. *Recent Adv. Water Res.*, 2 : 45-63.
- Fiset, J. F., Tyagi, R. D. et Blais, J. F. (2002). Cocoa shells as adsorbent for metal recovery from acid effluent. *Water Qual. Res. J. Can.*, 37 (2): 379-388.
- Gagné, F., Blaise, C., Aoyama, I., Luo, R., Gagnon, C., Couillard, Y., Campbell, P. G. C. et Salazar, M. (2002). Biomarker study of a municipal effluent dispersion plume in two species of freshwater mussels. *Environ. Toxicol.*, 17 (3): 149-159.
- Gagné, F., Blaise, C., Aoyama, I., Luo, R., Gagnon, C., Couillard, Y., Campbell, P. G. C. et Salazar, M. (2002). Biomarker study of a municipal effluent dispersion plume in two species in freshwater mussels. *Environ. Toxicol.*, 17 (3): 149-159.

- Gangbazo, G., Cluis, D. et Buon, E. (2003). Comportement de l'azote dans une rivière drainant un bassin versant agricole excessivement fertilisé. *Vecteur Environ.*, 36 (1): 58-66.
- Gangbazo, G., Cluis, D. et Buon, E. (2002). Transport des sédiments en suspension et du phosphore dans un bassin versant agricole. *Vecteur Environ.*, 35 (1): 44-53.
- Gratton, Y. (2002). Le krigeage: la méthode optimale d'interpolation spatiale. *Les articles de l'Institut d'Analyse Géographique*. http://www.iag.asso.fr/articles/krigeage_juillet2002.htm.
- Haché, M., Ouarda, T. B. M. J., Bruneau, P. et Bobée, B. (2002). Regional estimation by canonical correlation analysis: Comparison of types of hydrological variables. *Can. J Civil Eng.*, 29 (6): 899-910.
- Heniche, M., Secretan, Y., Boudreau, P. et Leclerc, M. (2002). Dynamic tracking of flow boundaries in rivers with respect to discharge. *J. Hydraul. Res.*, 40 (5): 589-602.
- Hingray, B., Monbaron, E., Jarrar, I., Favre, A. C., Consuegra, D. et Musy, A. (2002). Stochastic generation and disaggregation of hourly rainfall series for continuous hydrological modelling and flood control reservoir design. *Water Sci. Technol.*, 45 (2): 113-119.
- Houle, D., Duchesne, L., Moore, J.-D., Richer Laflèche, M. et Ouimet, R. (2002). Soil and Tree-Ring Chemistry Response to Liming in a Sugar Maple Stand. *J. Environ. Qual.*, 31 : 1993-2000.
- Ingram, R. G., Bâcle, J., Barber, D., Gratton, Y. et Melling, H. (2002). An overview of physical processes in the North Water. *Deep-Sea Res. II*, 49 (22-23): 4893-4906.
- Javelle, P., Ouarda, T. B. M. J., Lang, M., Bobée, B., Galéa, G. et Grésillon, J.-M. (2002). Development of regional flood-duration-frequency curves based on the index-flood method. *J. Hydrol.*, 258 (1-4): 249-259.
- Klein, B., Leblanc, B., Mei, Z. P. et al. (2002). Phytoplankton biomass, production and potential export in the North Water. *Deep-Sea Res. II*, 49 (22-23): 4983-5002.
- Lagacé, C., Bernier, M. et Gauthier, Y. (2002). Cartographie du gel saisonnier du sol en zone de taïga à partir d'images RSO de RADARSAT-1 et SSM/I de DMSP F-8. *Téledétection*, 2 (3): 161-175.
- Lalonde, J. D., Amyot, M., Doyon, M.-R. et Auclair, J. C. (2003). Photo-induced Hg(II) reduction in snow from the remote and temperate Experimental Lakes Area (Ontario, Canada). *J. Geophys. Res.*, 108 (D6): 1-8.
- Lalonde, J. D., Poulain, A. J. et Amyot, M. (2002). The role of mercury redox reactions in snow on snow-to-air mercury transfer. *Environ. Sci. Technol.*, 36 (2): 174-178.
- Larocque, M., Banton, O., Gagnon, J. et Camiré, C. (2002). Using models to manage soil inorganic nitrogen in forest tree nurseries. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66 (2): 602-612.
- Larocque, M., Patoine, M., Banton, O., Rousseau, A. N. et Lafrance, P. (2002). Quantification des pertes en phosphore en milieu agricole - outil LoPhos. *Vecteur Environ.*, 35 (5): 48-56.
- Latraverse, M., Rasmussen, P. F. et Bobée, B. (2002). Regional estimation of flood quantiles: Parametric versus nonparametric regression models. *Water Resour. Res.*, 38 (6): 1-11.
- Laurion, I., Blouin, F. et Roy, S. (2003). The quantitative filter technique for measuring phytoplankton absorption: Interference by MAAs in the UV waveband. *Limnol. Oceanogr. Methods*, 1:1-9.
- Laurion, I., Lami, A. et Sommaruga, R. (2002). Distribution of mycosporine-like amino acids and photoprotective carotenoids among freshwater phytoplankton assemblages. *Aquat. Microb. Ecol.*, 26 : 283-294.
- Lavoie, D., Malo, M. et Tremblay, A. (2003). The Cambrian-Ordovician successions along the ancient continental margin of Laurentia - recent advances. *Can. J Earth Sci.*, 40 (2): 131-133.

- Lévesque, H. M., Dorval, J., Hontela, A., Van Der Kraak, G. J. et Campbell, P. G. C. (2003). Hormonal, Morphological, and Physiological Responses of Yellow Perch (*Perca flavescens*) to Chronic Environmental Metal Exposures. *J. Toxicol. Environ. Health Part A*, 66 : 657-676.
- Lévesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. C. et Hontela, A. (2002). Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquat. Toxicol.*, 60 (3-4): 257-267.
- Magagi, R. et Bernier, M. (2003). Optimal conditions for wet snow detection using RADARSAT SAR data. *Remote Sens. Environ.*, 84 (2): 221-233.
- Magagi, R., Bernier, M. et Bouchard, M. C. (2002). Use of ground observations to simulate the seasonal changes in the backscattering coefficient of the subarctic forest. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40 (2): 281-297.
- Magagi, R., Bernier, M. et Ung, C. H. (2002). Quantitative analysis of RADARSAT SAR data over a sparse forest canopy. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40 (6): 1301-1313.
- Mailhot, A., Poulin, A. et Villeneuve, J. P. (2003). Optimal replacement of water pipes - art. no. 1136. *Water Resour. Res.*, 39 (5): 2.1-2.14.
- Mailhot, A., Rousseau, A. N., Salvano, E., Turcotte, R. et Villeneuve, J.-P. (2002). Évaluation de l'impact de l'assainissement urbain sur la qualité des eaux du bassin versant de la rivière Chaudière à l'aide du système de modélisation intégrée GIBSI. *Rev. Sci. Eau*, 15 (spécial): 149-172.
- Mailhot, A. et Villeneuve, J. P. (2003). Mean-value second-order uncertainty analysis method: application to water quality modelling. *Adv. Water Resour.*, 26 (5): 491-499.
- Mei, Z. P., Legendre, L., Gratton, Y. et al. (2002). Physical control of spring-summer phytoplankton dynamics in the North Water, April-July 1998. *Deep-Sea Res. II*, 49 (22-23): 4959-4982.
- Mercier, G., Blais, J. F., Hammy, F., Lounès, M. et Sasseville, J. L. (2002). A decontamination process to remove metals and stabilise Montreal sewage sludge. *Sci. World J.*, 2 : 1121-1126.
- Mercier, G., Duchesne, J. et Blackburn, D. (2002). Mineral Processing Technology Followed by Chemical Leaching to Remove Mobile Metals from Contaminated Soils. *Wat. Air and Soil Pollut.*, 135 (1-4): 105-130.
- Mercier, G., Duchesne, J. et Carles-Gibergues, A. (2002). Mise au point d'un test in vitro simulant le suc gastrique pour dépister les sols contaminés par le plomb, le cuivre, l'étain et le zinc. *Environ. Technol.*, 23 : 121-133.
- Mercier, G., Duchesne, J. et Carles-Gibergues, A. (2002). A fast and simple screening test to detect lead polluted soils. *Environ. Pollut.*, 118 (3): 285-296.
- Mermillod-Blondin, F., Marie, S., Desrosiers, G., Long, B., de Montety, L., Michaud, E. et Stora, G. (2003). Assessment of the spatial variability of intertidal benthic communities by axial tomodesitometry: importance of fine-scale heterogeneity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 287 : 193-208.
- Meunier, N., Blais, J. F., Lounès, M., Tyagi, R. D. et Sasseville, J. L. (2002). Different options for metal recovery after sludge decontamination at the Montreal Urban Community wastewater treatment plant. *Water Sci. Technol.*, 46 (10): 33-41.
- Meunier, N., Blais, J. F. et Tyagi, R. D. (2002). Selection of a natural sorbent to remove toxic metals from acidic leachate produced during soil decontamination. *Hydrometallurgy*, 67 (1-3): 19-30.
- Meunier, N., Blais, J. F. et Tyagi, R. D. (2003). Sélectivité des écailles de cacao pour l'enlèvement des métaux des effluents de décontamination de sols. *J. Environ. Eng. Sci.*, 2 (1): 1-8.
- Meunier, N., Haberman, M., Blais, J. F. et Tyagi, R. D. (2003). Utilisation et régénération des écailles de cacao pour la récupération du plomb dans les solutions acides. *J. Environ. Sci. Eng.* 2 (1): 9-16.

- Michaud, E., Desrosiers, G., Long, B. et al. (2003). Use of axial tomography to follow temporal changes of benthic communities in an unstable sedimentary environment (Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 285 : 265-282.
- Nemati, M. R., Caron, J., Banton, O. et Tardif, P. (2002). Determining air entry value in peat substrates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66 (2): 367-373.
- Paniconi, C., Marrocu, M., Putti, M. et Verbunt, M. (2003). Newtonian nudging for a Richards equation-based distributed hydrological model. *Adv. Water Resour.*, 26 (2): 161-178.
- Paquin, P. R., Gorsuch, J. W., Apte, S. et al. (2002). The biotic ligand model : a historical overview. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 133 : 3-35.
- Pelletier, G., Mailhot, A. et Villeneuve, J. P. (2003). Modeling water pipe breaks - three case studies. *J. Water Res. Plan. Manage. ASCE*, 129 (2): 115-123.
- Perceval, O., Pinel-Alloul, B., Méthot, G. et al. (2002). Cadmium accumulation and metallothionein synthesis in freshwater bivalves (*Pyganodon grandis*): relative influence of the metal exposure gradient versus limnological variability. *Environ. Pollut.*, 118 (1): 5-17.
- Picher, S., Drogui, P., Guay, R. et Blais, J. F. (2002). Wastewater sludge and pig manure used as culture media for bioleaching of metal sulphides. *Hydrometallurgy*, 65 (2-3): 177-186.
- Pincivy, A., Malo, M., Ruffet, G., Tremblay, A. et Sacks, P. E. (2003). Regional metamorphism of the Appalachian Humber zone of Gaspé Peninsula: Ar-40/Ar-39 evidence for crustal thickening during the Taconian orogeny. *Can. J. Earth Sci.*, 40 (2): 301-315.
- Rousseau, A. N., Mailhot, A., Gariépy, S., Salvano, E. et Villeneuve, J. P. (2002). Calcul de probabilités de dépassement d'objectifs environnementaux de rejet de sources ponctuelle et diffuse à l'aide du système de modélisation intégrée GIBSI. *Rev. Sci. Eau*, 15 (spécial): 121-148.
- Rousseau, A. N., Mailhot, A. et Villeneuve, J. P. (2002). Development of a risk-based TMDL assessment approach using the integrated modeling system GIBSI. *Water Sci. Technol.*, 45 (9): 317-324.
- Séjourné, S., Dietrich, J. R. et Malo, M. (2003). Seismic characterisation of the structural front of southern Quebec Appalachians. *Bull. Can. Petrol. Geol.*, 51 : 29-44.
- Shen, S. B., Tyagi, R. D., Blais, J. F. et Surampalli, R. Y. (2003). Laboratory pilot test of chromium (III) isolation from acid extract of tannery sludge. *Pract. Period. Hazard. Tox. Radioact. Waste Man.*, 7 (1): 59-65.
- Shen, S. B., Vidyarthi, A. S., Tyagi, R. D., Blais, J. F. et Surampalli, R. Y. (2002). Effect of Sulphur Concentration on Bioleaching of Cr(III) and Other Metals from Tannery Sludge by Indigenous Sulphur-Oxidizing Bacteria. *Pract. Period. Hazard. Tox. Radioact. Waste Man.*, 6 (4): 244-249.
- St-Hilaire, A., Courtenay, S. C., Dupont, F. et Boghen, A. D. (2002). Diet of White Perch (*Morone americana*) in the Richibucto Estuary (New Brunswick). *Northeast. Nat.*, 9 (3): 303-316.
- St-Hilaire, A., El-Jabi, N., Caissie, D. et Morin, G. (2003). Sensitivity analysis of a deterministic water temperature model to forest canopy and soil temperature in Catamaran Brook (New Brunswick, Canada). *Hydrol. Process.*, 17 (10): 2033-2047.
- St-Hilaire, A., Ouarda, T. B. M. J., Lachance, M. et al. (2003). Régionalisation des précipitations : une revue bibliographique des développements récents. *Rev. Sci. Eau*, 16 (1): 27-54.
- Tapsoba, D., Bobée, B., Lebarbe, L et Elguero, E. (2002). Quelques caractéristiques événementielles des régimes pluviométriques évenementielles des régimes pluviométriques ponctuels ouest-africains au cours de deux périodes climatologiques contrastées (1951-1970 et 1971-1990): Application de la loi composée Poisson/exponentielle (LCPE) ou du modèle de la loi des fuites (LDF) aux pluies journalières. *Sécheresse*, 2 (13): 95-103.

Tremblay, J. E., Gratton, Y., Carmack, E. C., Payne, C. D. et Price, N. M. (2002). Impact of the large-scale Arctic circulation and the North Water Polynya on nutrient inventories in Baffin Bay. Art No. 3112, *J. Geophys. Res.*, 107 (C8):26.1-26.14.

Tremblay, J. E., Gratton, Y., Fauchot, J. et Price, N. M. (2002). Climatic and oceanic forcing of new, net and diatom production in the North Water. *Deep-Sea Res. II*, 49 (22-23): 4927-4946.

Troch, P. A., Paniconi, C. et McLaughlin, D. (2003). Preface: Catchment-scale hydrological modeling and data assimilation. *Adv. Water Resour.*, 26 (2): 131-135.

Tyagi, R. D., Foko, V. S., Barnabé, S. et al. (2002). Simultaneous production of biopesticide and alkaline proteases by *Bacillus thuringiensis* using sewage sludge as a raw material. *Water Sci. Technol.*, 46 (10): 247-254.

Vidyarthi, A. S., Tyagi, R. D., Valéro, J. R. et Surampalli, R. Y. (2002). Studies on the production of *B. thuringiensis* based biopesticides using wastewater sludge as raw material. *Water Res.*, 36 : 4850-4860.

Yue, S., Ouarda, T. B. M. J., Bobée, B., Legendre, P. et Bruneau, P. (2002). Approach for describing statistical properties of flood hydrograph. *J. Hydrol. Eng. - ASCE*, 7 (2): 147-153.

Communications ou publications avec arbitrage

Achab, A. et Asselin, E. (2003). Chitinozoan biodiversity during the Ordovician and its relation to the evolution of Laurentian margin. *1st Joint Meeting, Northeastern Section - GSA, and Atlantic Geoscience Society*, paper 35-5. Halifax, Canada.

Achab, A., Paris, F., Nolvak, J., Asselin, E. et Verniers, J. (2002). Biodiversification of Ordovician Chitinozoans from Laurentia, Baltica and North Gondwana. *First International Palaeontological Congress*, pp. 3-4. Sydney, Australie.

Arel, N., Martel, R., Lefebvre, R., Thiboutot, S. et Ampleman, G. (2002). Energetic material transport in the vadose zone at the Arnhem anti-tank training range, CFB Valcartier, Canada. *Geological Society of America 2002 Annual Meeting and Exposition*, p. 530. Denver, USA.

Asselin, E., Lavoie, D., Achab, A. et Lauzière, K. (2002). Chitinozoan contributions for the synthesis project on the Appalachian foreland and platform architecture of eastern Canada. *Palaeozoic Palynology in the Third Millennium: New Directions in Acritarch, Chitinozoan and Miospore Research/ La palynologie du Paléozoïque au troisième millénaire: Nouvelles directions dans la recherche des acritarches, des chitinozoaires et des miospores. General CIMP Meeting*, p. 8. Lille, France. Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque (CIMP).

Banton, O., Lafrance, P. et St-Pierre, S. (2002). Peut-on transposer d'un climat à l'autre les paramètres de modélisation du transfert des phytosanitaires? Dans: *2e Colloque du Groupe Marocain de Recherche pour l'Environnement et 32e Congrès du Groupe Français des Pesticides*. Marrakech, Maroc.

Baudu, M., Guibaud, G., Herry, C. et Lafrance, P. (2002). Estimation de l'influence d'éléments de structure de charbons actifs sur les composantes énergétiques de l'adsorption. Dans: *18e Congrès de l'Est de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau*. Montréal, Canada.

Beausoleil, C., Malo, M., Morin, C., Laliberté, J. Y. et Brisebois, D. (2002). Contrasting Taconian and Acadian structural styles along the new geophysical seismic reflection profiles in western Gaspé Appalachians, Matapedia Valley. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 67. Calgary, Canada.

Ben Rebah, F., Filali Meknassi, M. Y., Tyagi, R. D. et Prévost, D. (2002). L'efficacité symbiotique des inoculants à base de boue sur la luzerne cultivée dans des sols amendés. Dans: *18^e Congrès de l'Est du Canada de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau (ACQE)*. Montréal, Canada.

- Bergeron, M., Blackburn, D., Fournier, P. et Wilhelmy, J. F. (2002). Technologies de décontamination de sols affectés par des contaminants métalliques et organiques. Dans: *Salon des technologies environnementales du Québec*, pp. 101-109. Québec, Canada.
- Bernier, M., Fortin, J. P., Gauthier, Y., Corbane, C., Somma, J. et Dedieu, J. P. (2002). Estimation de la distribution spatiale du couvert nival et de son équivalent en eau à l'aide d'images VEGETATION et RADARSAT en vue d'une meilleure estimation des ressources en eau par le modèle hydrologique HYDROTEL. *Comptes-rendus du Séminaire International Hydrologie Nivale en Méditerranée*. Beyrouth, Liban.
- Bertrand, R. et Malo, M. (2002). Source rocks and oil analysis, thermal maturation and hydrocarbon generation histories in the Siluro-Devonian rocks of the Gaspé Belt basin, Canada. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 69. Calgary, Canada.
- Bertrand, R., Chagnon, A., Malo, M., Lavoie, D. et Savard, M. (2002). Tectono-diagenetic evolution of the Saint-Flavien gas reservoir at the structural front of the Quebec Appalachians. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 70. Calgary, Canada.
- Bérubé, L., Gobeil, C. et Tessier, A. (2003). Historique de la déposition atmosphérique de Pt, Pd et Rh dans des lacs du Bouclier canadien. 7^e Colloque annuel du Chapitre St-Laurent de SETAC. Montréal, Canada.
- Bonneris, E., Giguère, A., Masson, S. et Campbell, P. G. C. (2003). Subcellular partitioning of essential and non-essential metals (Cd, Cu, Zn) and metallothionein levels in a freshwater mollusc, *Pyganodon grandis*, collected along a polymetallic environmental gradient. *12th International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Grenoble, France.
- Bonneris, E., Giguère, A., Masson, S., Campbell, P. G. C. et Hare, L. (2002). Subcellular partitioning of metals (Cd, Cu, Zn) and metallothionein levels in a freshwater mollusc. *23rd Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. Salt Lake City, USA.
- Boullemant, A., Vigneault, B. et Campbell, P. G. C. (2002). Effets des substances humiques aquatiques sur la biodisponibilité des complexes lipophiles de métaux pour le phytoplancton. *6^{ème} Colloque annuel du Chapitre St-Laurent*. Ste-Foy, Canada.
- Boutin, A., Lefebvre, R., Martel, R., Therrien, R., Parent, M. et Paradis, D. (2002). Hydrogeological mapping of a TCE plume in granular aquifer, Valcartier, Quebec, Canada. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.
- Boutin, A., Lefebvre, R., Martel, R., Therrien, R. et Parent, M. (2002). Hydrogeological mapping and numerical modeling of a TCE plume in granular aquifer, Valcartier, Quebec, Canada. *Geological Society of America 2002 Annual Meeting and Exposition*, p. 530. Denver, USA.
- Chaperon, S., Olsen, C., Masson, S., Campbell, P. G. C. et Martel, L. (2003). Spéciation et biodisponibilité potentielle de métaux (Cd, Zn, Ni, Cu) en rivière: influence de variables physico-chimiques. *7^{ème} Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Comeau, F. A., Kirkwood, D. et Malo, M. (2002). Structure and stratigraphy of the parautochthonous zone of the Taconian Appalachians in the Quebec City area. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 99. Calgary, Canada.
- Cooper, S., Campbell, P. G. C. et Hare, L. (2003). Importance relative de l'eau et de la nourriture comme vecteurs d'accumulation des métaux chez *Pyganodon grandis*. *7^{ème} Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.

- Corbane, C., Somma, J., Bernier, M., Fortin, J. P., Dedieu, J. P. et Gauthier, Y. (2002). Potentiel des images RADARSAT-1 pour une estimation de l'Équivalent en eau du couvert nival en Montagne Libanaise. *Comptes-rendus du Séminaire International Hydrologie Nivale en Méditerranée*. Beyrouth, Liban.
- Côté, G. et Campbell, P. G. C. (2002). Étude des interactions entre l'aluminium et l'algue verte *Chlorella pyrenoidosa* dans des systèmes contenant des fluorures (bioaccumulation et toxicité). *6ème Colloque annuel du Chapitre St-Laurent*. Ste-Foy, Canada.
- Croisetière, L., Hare, L. et Tessier, A. (2003). Un outil pour le suivi des métaux traces sédimentaires en milieu lacustre. *7ème Colloque annuel du Chapitre St-Laurent de SETAC*. Montréal, Canada.
- Croteau, M. N., Hare, L. et Tessier, A. (2003). Increases in food-web cadmium following reductions in atmospheric inputs to some lakes. *Canadian Conference for Fisheries Research / Society of Canadian Limnologist 2003 Annual meeting*. Ottawa, Canada.
- Duchemin, M., Lafrance, P. et Bernard, C. (2002). Mesures en parcelles de l'efficacité des bandes enherbées à réduire la pollution diffuse d'origine agricole. Dans: *Symposium 2002 : Lake Champlain in the New Millenium*. St-Jean-sur Richelieu, Canada.
- Duchemin, M., Mabit, L., Lachance, M., Bernard, C., Morin, G., Lagacé, R. et Laverdière, M. R. (2002). Modélisation du bilan sédimentaire d'un petit bassin versant agricole à l'aide de CEQÉROSS et du Césium-137. Dans: *16^{ième} congrès de l'AQSSS: Les écosystèmes agricole et forestier du pré-nord*. Normandin, Canada.
- Dufresne, G., Tyagi, R. D. et Prévost, D. (2002). Valorisation de matières résiduelles pour la production de biofertilisants à base de *Rhizobium*. *18^e Congrès de l'Est du Canada de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau (ACQE)*. Montréal, Canada.
- Filali Meknassi, M. Y., Ben Rebah, F., Yezza, A., Tyagi, R. D. et Surampalli, R. Y. (2002). Traitement des eaux usées combiné à la production des produits à valeur ajoutée. *18^e Congrès de l'Est du Canada de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau (ACQE)*. Montréal, Canada.
- Filali Meknassi, M. Y., Tyagi, R. D., Tremblay, A. et Surampalli, R. Y. (2002). Carbon nitrogen and phosphorus removal from highly loaded wastewaters in a sequencing batch reactor: comparative performance. Dans: *Proc. of the International conference: Water and Wastewater Perspectives of Developing Countries*, R. Devi et N. Ashan, (Eds), pp. 1015-1022. New Delhi, Inde.
- Fortin, C., Couillard, Y., Vigneault, B. et Campbell, P. G. C. (2002). Free Cd, Cu and Zn concentrations in Canadian shield lakes as determined by combined *in situ* dialysis and column equilibration ion-exchange. *Summer Meeting, Interdisciplinary Linkages in Aquatic Sciences and Beyond, American Society Limnology and Oceanography*. Victoria, Canada.
- Gabet, S., Bordas, F. et Lafrance, P. (2002). Effect of rhamnolipids on the water solubilization and the mobilization of PAHs from contaminated soil. Dans: *3rd European Meeting on Environmental Chemistry*. Genève, Suisse.
- Gabet, S., Bordas, F. et Lafrance, P. (2003). Effect of the contamination rate on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) remobilization by a natural biosurfactant. Dans: *2nd. Int. Conf. of the Working Group: Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA) of the Int. Union of Soil Sci.* Nancy, France.
- Gabet, S., Bordas, F. et Lafrance, P. (2002). Interactions between a biosurfactant and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) during a physico-chemical treatment of a contaminated soil. *18ème Congrès de l'Est de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau*. Montréal, Canada.

- Gabet, S., Bordas, F., Lafrance, P. et Villemur, R. (2002). Remobilisation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en colonnes de sol par un tensioactif biologique. Dans: *7e Journées Nationales de l'Étude des Sols, Assoc. française pour l'étude des sols (AFES)*. Orléans, France.
- Gallon, C., Gobeil, C., Tessier, A. et Carignan, R. (2003). Stable isotope and PAHs as indicators of lead contamination sources in a lake of the Rouyn-Noranda area. *XIIth Intern. Conf. on Heavy Metals in the Environment*. Grenoble, France.
- Garnier-Laplace, J., Fortin, C., Adam, C., Simon, O. et Denison, F. (2002). Chronic radionuclide low dose exposure for non-human biota: challenges in establishing links between speciation in the exposure sources, bioaccumulation and biological effects. Dans: *Proceedings of the Third International Symposium on the Protection of the Environment from Ionising Radiation (SPEIR 3)*. Darwin, Australie.
- Germain, D. et Tassé, N. (2003). Treatment of Acid Mine Effluents Using a Wood-Waste Cover. Dans: *Sudbury 03: Mining and the environment III*. Sudbury, Canada.
- Germain, D., Tassé, N. et Cyr, J. (2003). Treatment of acid mine effluents using a wood-waste cover. *Sudbury '03: Mining and the environment III*. Sudbury, Canada.
- Malo, M., Duchaine, Y., Leavy, D. et Gidon, M. (2002). Structural geology of the Saint-Flavien natural gas reservoir in the Quebec Appalachians fold-thrust belt: Analogy with the Chartreuse Massif, French Alps. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 220. Calgary, Canada.
- Gervais, F., Nadeau, L. et Malo, M. (2002). Structural evolution of gneissic domes in the footwall of the Wakeham Group, eastern Grenville Province. Dans: *Geological Society of America NE meeting, Abstracts with programs*. Grenville.
- Gervais, F., Nadeau, L. et Malo, M. (2002). Mesoproterozoic solid-state diapirism and basin sinking in the Eastern Grenville Province. *Denver 2002, Geological society of America*.
- Giguère, A., Campbell, P. G. C. et Hare, L. (2002). Subcellular partitioning of metals in indigenous yellow perch collected along a polymetallic gradient. *Chapitre Saint-Laurent du SETAC*. Québec, Canada.
- Gilbin, R., Fortin, C., Adam, C., Pradines, C., Florian, M., Sabatier, S. et Garnier-Laplace, J. (2003). Uranium chronic toxicity for a green algae: bioavailability, cellular distribution and relevant toxicity endpoints. *13ème Congrès Européen SETAC*. Hambourg, Allemagne.
- Gingras, H., Ouarda, T. B. M. J., Kouider, A., Gingras, H., Chokmani, K., Bobée, B. et Bernier, M. (2002). Cartographie des crues au Québec. Dans: *XXIIIe Colloque annuel du Centre d'Études Nordiques*. Québec, Canada.
- Gosselin, A., Hare, L. et Tessier, A. (2002). Exposition aux métaux traces et toxicité chez deux larves d'insectes aquatiques: rôle du comportement. *Chapitre St-Laurent SETAC*. Québec, Canada.
- Gosselin, A., Hare, L. et Tessier, A. (2002). Effects of sedimentary cadmium on the burrowing behavior of an aquatic insect. *23ème Conférence SETAC*. Salt Lake City, USA.
- Houénou, P. V., Banton, O. et Lafrance, P. (2003). Approches écosystèmes et santé humaine: expérience d'un projet de recherche à Buyo (Côte d'Ivoire). *Forum international sur les approches Écosystèmes et santé humaine. CRDI*. Montréal, Canada.
- Houénou, Y., Agbo, Y. M. T., Ouatarra, S. K., Koffi Mian, M. D., Trouvé, V., Traoré, K., Ibo, J. G., Houénou, P. V., Banton, O. et Lafrance, P. (2003). Évaluation de l'exposition humaine aux pesticides dans la région de Buyo (Côte d'Ivoire). *Forum international sur les approches Écosystèmes et santé humaine. CRDI*. Montréal, Canada.

- Kraemer, L. et Campbell, P. G. C. (2003). Cadmium accumulation and subcellular partitioning in transplanted juvenile yellow perch (*Perca flavescens*). *42nd Annual Meeting, Canadian Society of Zoologists*. Waterloo, Canada.
- Kraemer, L., Campbell, P. G. C. et Hare, L. (2002). A field study examining the uptake of metals in yellow perch (*Perca flavescens*). *23rd Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. Salt Lake City, USA.
- Lafrance, P., Guibaud, G., Duchemin, M., St-Pierre, S. et Pelletier, G. (2002). Limitation des pertes d'herbicides par ruissellement à l'aide de bandes enherbées: importance des premiers événements pluviaux suivant la pulvérisation à l'échelle de la parcelle. Dans: *16e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol*. Normandin, Canada.
- Lafrance, P., Guibaud, G., Duchemin, M., St-Pierre, S. et Pelletier, G. (2002). Le potentiel de bandes riveraines herbacées pour réduire le transport par ruissellement de l'atrazine et du métolachlore dans un court délai suivant l'application des herbicides. Dans: *2e Colloque du Groupe Marocain de Recherche pour l'Environnement et 32e Congrès du Groupe Français des Pesticides*. Marrakech, Maroc.
- Leclerc, M. (2002). Ecohydraulics, last frontier for fluvial hydraulics: research challenges and multidisciplinary perspectives. *River Flow 2002, Proceedings of the International Conference of Fluvial Hydraulics*, D. Bousmar et Y. Zech (Eds). Louvain-la-neuve, Belgique. Swets & Zeitlinger, Lisse, Hollande.
- Lefebvre, R. (2003). Les outils de gestion et de protection des eaux souterraines. *Americana 2003 - Des solutions pour un monde en santé, Salon des technologies environnementales des Amériques*, pp. 236-239. Montréal, Canada.
- Lefebvre, R., Lamontagne, A., Wels, C. et Robertson, A. M. (2002). Simulation numérique du DMA dans la halde Sugar Shack South de la mine Questa, Nouveau-Mexique. *Symposium 2002 sur l'environnement et les mines, Rouyn-Noranda*. Rouyn-Noranda, Canada.
- Long, B. F. (2002). Réhabilitation du littoral Nord-Est de Jerba. *Érosion littorale en Méditerranée dynamique, diagnostic et remèdes.*, pp. 63-66. Commission internationale d'étude scientifique de la Méditerranée.
- Marquis, F., Lachance, M. et Camiré, C. (2002). Incidence de la minéralogie du dépôt et de la pollution atmosphérique sur le statut nutritif de l'érablière. *70ième Congrès de l'ACFAS*. Québec, Canada.
- Martel, L., Gélinas, F., Bastien, C., Gosselin, A., Lepage, N., Olsen, C., Chaperon, S., Masson, S. et Campbell, P. G. C. (2003). Étude de la toxicité algale (*Selenastrum capricornutum*) dans deux rivières recevant des apports anthropiques de métaux: influence de la durée de l'eau. *7ème Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Martel, R., Trépanier, L., Lavigne, M.-A., Boutin, L.-C., Lévesque, B., Sanfaçon, G., Auger, P., Brousseau, P. et Galarneau, L. (2002). Carbon Monoxide Poisoning Associated to Blasting Operations Close to Houses. Dans: *Proceedings of the 28th Annual conference on explosives and blasting technique. International Society of Explosives Engineers*. Las Vegas, Canada.
- Masson, S., Campbell, P. G. C., Hare, L., Olsen, C., Martel, L., Pinel-Alloul, B., Méthot, G. et Hontela, A. (2003). L'accumulation du cadmium et la biosynthèse de la metallothionéine par des espèces benthiques - comparaison entre les milieux lotiques et lentiques. *7ième Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Michaud, A., Giguère, A., Hare, L. et Campbell, P. G. C. (2003). Échanges de métaux essentiels et non essentiels entre le biomoteur *Hexagenia* et son milieu: répartition subcellulaire et taux d'échange dans la nature. *7ème Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Michaud, A., Hare, L., Campbell, P. G. C. et Masson, S. (2002). The burrowing mayfly *Hexagenia limbata* as a metal biomonitor in northern Quebec rivers. *23rd Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. Salt Lake City, USA.

- Michaud, Y., Rivard, C., Morin, R. H., Boisvert, V., Carrier, V. et al. (2003). Towards an inventory of the groundwater resources of the Maritimes Carboniferous Basin, Canada: Maritimes Groundwater Initiative. *1st Joint Meeting, Northeastern Section, Geological Society of America, and Atlantic Geoscience Society*. Halifax, Canada.
- Morlon, H., Adam, C., Garnier-Laplace, J. et Fortin, C. (2003). Uptake of two oxyanions (pertechnetate and selenite) by a unicellular phytoplankton species: *Chlamydomonas reinhardtii*. *13ème Congrès Européen "Society of Environmental Toxicology and Chemistry" SETAC*. Hambourg, Allemagne.
- Olsen, C., Masson, S., Campbell, P. G. C., Hare, L., Martel, L., Hontela, A. et Pinel-Alloul, B. (2002). Développement d'une approche écotoxicologique pour évaluer les effets de l'enrichissement des métaux dans les milieux aquatiques. *6ème Colloque annuel du Chapitre St-Laurent*. Ste-Foy, Canada.
- Orvoine, J., Hare, L. et Tessier, A. (2002). Determining the trophic level at which Cd and hydrogen ions compete for biological uptake sites in the food chain leading to the biomonitor *Chaoborus*. *23e Conférence de la SETAC*. Salt Lake City, USA.
- Paris, F., Achab, A., Asselin, E., Chen, X., Grahn, Y., Nolvak, J., Obut, O., Samuelsson, J., Sennikof, N., Vecoli, M., Verniers, J., Wang, X. et Winchester-Seeto, T. (2002). Global and regional biodiversity of Ordovician Chitinozoans. *Palaeozoic Palynology in the Third Millennium: New Directions in Acritarch, Chitinozoan and Miospore Research/ La palynologie du Paléozoïque au troisième millénaire: Nouvelles directions dans la recherche des acritarches, des chitinozoaires et des miospores. General CIMP Meeting*, p. 44. Lille, France.
- Perron, I., Nolin, M. C., Cluis, D. et Leclerc, M. L. (2002). Influence of microtopography and soil electrical conductivity on soil quality and crop yields. *6th International Conference on Precision Agriculture*. Minneapolis, USA.
- Pincivy, A., Malo, M., Ruffet, G. et Tremblay, A. (2003). ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronological and structural constraints for the Taconian orogeny in the Humber Zone of the Gaspé Peninsula, Québec. Dans *Geological Society of America NE meeting*. Halifax, Canada.
- Porcher, C. et Campbell, P. G. C. (2002). Effects of natural dissolved organic matter on silver speciation and silver uptake by a green alga. *23rd Annual Meeting, SETAC*. Salt Lake City, USA.
- Porcher, C. et Campbell, P. G. C. (2003). Interactions de l'argent (Ag) avec les algues d'eau douce en présence de matière organique dissoute naturelle. *7ème Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Porcher, C. et Campbell, P. G. C. (2002). Interactions de l'argent (Ag) avec les algues d'eau douce en présence de matière organique dissoute naturelle. *6ème Colloque annuel du Chapitre St-Laurent*. Ste-Foy, Canada.
- Quirion, R., Tessier, A. et Gobeil, C. (2003). Historique de la déposition atmosphérique de Ag dans les sédiments des lacs du Bouclier canadien. *7ème Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française (CILEF)*. Montréal, Canada.
- Ross, M., Parent, M., Lefebvre, R. et Martel, R. (2002). 3D geologic framework for regional hydrogeology and land-use management; a case study from southwestern Quebec, Canada. *Three-dimensional geological mapping for groundwater applications, workshop extended abstracts*, R. C. Berg et L. H. Thorleifson, (convenors), pp. 2-55. Denver, USA.
- Sarica, J., Amyot, M. et Hare, L. (2003). Accumulation et perte du mercure par les larves nécrophages calliphoridés (diptère). *Chapitre Saint-Laurent du SETAC*. Montréal, Canada.
- Sarica, J., Amyot, M. et Hare, L. (2002). Les impacts des carcasses de poisson sur le cycle du mercure dans les systèmes aquatiques. *Chapitre Saint-Laurent SETAC*. Québec, Canada.

- Sarica, J., Amyot, M. et Hare, L. (2003). Mercury accumulation and loss by necrophageous Calliphoridae larvae (Diptera). *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Grenoble, France.
- Sarica, J., Amyot, M., Hare, L. et Stanfield, L. (2002). The role of fish carcasses in Hg cycling in aquatic systems. *American Society of Limnology and Oceanography Summer Meeting*. Victoria, Canada.
- Séjourné, S. et Malo, M. (2003). Post-imbriation, N-S shortening in the Philipsburg slice, southern Québec. Dans *Geological Society of America NE meeting*. Halifax, Canada.
- Séjourné, S., Dietrich, J. R. et Malo, M. (2002). Seismic interpretations from the southern Quebec Appalachians structural front, south of Drummondville. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 312. Calgary, Canada.
- Séjourné, S., Dietrich, J. R. et Malo, M. (2002). Structural evolution of Saint-Dominique and Philipsburg carbonate slices along the southern Quebec Appalachians structural front. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Diamond Jubilee Convention*, p. 313. Calgary, Canada.
- Snoussi, M. et Long, B. F. (2002). Historique et évolution de la baie de Tanger et tentative de réhabilitation. *Érosion littorale en Méditerranéedynamique, diagnostic et remèdes*. pp. 39-42. Commission internationale d'étude scientifique de la Méditerranée.
- Soufiane, A., Achab, A. et Asselin, E. (2002). Upper Ordovician and Lower Silurian chitinozoans from the Cape Phillips Formation, Arctic Canada. *Palaeozoic Palynology in the Third Millenium: New Directions in Acritarch, Chitinozoan and Miospore Research/ La palynologie du Paléozoïque au troisième millénaire: Nouvelles directions dans la recherche des acritarches, des chitinozoaires et des miospores*. *General CIMP Meeting*, p. 54. Lille, France.
- St-Hilaire, A., Gaudet, J., Lachance, M., Ouarda, T. B. M. J., Bobée, B. et Gignac, C. (2002). Évaluation des besoins en données et gestion de réseau: impact de la densité du réseau sur les prévisions d'apports énergétiques. *Atelier sur les données hydrométéorologiques et la gestion des ressources hydriques*. *École nationale d'ingénieurs de Tunis (ENIT)*. Tunis, Tunisie.
- St-Hilaire, A., Ouarda, T. B. M. J., Lachance, M., Gaudet, J., Bobée, B. et Gignac, C. (2002). The use of geostatistics as a means to assess the impact of meteorological network density on the estimation of precipitation and runoff. *Presentation at the 2002 Annual Scientific meeting of the CGU Hydrology Section*. Banff, Canada.
- Tardif, M. C., Campbell, P. G. C., Olsen, C. et Hontela, A. (2003). Effets des métaux traces sur le statut hormonal et métabolique du Grand brochet (*Esox lucius*) et du Doré jaune (*Stizostedion vitreum*). *7ème Colloque du Chapitre St-Laurent*. Montréal, Canada.
- Tassé, N. et Germain, D. (2002). Évaluation de la performance de divers types de résidus forestiers pour le traitement du drainage minier acide. Dans: *Symposium 2002 sur l'Environnement et les Mines - Défis et perspectives*. Rouyn-Noranda, Canada.
- Tassé, N. et Germain, D. (2002). Performance of forestry wastes for the treatment of acid mine drainage through a reactive barrier. Dans: *Proceedings of the 7th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2002)*, pp. 723-730. Cagliari, Italie.
- Tassé, N., Isabel, D. et Fontaine, R. (2003). Wood Cadillac Mine Tailings: Designing a Biofilter for Arsenic Control. Dans: *Sudbury 03: Mining and the environment III*. Sudbury, Canada.
- Thiboutot, S., Ampleman, G., Lewis, J., Martel, R., Paradis, D., Ballard, J.-M., Lefebvre, R. et Gauthier, C. (2002). Assessment of the environmental impact of the firing activity of active canadian firing ranges. *33rd International Annual Conference of Institute für Chemische Technik (ICT)*. Karlsruhe, Allemagne.

Traoré, S. K., Mamadou, K., Dembele, A., Houenou, P., Lafrance, P. et Banton, O. (2002). Évaluation des teneurs en pesticides organochlorés dans la région de Buyo (Côte d'Ivoire) à travers les matrices eau, sédiment et poisson. Dans: *2e Colloque du Groupe Marocain de Recherche pour l'Environnement et 32e Congrès du Groupe Français des Pesticides*. Marrakech, Maroc.

Traoré, S. K., Mamadou, K., Dembele, A., Lafrance, P., Banton, O. et Houenou, P. (2002). Résidus de pesticides organochlorés dans le lait humain de la région agricole du réservoir de Buyo, Côte d'Ivoire. Dans : *2^e Colloque du Groupe Marocain de Recherche pour l'Environnement et 32^e Congrès du Groupe Français des Pesticides, Faculté de Médecine*. Marrakech, Maroc.

Verniers, J., Paris, F., Asselin, E., Van Grootel, G. et Achab, A. (2002). CHITIREF: a database with all published chitinozoan references (1930-2001) and a list of all chitinozoan species. *Palaeozoic Palynology in the Third Millennium: New Directions in Acritarch, Chitinozoan and Miospore Research/ La palynologie du Paléozoïque au troisième millénaire: Nouvelles directions dans la recherche des acritarches, des chitinozoaires et des miospores. General CIMP Meeting*, p. 14. Lille, France.

Communications ou publications sans arbitrage

Alfaro de la Torre, C., Beaulieu, P. Y. et Tessier, A. (2002). *in situ* measurement of trace metals in lakewater using the dialysis and DGT techniques. *Conférence nationale de l'IRST*. Ottawa, Canada.

Arel, N., Martel, R., Lefebvre, R., Thiboutot, S. et Ampleman, G. (2002). Dissolved energetic materials transport under unsaturated conditions at an anti-tank training range. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.

Barnabé, S. et Tyagi, R. D. (2002). Les biosolides comme matières premières: Accroître leur potentiel nutritif pour une meilleure valeur ajoutée. *18^e Congrès de l'Est du Canada de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau (ACQE)*. Montréal, Canada.

Bergeron, N. E. et Dodson, J. J. (2003). Geosalar: a riverscape approach to modelling Atlantic salmon fluvial habitat and smolt production using geomatics. *5th Annual Scientific Conference of the GEOIDE Network*. Victoria, Canada.

Bergeron, N. E., Dodson, J. J., Bérubé, F., Boisclair, D., Gratton, D., Lane, S., Lapointe, M., Mazumder, A., Rodriguez, M. et Rasmussen, J. (2002). Geosalar: modelling Atlantic salmon smolt production using remote-sensing and GIS-Based methods. *2nd International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences*. University of Sussex, Brighton, Grande-Bretagne.

Bernier, M., Gauthier, Y., Brian, P., Coulombe-Simoneau, J., Hurley, J. et Weber, F. (2002). Radiometric correction of RADARSAT-1 images for mapping the SWE in mountainous environment. *Proceedings of IGARSS' 2002 (CD)*. Toronto, Canada.

Berthiaume, P., Bigras-Poulin, M. et Rousseau, A. N. (2002). Modélisation dynamique des flux d'azote dans les entreprises de production porcine incluant les caractéristiques du troupeau, des bâtiments et de la région. *Recueil de conférences du Congrès annuel de l'ordre des médecins vétérinaires du Québec*, pp. 543-553. Saint-Hyacinthe, Canada.

Bérubé, F. et Bergeron, N. E. (2003). Geosalar: développement d'une application PIV (particle image velocimetry) pour la mesure des champs de vitesses en rivière. Outil pour la caractérisation de l'habitat du poisson. *6^{ème} Rencontre annuelle du Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique*. Ste-Foy, Canada.

Bilodeau, F. et Tessier, A. (2002). Development of a method to measure manganese and iron concentration microprofiles in sediments. *Annual Environmental Geochemistry Workshop*. Gananoque, Canada.

Blais, J. F. (2002). Chaire de recherche du Canada en décontamination de rejets industriels et urbains pollués par les métaux toxiques. *Cours d'écologie microbienne*. Département de biochimie, Université Laval, Québec, Canada.

- Blais, J. F. (2002). Comparaison du camion double chambre et du camion Juggler pour la vidange des boues de fosses septiques. *Salon Affaires municipales, Fédération québécoise des municipalités*. Québec, Canada.
- Blais, J. F. (2002). Développement de technologies de décontamination de boues, de sols et de cendres pollués par les métaux. *Faculté des sciences Ain Chock, Université Hassan II*. Casablanca, Maroc.
- Boisvert, V., Parent, M., Michaud, Y., Lefebvre, R., Butler, K. E. et Deblonde, C. (2002). The hydrostratigraphic context of quaternary units in the Moncton region, New Brunswick A preliminary assesment. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.
- Boisvert, V., Parent, M., Michaud, Y., Lefebvre, R. et Pupek, D. A. (2003). Potentiel hydrogéologique des formations quaternaires et leur influence sur la recharge des nappes d'eau souterraine de la région de Moncton, Nouveau-Brunswick. *Journée des Sciences de la Terre, Édition 2003*, p. 6. Québec, Canada.
- Boisvert, V., Parent, M., Michaud, Y., Lefebvre, R. et Pupek, D. A. (2002). Potentiel hydrogéologique des formations quaternaires et leur influence sur la recharge des nappes d'eau souterraine de la région de Moncton, Nouveau-Brunswick. *27th Annual Review of Activities, B.M.W. Carroll, New-Brunswick Department of Natural Resources and Energy; Minerals, Policy and Planning Division, Information Circular*, pp. 53-54. Moncton, Canada.
- Bouabdellah, M., Héroux, Y. et Chagnon, A. (2002). Zonation of Organic Matter reflectances and Clay Mineral Assemblages Around MVT Deposits of Touissit Bou Beker District, Northeastern Morocco. *6th biennial meeting of the Society of Economist Geologists (SEG)-Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA)*. Cracovie, Pologne.
- Boudreault, P. et Blais, J. F. (2002). Optimisation de la technologie STABIOX pour la stabilisation, la désodorisation et l'amélioration de la déshydratation des boues de papetières. *Association des Industries Forestières du Québec, Atelier sur la R&D en valorisation des résidus*. Sainte-Foy, Canada.
- Boullemant, A. et Campbell, P. G. C. (2003). Effects of humic substances and pH on uptake of a lipophilic Cd complex by unicellular green algae. *Canadian Network of Toxicology Centres, Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Brandelik, A., Huebner, C., Bernier, M. et Schneebeli, M. (2002). Vicarious calibration for remotely sensed hydro power water resource. *The International Symposium on Spatial Science and Technology, SPIE's 47th Annual Meeting*. Washington, USA.
- Campbell, P. G. C., Boullemant, A. et Porcher, C. (2003). Influence of natural dissolved organic matter (DOM) on the bioavailability of metals at biological surfaces. *Canadian Network of Toxicology Centres, Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Campbell, P. G. C., Fortin, C et Vigneault, B. (2002). Metal speciation and bioavailability, a continuum: external solution - cell surface - intracellular environment. Dans: *85ème Conférence de la Société Canadienne de Chimie*. Vancouver, Canada.
- Campbell, P. G. C., Hontela, A. et Rasmussen, J. B. (2002). Links between tissue metal burdens in indigenous fish and metal-induced effects at the organism and population levels. *Metal in the Environment Research Network (MITE-RN) Metal Speciation Theme Team Meeting*. Regina, Canada.
- Carbonneau, P., Bergeron, N. E., Lane, S. et Bérubé, F. (2003). Goesalar: mapping stream bed topography and grain size from high resolution airborne digital imagery. *5th Annual Scientific Conference of the GEOIDE Network*. Victoria, Canada.
- Carbonneau, P., Lane, S. N., Bérubé, F. et Bergeron, N. E. (2003). Geosalar: caractérisation de la granulométrie des rivières à fond graveleux à partir de photos aériennes de haute résolution. *6ème Rencontre annuelle du Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique*. Ste-Foy, Canada.
- Carignan, R. et Tessier, A. (2003) Trace metal deposition chronologies in boreal shield lakes : distinguishing anthropogenic signals from diagenetic effects. *MITE Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.

- Cârsteanu, A. et Ouarda, T. B. M. J. (2002). Teleconnections between climatic variables and precipitation patterns. *1st Biennial Workshop of the Statistical Hydrology Committee of the CGU-HS, 2002 Annual Scientific Meeting of the CGU*. Banff, Canada.
- Choisnard, J., Lafrance, G. et Bernier, M. (2002). Wind resource mapping by Synthetic Aperture radar satellite on coastal area: gulf of Saint Lawrence. *2002 CanWEA Conference and Trade Show "Winds of Change"*. Halifax, Canada.
- Collins, M., Garneau, M., Bernier, M. et Farley, A. (2003). Les tourbières de la Baie James: suivi historique et changements climatiques. *Savoirs partagés: Congrès annuel de l'ACFAS*. Rimouski, Canada.
- Croisetière, L., Hare, L. et Tessier, A. (2003). Metal uptake routes for the biomonitor *Sialis*. MITE Annual Research Symposium. Ottawa, Canada.
- DeCoste, R., Beauchemin, G., Bourque, A., Bobée, B., Laprise, R., Laurence, R., Lin, C. A., Roy, R. et Ouarda, T. B. M. J. (2003). OURANOS: a global approach to climate change impacts and adaptation assessment. *14th Symposium on Global Change and Climate Variation*. Long Beach, USA.
- Demers, A. M., Garneau, M., Bernier, M. et Pelletier, L. (2003). Classification des environnements tourbeux et non-tourbeux à l'aide d'images RADARSAT-1 pour le secteur La Grande 2, Baie James. *Savoirs partagés: Congrès annuel de l'ACFAS*. Rimouski, Canada.
- Demuth, M., Pietroniro, A. et Ouarda, T. B. M. J. (2002). Streamflow regime shifts resulting from recent glacier fluctuations in the eastern slopes of the canadian rocky mountains. *55ieme Congrès de l'Association Canadienne des Ressources Hydriques (ACRH)*. Winnipeg, Canada.
- D'Haese, C. M. F., Putti, M., Paniconi, C., Verhoest, N. et De Troch, F.P. (2003). Evaluation of an adaptive time stepping technique in a 3D coupled variably saturated subsurface and surface flow model. *EGS-AGU-EUG Joint Assembly*. Nice, France.
- Duchemin, M., Lafrance, P. et Bernard, C. (2002). Les bandes enherbées, une pratique de conservation efficace pour réduire la pollution diffuse. Dans : *Journée de démonstration "Portes ouvertes"*, Station expérimentale de recherche de l'IRDA.
- Duchemin, M., Lafrance, P. et Bernard, C. (2002). Vegetative filter strips : an effective conservation practice to reduce non-point source pollution. Dans : *18th Congress and the 53rd International Executive Council Meeting, International Commission on Irrigation and Drainage*. Montréal, Canada.
- Duchesne, M. et Long, B. F. (2003). *AAPG Annual Convention and Exhibition*. Salt Lake City.
- Fortin, G., Jones, H. G., Bernier, M. et Schneebeli, M. (2002). Changes in the structure and permeability of artificial ice layers containint fluorescent tracer in cold and wet snow cover. *59th Eastern Snow Conference*. Stowe, USA.
- Fortin, J. P., Bernier, M., Savary, S., El Battay, A. et Khaldoune, J. (2002). New developments and results for snowcover monitoring using RADARSAT and VEGETATION data and the HYDROTEL hydrological model. *Proceedings of IGARSS' 2002 (CD)*. Toronto, Canada.
- Gagnon, A., Campbell, P. G. C., Rasmussen, J. B. et Hontela, A. (2003). Effects of Cu, Cd and Ni on the physiological status of yellow perch. *Metals in the Environment research Network (MITE-RN), Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Gallon, C., Carignan, R., Tessier, A. et Gobeil, C. (2003) Stable Pb isotope ratios as indicators of atmospheric Pb sources around Rouyn-Noranda. *MITE Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Gariépy, S. et Rousseau, A. N. (2002). La gestion de l'eau par bassin versant : perspectives nord-américaines et québécoises. *Colloque international L'Eau en montagne - Gestion intégrée des hauts bassins versants*. Megève, France.

- Gauthier, C., Lefebvre, R., Martel, R., Ampleman, G. et Thiboutot, S. (2003). L'impact des activités d'entraînement militaire sur l'environnement. *Journée des Sciences de la Terre, Édition 2003*. Chicoutimi, Canada.
- Gauthier, C., Lefebvre, R., Martel, R., Ampleman, G. et Thiboutot, S. (2003). L'impact des activités d'entraînement militaire sur l'environnement: perspectives de développement durable. *Savoirs partagés: Congrès annuel de l'ACFAS*. Rimouski, Canada.
- Gervais, F., Nadeau, L. et Malo, M. (2002). Structural evolution of gneissic domes in the footwall of the Wakeham Group, eastern Grenville Province. *Geological Society of America (GSA) Northeast 37th Annual Meeting*. Springfields, USA.
- Gignac, N., Ouarda, T. B. M. J., Kouider, A., Gingras, H., Chokmani, K., Bobée, B. et Bernier, M. (2002). Cartographie des crues au Québec. *XXIII^{ème} Colloque annuel du Centre d'Études Nordiques*. Québec, Canada.
- Giguère, A., Campbell, P. G. C., Hare, L., Cossu-Leguille, C., Couture, P., McDonald, D. G. et Rasmussen, J. B. (2003). Can metal subcellular partitioning help predict effects in indigenous yellow perch? *Metals in the Environment research Network (MITE-RN), Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Giguère, A., Campbell, P. G. C., Hare, L., McDonald, D. G. et Rasmussen, J. B. (2003). Relating water chemistry and tissue metal concentrations (Cd, Cu, Zn and Ni) in indigenous yellow perch. *Metals in the Environment research Network (MITE-RN), Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Goodison, B. E., Agnew, T. A., Barber, D., Bernier, M. et Brown, R. D. (2002). CRYSYS: Monitoring and modelling the Cryospheric system in Canada. *Proceedings of IGARSS' 2002 (CD)*. Toronto, Canada.
- Gosselin, A., Hare, L. et Tessier, A. (2002). Burrowing behavior of aquatic insect larvae as a determinant of metal exposure and effects. *MITE Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Gratton, Y., Melling, H., Ingram, R. G. et Rail, M. E. (2003). Seasonal evolution of the water properties and circulation in the North Water Polynya, Baffin Bay, Canada. *European Geosciences Union (EGU) - American Geological Union (AGU) Joint Meeting*. Nice, France.
- Gratton, Y., Melling, H., Ingram, R. G. et Rail, M. E. (2003). Seasonal evolution of the water properties and circulation in the North Water Polynya, Baffin Bay, Canada. *Polar Sciences Gordon Conference*. Ventura, USA.
- Hare, L., Tessier, A. et Yan, N. (2003). Development of rational models for relating metal accumulation by aquatic animals to metal concentrations in their environment: Relative importance of ambient metal sources. *MITE Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Hilberts, A.G.J., Van Loon, E. E., Troch, P.A. et Paniconi, C. (2003). The hillslope-storage Boussinesq model for spatially variable bedrock slope. *EGS-AGU-EUG Joint Assembly*. Nice, France.
- Johnston, P., Bergeron, N. E. et Dodson, J. J. (2003). Étude de la mortalité sélective hivernale selon la taille chez les alevins de saumon atlantique (Salmon salar) des rivières Petite Cascapédia et Bonaventure (Gaspésie). *6^{ème} Rencontre annuelle du Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique*. Québec, Canada.
- Kraemer, L., Campbell, P. G. C. et Hare, L. (2003). Metal accumulation in the field: is the diet an important route of exposure for yellow perch (*Perca flavescens*)? *Metals in the Environment research Network (MITE-RN), Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Levasseur, M., Bérubé, F. et Bergeron, N. E. (2003). Variations temporelles de l'infiltration des sédiments fins dans le substrat de fraie du saumon atlantique et impacts sur la survie des embryons. *6^{ème} Rencontre annuelle du Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique*. Université Laval, Ste-Foy, Québec.

- Mailhot, A. (2003). Impact des changements climatiques sur le drainage en milieu urbain. *Séminaire Pluviométrie appliquée, hydrologie urbaine et gestion des ressources hydriques*. Longueuil, Québec.
- Martel, R., Trépanier, L., Lavigne, M.-A., Boutin, L.-C., Lévesque, B., Sanfaçon, G., Auger, P., Brousseau, P. et Galarneau, L. (2003). Problématique du monoxyde de carbone associée aux travaux à l'explosif en milieu habité. *Colloque de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité au travail (IRSST)*. Montréal, Canada.
- Ménard, A., Bérubé, F. et Bergeron, N. E. (2003). Influence de l'habitat physique sur les déplacements jour/nuit du saumon atlantique (*Salmo salar*) juvénile en période hivernale. *6ème Rencontre annuelle du Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique*. Québec, Canada.
- Michaud, Y., Rivard, C., Marion, J., Benhamane, S., Morin, A., Lefebvre, R. et Rivera, A. (2002). Évaluation préliminaire des impacts potentiels des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'est du Canada. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.
- Nastev, M., Rivera, A., Lefebvre, R. et Savard, M. M. (2003). Hydrogeological context and numerical simulation of regional groundwater flow in St-Lawrence Lowlands of south-western Quebec. *1st Joint Meeting, Northeastern Section, Geological Society of America, and Atlantic Geoscience Society*. Halifax, Canada.
- Nastev, M., Savard, M. M., Lefebvre, R. et Martel, R. (2003). Hydraulic properties and scale effects investigation in regional rock aquifers. *GEOIDE/ GSC Workshop*. Ottawa, Canada.
- Ouarda, T. B. M. J., Bargaoui, Z. et Bobée, B. (2003). Application de l'analyse fréquentielle des crues de l'information historique. *Congrès conjoint SHF-ENIT-INAT*. Tunis, Tunisie.
- Ouarda, T. B. M. J., Carsteanu, A. et Bobée, B. (2003). Flood flow estimation in ungauged basins, application to a nordic environment. *European Geosciences Union (EGU) - American Geological Union (AGU) Joint Meeting*. Nice, France.
- Ouarda, T. B. M. J., Gingras, H., Cârsteanu, A. et Bobée, B. (2003). A model for hydrological extremes regional estimation at ungauged basins. *European Geosciences Union (EGU) - American Geological Union (AGU) Joint Meeting*. Nice, France.
- Ouarda, T. B. M. J., Gingras, H., Ghedira, H. et Bobée, B. (2002). Correction of streamflow in water conditions. *12th Atlantic Region Hydrotechnical Conference / 12ième Conférence Hydrotechnique de la région Atlantique*. Charlottetown, Canada.
- Ouarda, T. B. M. J., Gingras, H., Ghedira, H. et Bobée, B. (2002). Estimation du débit dans les rivières nordiques en présence de glace. Dans: *XXIIIe Colloque annuel du Centre d'Études Nordiques*. Québec, Canada.
- Ouarda, T. B. M. J., Gingras, H., Ghedira, H. et Bobée, B. (2002). Estimation of streamflow under ice. *16th International Symposium on Ice*. Dunedin, Nouvelle-Zélande.
- Ouarda, T. B. M. J., Hamdi, Y. et Bobée, B. (2002). FRESH: A new tool for flood frequency estimation in the presence of historical information. *International Workshop on Palaeofloods, historical data and climatic variability: Applications in flood risk assessment*. Barcelone, Espagne.
- Ouarda, T. B. M. J., Rasmussen, P. F., Bruneau, P., Fagherazzi, L. et Bobée, B. (2002). Improvements in the estimation of design events with the use of historic information, the Kénogami Lake case in Canada. *International workshop on Palaeofloods, historical data and climatic variability: applications in flood risk assessment*. Barcelone, Espagne.
- Ouellette, C., St-Hilaire, A., Courtenay, S. C., Bogen, A. D., Benyahya, L., Ouarda, T. B. M. J. et Bobée, B. (2003). Récolte de tourbe et impacts sur l'habitat aquatique: le cas de la rivière Richibouctou. Dans: *Conférences du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET)*. Québec, Canada.

- Perron, I., Nolin, M. C., Cluis, D., Cambouris, A. N. et Grenon, L. (2002). Utilité du modèle numérique de terrain, de la prospection électrique des sols et des photographies aériennes en agriculture de précision. *16e Congrès de l'Association Québécoise des Spécialistes en Sciences du Sol (AQSSS)*. Normandin, Canada.
- Perron, I., Nolin, M. C., Cluis, D. et Leclerc, M. (2003). Influence de la microtopographie électrique du sol sur la qualité des sols et sur le rendement des cultures. Présentation et affiche. *2ième Colloque en Géomatique agricole et agriculture de précision "Pour une agriculture sur mesure"*. St-Hyacinthe, Canada.
- Pontlevoy, O., Lefebvre, R., Therrien, R., Martel, R., Lamontagne, C. et Ouellet, M. (2003). Modélisation hydrogéologique pour supporter la gestion du système aquifère de la région réglementée de Ville-Mercier. *Journée des Sciences de la Terre, Édition 2003*, p. 1. Québec, Canada.
- Pontlevoy, O., Lefebvre, R., Therrien, R., Martel, R., Ouellet, M. et Lamontagne, C. (2002). Regional groundwater modeling to support aquifer system management in the Ville Mercier area, Quebec, Canada. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.
- Porcher, C. et Campbell, P. G. C. (2003). Effects of natural dissolved organic matter on silver speciation and silver uptake by freshwater green algae. *Canadian Network of Toxicology Centres, Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Prieur, L., Lefebvre, D., Gorsky, G., Bianchi, M., Andersen, V., VanWambeke, F. et Gratton, Y. (2003). Frontal processes enhance productivity of the Alboran Sea: a tentative first synthesis of the ALMOFRONT 2 Experiment results. *European Geosciences Union (EGU) - American Geological Union (AGU) Joint Meeting*. Nice, France.
- Rasmussen, J. B., Giguère, A., Campbell, P. G. C., Hontela, A., Giguère, A., Sherwood, A., Gravel, A., Kraemer, L., Iles, A., Gagnon, A. et Lacroix, A. (2003). Direct (physiological) and indirect (food-web mediated) effects of heavy metal exposure on yellow perch. *Metals in the Environment research Network (MITE-RN), Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Rivard, C., Michaud, Y., Boisvert, V., Calvert, T., Morin, R. H., Lefebvre, R., Pupek, D. A., Rivera, A., Deblonde, C. et Julien, H. P. (2002). Hydrogeological properties of aquifer formations of the Maritimes Carboniferous Basin. *Mining matters for Nova Scotia 2002: opportunities for economic development, ME*, p. 23. Halifax, Canada.
- Rivard, C., Michaud, Y., Boisvert, V., Calvert, T., Morin, R. H., Lefebvre, R., Pupek, D. A., Rivera, A., Deblonde, C. et Julien, H. P. (2002). Propriétés hydrologiques des formations aquifères du bassin Carbonifère des Maritimes. *New Brunswick open house, 27th annual Review of Activities, Information Circular*, pp. 53-54. Canada.
- Rivard, C., Vigneault, H., Michaud, Y., Boisvert, V., Chalifoux, S., Morin, R. H., Deblonde, C., Lefebvre, R. et Rivera, A. (2003). Hydraulic and hydrologic properties of a representative area of the Maritimes Carboniferous Basin. *1st Joint Meeting, Northeastern Section, Geological Society of America, and Atlantic Geoscience Society*. Halifax, Canada.
- Robert, T., Conrad, S. H., Martel, R. et Lefebvre, R. (2002). Visualization of TCE recovery mechanisms with micellar and polymer solutions in a two-dimensional heterogeneous sand model. *Proceedings, 3rd Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 55th Canadian Geotechnical Conference*. Niagara Falls, Canada.
- Ross, M., Parent, M., Lefebvre, R. et Martel, R. (2003). Modélisation de l'architecture des formations quaternaires des Basses Laurentides à l'aide du modèle gOcad: quelques applications pour l'étude du Quaternaire, l'hydrogéologie régionale et la gestion du territoire. *Journée des Sciences de la Terre, Édition 2003*, p. 8. Québec, Canada.

- Rousseau, A. N., Salavno, E., Mailhot, A. et Villeneuve, J. P. (2003). Modélisation intégrée - Outil : Vers une stratégie de gestion durable des fleuves. *Centre international de droit comparé de l'environnement et Association française des établissements publics de bassin*. Limoges, France.
- Rousseau, A. N., Salvano, E. et Villeneuve, J. P. (2002). La modélisation hydrologique: outil d'évaluation des politiques agroenvironnementales. *Recueil de conférences du Congrès annuel de l'ordre des médecins vétérinaires du Québec*, pp. 493-513. Saint-Hyacinthe, Canada.
- Salvano, E., Rousseau, A. N., Debailleuil, G. et Villeneuve, J. P. (2002). Analyse coûts-avantages de scénario de gestion de la pollution diffuse agricole dans un contexte de gestion intégrée de l'eau par bassin versant. *Symposium "Le lac Champlain à l'aube du nouveau millénaire"*, Consortium de recherche du lac Champlain. Saint-Jean-sur-Richelieu, Canada.
- St-Hilaire, A., Gaudet, J., Lachance, M., Ouarda, T. B. M. J., Bobée, B. et Gignac, C. (2002). Évaluation des besoins en données météorologiques et gestion de réseau: impact de la densité du réseau sur les prévisions d'apports énergétiques. *Atelier sur les données hydrométéorologiques et la gestion des ressources hydriques*, École nationale d'ingénieurs de Tunis. Tunis, Tunisie.
- St-Hilaire, A., Ouarda, T. B. M. J., Brun, G., Bobée, B., Beaulieu, C., Boghen, A. D. et Courtenay, S. C. (2002). Basic statistical hydrology and analysis of water quality parameters of the Richibucto River (New Brunswick) and its tributaries. *12th Atlantic Region Hydrotechnical Conference / 12ième Conférence Hydrotechnique de la région Atlantique*. Charlottetown, Canada.
- Trembaly, A., Long, B. F., Grist, A. et Zentilli, M. (2003). Supracrustal faults of the St-Lawrence Rift System, Quebec : Kinematic, geometry and age as revealed by field mapping. Marine seismic reflection and fission track data. *Evolution of the East Laurentian Continental Margin from Late Protozoic Rifting to Devonian Collision*, p. 35. Halifax, Canada, GSA conference.
- Verma, M., Sreekrishnan, T. R. et Tyagi, R. D. (2003). Study on cell agglomeration in mixed acedogenic and mixed methaanoogenic cultures at different mixing and loading conditions. *Thirty-Eighth Central Canadian Symposium on Water Quality Research*. Burlington, Canada.
- Wang, F. et Tessier, A. (2002). Importance of reduced sulfur species in controlling metal speciation in the surface waters on the Canadian Shield: methodological development and preliminary results. *MITE Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Wang, F., Tessier, A., Sukola, K. et DeVries, C. (2003). Metal Complexes with reduced sulfur species in surface waters. *MITES Annual Research Symposium*. Ottawa, Canada.
- Yan, S. et Tyagi, R. D. (2003). Polyhydroxybutyrate (PHB) production using waste activated sludge as a source of microorganisms and wastewater as a source of carbon. *Thirty-Eighth Central Canadian Symposium on Water Quality Research*. Burlington, Canada.
- Zidane, F., Lekhlif, B., Drogui, P., Blais, J. F., Bensaid, J., Belcadi, S. et El Kacemi, K. (2003). Enlèvement par électrocoagulation de divers polluants présents dans des solutions contaminées. Dans: *Journées Matériaux et Environnement*. Settat, Maroc.
- Livres ou ouvrages collectifs**
- Achab, A., Asselin, E. et Soufiane, A. (2003). The Laurentian Ordovician Chitinozoan Zonation: some modifications and some remaining problems. Dans: *Ordovician from the Andes*. pp. 29-32. (Serie Correlación Geológica: 17). Tucumán, Argentine, Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica.
- Dubé, B., Williamson, K. et Malo, M. (2003). Gold mineralization within the Red Lake Mine trend : example from the Cochenour Willans Mine area, Red Lake Ontario with some new key information from the Red Lake Mine. Dans : *Recherche en cours 2003-CXX*. Commission géologique du Canada.

Duchesne, M. J., Long, B. F., Locat, P., Locat, J. et Massé, M. (2003). The Pointe-du-Fort Mass Movement Deposits, Upper Saguenay Fjord, Canada : A Multiphase Build-up. Dans : *Submarine Mass Movement and their Consequence*. pp. 499-508. Kluwer Academic Publishers.

Karanta, G., Martel, R., Nastev, M., Therrien, R., Paradis, D. et Lefebvre, R. (2002). Étude détaillée de deux sites sélectionnés : Cas de Sainte-Anne-des-Plaines et de Saint-Janvier. Dans : *Études locales de secteurs choisis du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec: Rapport final*. pp. 42-64 et 129-146. Québec, Commission géologique du Canada.

Moreau, A. L., Locat, J., Hill, P., Long, B. et Ouellet, Y. (2003). *In situ* flume measurement of sediment Erodability in Saguenay fjord (Québec, Canada). Dans: *Contaminated Sediment : Characterisation, Evaluation, Mitigation/Restoration and Management Strategy Performances*. pp. 119-138. J. Locat Éditeur.

Paniconi, C. et Marrocu, M. (2003). Developing and testing a nudging technique in a 3D-Richards model. Dans : *Final Report of the DAUFIN project*. Van Loon, E.E. et Troch, P.A., Eds. pp. 33-54. Wageningen, Pays-Bas, Department of Environmental Sciences, Sub-département Water Resources. Wageningen University.

Séjourné, S., Dietrich, J. E. et Malo, M. (2002). New interpretations of industry seismic lines, southern Quebec Appalachians foreland. Dans: *Recherche en cours 2002-D1*. 10 p. Québec, Commission géologique du Canada.

Turcotte, R., Rousseau, A. N., Fortin, J. P. et Villeneuve, J. P. (2003). Development of a process-oriented, multiple-objective, hydrological calibration strategy accounting for model structure. Dans: *Advances in Calibration of Watershed Models, Water Science & Application*. Duan, Q., Sorooshian, S., Gupta, H., Rousseau, A.N. et R. Turcotte (Eds) pp. 153-163. Washington, DC, American Geophysical Union (AGU).

Rapports de recherche

Bechara, J. A., Morin, J. et Boudreau, P. (2003). *Évolution récente de l'habitat du doré jaune, de la perchaude, du grand brochet et de l'achigan à petite bouche au lac Saint-François, fleuve Saint-Laurent*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 84 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 640).

Bergeron, N., Levasseur, M. et Bérubé, F. (2002). *Développement et démonstration de techniques pour la restauration de la qualité du substrat de fraie des salmonidés*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 55 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 643).

Bernier, M., Gauthier, Y., El Battay, A., Fortin, G., Bonnifait, L., Ouarda, T. B. M. J. et van Bochove, E. (2002). *Suivi des caractéristiques du couvert nival, du sol et de la glace de rivière à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation. Rapport d'étape no. 3*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 25 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 617 e3).

Bernier, M., Gauthier, Y. et Fortin, G. (2002). *Suivi des caractéristiques du couvert nival, du sol et de la glace de rivière à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation. Rapport d'étape no. 3*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 30 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 617 e1).

Bernier, M., Ouarda, T. B. M. J. et van Bochove, E. (2002). *Suivi des caractéristiques du couvert nival, du sol et de la glace de rivière à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation. Rapport d'étape no. 2*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 17 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 617 e2).

Bernier, M., Philippin, M., Slivitzky, M. et Rousseau, A. N. (2003). *Occupation du sol de douze bassins hydrographiques du Québec*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 35 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 681).

- Blais, J. F., Bélanger, G., Chartier, M., Leblanc, D. et Mercier, G. (2002). *Traitement du lisier de porc en flottateur de 315 litres par décantation et flottation biologique passive*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 645).
- Blais, J.-F. et Mercier, G. (2003). *Étude du cas de la mine Laronde et élaboration d'un projet de recherche sur le développement d'une chaîne de biotraitement pour l'enlèvement des composés azotés des effluents miniers*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 19 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 680).
- Boudreau, P. et Secretan, Y. (2002). *Estimation du débit d'un cours d'eau par l'utilisation de la modélisation hydrodynamique: Étude de faisabilité*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 34 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 634).
- Bourque, P. A., Bertrand, R., Kirkwood, D., Lavoie, D. et Malo, M. (2003). *Analyse du système pétrolier et évaluation du potentiel pétrolière du segment appalachien de Gaspésie-Matapédia-Témiscouata au Québec*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 179 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 718).
- Drogué, P., Blais, J. F., Mercier, G., Tremblay, G. et Picher, S. (2003). *Procédé de stabilisation et de conditionnement des boues de papetières et municipales*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 112 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 639).
- Fortin, J. P., Royer, A. et Lavoie, P. (2002). *Implantation du modèle hydrologique Hydrotel dans le système de prévision des apports naturels à court et moyen termes sur les bassins d'Hydro-Québec en vue de l'amélioration de la gestion des systèmes au fil de l'eau*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, v, 64 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 624).
- Fortin, J. P., Royer, A. et Lavoie, P. (2003). *Implantation du modèle hydrologique Hydrotel dans le système de prévision des apports naturels à court et moyen termes sur les bassins d'Hydro-Québec en vue de l'amélioration de la gestion des systèmes au fil de l'eau*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, vii, 157 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 624b).
- Gignac, N., Ouarda, T. B. M. J., Chokmani, K., Gingras, H., Kouider, A. et Bobée, B. (2003). *Régionalisation et cartographie des crues*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 149 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 636 f1) Confidentiel.
- Gignac, N., Ouarda, T. B. M. J., Gingras, H., Chokmani, K., Kouider, A., Ristic-Rudolf, Z. et Bobée, B. (2002). *Régionalisation et cartographie des crues: rapport préliminaire pour le projet Parde*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 95 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 636 e1) Confidentiel.
- Gingras, H., Ouarda, T. B. M. J., Ghedira, H. et Bobée, B. (2002). *Correction du débit en présence d'un effet de glace: développement du logiciel CORRECT*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 47 pages (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 626).
- Gingras, H., Ouarda, T. B. M. J., Ristic-Rudolf, Z., Kouider, A., Haché, M. et Bobée, B. (2002). *Guide de l'utilisateur du logiciel Regions*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 32 pages (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 638 g1).
- Kouider, A., Gingras, H., Ouarda, T. B. M. J., Bobée, B. et Ristic-Rudolf, Z. (2002). *Analyse fréquentielle locale et régionale et cartographie des crues au Québec*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 268 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 627 e1) Confidentiel.

- Lavallée, G., Martel, R. et Lefebvre, R. (2003). *Initial study of terrestrial forces training sites potentially contaminated by energetic materials, ATC Meaford*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 50 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 656) Confidentiel.
- Lavigne, M.-A., Martel, R., Lefebvre, R., Champagne, K., Stämpfli, N., Carrier, M.-A. et Lavallée, G. (2003). *Potentially contaminated sites by energetic materials at Canadian Force Bases (Synthesis report)*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 23 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 677) Confidentiel.
- Leclerc, M. (2002). *Questions et commentaires relatifs à la détermination des débits réservés écologiques pour le projet Pikauba au Saguenay*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 10 pages (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 620).
- Lefebvre, R., Wells, C. et Findlater, L.-L. (2002). *Initial numerical simulations of ARD and air flow in the Grasberg overburden stockpiles, Irian Jaya, Indonesia*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 72 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 628, Confidentiel).
- Malo, M. et Bertrand, R. (2003). Proposition de travaux pour la mise en valeur des permis d'exploration d'hydrocarbures de Petrolia, région des monts Berry, Gaspésie. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 17 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 711).
- Onibon, H., Favre, A. C., Perreault, L., Slivitzky, M. et Bobée, B. (2003). *Projet BAYES-RDC: Approche bayésienne d'analyse de fréquence des volumes d'apports naturels à SM-3*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 35 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 642).
- Pontlevoy, O., Lefebvre, R et Martel, R. (2002). *Modélisation régionale de l'écoulement de l'eau souterraine dans la région de Ville-Mercier, Québec*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 45 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 630, Confidentiel).
- Proulx, S., Cluis, D. et Racine, M. J. (2002). *Application du modèle de simulation diffuse agricole AnnAGNPS au bassin versant de la rivière Boyer*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 60 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 625).
- Racine, M. J. (2002). *Analyse de l'effet du changement de résolution matricielle d'un modèle numérique d'altitude sur les performances d'un modèle de simulation de la qualité de l'eau en milieu agricole*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 33 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 623).
- Richer-Lafleche, M. et Bergeron, M. (2002). *Prospection géologique et géophysique de minéralisations chromifères et platinifères dans le complexe intrusif de Ménarik*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 78 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 657).
- Rousseau, A. N. (2002). *Orontes Water Information System - Capacity Building for DBMS/GIS Analysis - August-September, 2002 Mission in Damascus and Hamma, Syrian Arab Republic. Mission report no1*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 55 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 635).
- Séjourné, S. et Malo, M. (2002). *Subsurface geology of southerne Québec Appalachians structural font*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 49 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 712).
- Séjourné, S. et Malo, M. (2002). *Surface geology of autochthonous domain near southern Québec Appalachians structural front and comparison with subsurface data*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 27 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 713).
- Séjourné, S., Sciences Ressources et Malo, M. (2002). *Interpretation of the seisme line VIBRA 83-900*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 4 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 714).

St-Hilaire, A., Lachance, M., Bobée, B., Thiémonge, N. et Pion, C. (2003). *Interaction hydrologue-gestionnaire et traitement de l'incertitude pour la conception des ouvrages*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 55 pages. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche ; 646).

Villeneuve, J. P., Mailhot, A. et Nepton, M. (2002). *Étude de la problématique de l'approvisionnement en eau potable de sept localités de la Côte-Nord. (rapport préliminaire final)*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 120 pages + 4 annexes. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 633a, Temporairement confidentiel).

Villeneuve, J. P., Mailhot, A. et Nepton, M. (2002). *Étude de la problématique de l'approvisionnement en eau potable de sept localités de la Côte-Nord. (rapport final)*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 120 pages + 4 annexes. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 633 b, Temporairement confidentiel).

Villeneuve, J. P., Rousseau, A. N., Fortin, V., Slivitzky, M. et Turcotte, R. (2002). *Analyse des apports saisonniers et annuels de systèmes hydriques nordiques - Étude d'avant-projet*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 38 pages + 3 annexes. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 622).

Villeneuve, J. P., Rousseau, A. N., Larocque, M., Lefebvre, R., Michaud, Y., Slivitzky, M. et Turcotte, R. (2002). *Étude des processus hydrologiques et hydrogéologiques responsables des conditions d'étiage et de recharge des bassins versants du sud du Québec - Étude d'avant-projet*. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, 56 pages + 4 annexes. (INRS-Eau, Terre & Environnement, rapport de recherche; 621).

Villeneuve, J. P., Rousseau, A. N., Mailhot, A., Salvano, E., Simard, B., Corriveau, R. et Tremblay, S. (2002). *Guide de l'utilisateur de GIBSI (Version II)*. Québec, INRS-Eau, 97 pages. (INRS-Eau, Manuel de l'utilisateur; 549-g1).

Villeneuve, J. P., Rousseau, A. N., Mailhot, A., Salvano, E. et Tremblay, S. (2002). *GIBSI II : Rapport synthèse - Développement du cadre d'application de GIBSI pour le calcul d'objectifs environnementaux de rejets diffus en milieu agricole*. Québec, INRS-Eau, 70 pages. (INRS-Eau, rapport de synthèse; 549-s1, Temporairement confidentiel).

Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise

Bergeron, P. (2003). *Dynamique récente de quelques versants argileux des régions de la Baie et de la rivière des Outaouais : une analyse dendrochronologique*. [Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M.Sc.) en Sciences de l'eau]. Bégin, C. (Directeur). Québec, Université du Québec, 73 pages.

Ghedira, H. (2002). *Utilisation des réseaux de neurones pour la cartographie des milieux humides à partir d'une série temporelle d'images RADARSAT - 1*. [Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (PhD) en Sciences de l'eau]. Bernier, M. (Directrice). Québec, Université du Québec, 212 pages.

Johnston, P. (2002). *Facteurs physiques influençant le comportement hivernal et la croissance des saumons atlantique juvéniles (*Salmon salar* L.) des rivières Petite Cascapédia et Bonaventure (Gaspésie, Québec)*. [Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M.Sc.) en Sciences de l'eau]. Bergeron, M. (Directeur). Québec, Université du Québec, 100 pages.

Lalonde, J. D. (2003). *Les réactions d'oxydoréduction du Hg dans l'eau de surface et la neige*. [Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (Ph.D.) en Sciences de l'eau]. Amyot, M. (Directeur). Québec, Université du Québec, 175 pages.

Mailloux, M. (2002). *Caractérisation et modélisation numérique du comportement des matériaux énergétiques dans les sols et l'eau souterraine d'un site d'entraînement aint-char*. [Mémoire présenté dans l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M.Sc.) en Sciences de l'eau]. Martel, R. (Directeur). Québec, Université du Québec, 268 pages.

Marquis, F. (2002). *Incidence des propriétés minérales du dépôt sur la composition de la solution de sol et la nutrition de l'érable: vers une typologie du statut nutritif de l'érable.* [Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (PhD) en Sciences de l'eau]. Lachance, M. (Directeur). Québec, Université du Québec, 201 pages.

Naulet, R. (2002). *Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure prédétermination du risque d'inondation. Application au bassin de l'Ardèche à Vallon Pont-d'Arc et St-Martin d'Ardèche.* [Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (PhD) en Sciences de la Terre et de l'Univers]. Lang, M. et Ouarda, T. B. M. J. (Directeurs). Québec, Université du Québec, 322 pages.

Poulain, A. (2002). *Réduction biologique et photochimique du mercure dans un lac du bouclier canadien : cas du lac 658 de la région des lacs expérimentaux.* [Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M.Sc.) en Sciences de l'eau]. Amyot, M. (Directeur). Québec, Université du Québec, 83 pages.

Savary, S. (2002). *Modélisation et suivi complet du couvert nival, sur le sous-bassin LG4 de la rivière La Grande, à l'aide du modèle français CROCUS.* [Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M. Sc.) en Science de l'eau.]. Fortin, J. P. (Directeur). Québec, Université du Québec, 228 pages.

Shen, S. (2002). *Enlèvement et récupération du chrome (III) des boues de tannerie.* [Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (PhD) en Sciences de l'eau]. Blais, J. F. (Directeur). Québec, Université du Québec, 228 pages.

Mémoires de stage

Afoundo, M. (2003). *Accumulation des métaux dans les plants de maïs suite à l'épandage de boues d'épuration décontaminées.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 23 p.

Baril, J. (2002). *À la Direction des évaluations environnementales.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 35 p.

Benhammane, S. (2002). *Évaluation préliminaire des impacts potentiels des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'Est du Canada.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 39 p.

Boucher, G. (2002). *Estimation des modèles Parma.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 13 p.

Bourget, G. (2002). *Rapport de stage professionnelle en Sciences de l'Eau effectué à l'Institut Maurice-Lamontagne.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 49 p.

De Saint-Simon, X. (2002). *Évaluation de la filière porcine du Sud-Ouest et pilote de traitement des déjections porcines.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 53 p.

Delage, D. (2002). *Outils et analyses écotoxicologiques du CEAEQ.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 35 p.

Nakhostine, S. (2002). *Étude du système de traitement de USS-Valcartier.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 57 p.

Paré, M. H. (2002). *Pollution de l'eau d'origine agricole.* [Rapport de stage pour Maîtrise professionnelle ès Sciences (Eau)]. Québec, INRS-Eau, Terre & Environnement, Université du Québec, 37 p.

Autres publications diverses

Bergeron, M. (18 décembre 2002). "Method of Decontaminating Soil/ Méthode de décontamination des sols." Institut national de la recherche scientifique. Canada. [Demande de brevet CA 2414648].

Bergeron, M. et Richer-Lafèche M. (2003). Method for increasing the chrome/iron ratio to chromite. Brevet application in États-Unis. [Demande de brevet US 60/445437]

Bergeron, M. et Richer-Lafèche M. (2003). Method for increasing the chrome/iron ratio to chromite. Brevet application au Canada [Demande de brevet CA 2418437].

Bergeron, N. et F. Bérubé (2002). *Jusqu'à la mer...* [film] Production : les films de l'argent de poche. 20 mn.

Bergeron, M. (2002). "Method of Decontaminating Soils." Institut national de la recherche scientifique. États Unis [Demande de brevet US 10325536].

Quarda, T. B. M. J., Gingras, H., Kouider, A., Rudolf, Z.-R., Barbet, M., Bobée, B. et Bruneau, P. (2003). Un modèle général pour l'estimation régionale des crues. *À propos de l'eau: Bulletin de L'Association canadienne des ressources hydriques*.
<http://www.cwra.org/WNewsMarTBS.pdf>

Roberge, G., Sauvageau, C., Mercier, G. et Chartier, M. (14 février 2003). "Method for removing metals from air pollution control residues." Institut National de la Recherche Scientifique. [Demande de brevet, CA 2319896].

Publications et communications des professeurs associés de la Commission géologique du Canada¹

Asselin, E. (2003). *Résultats palynologiques des successions de surface et de sous-surface du Paléozoïque inférieure de la région de la Vallée de la Matapédia*. Rapport interne de la Commission géologique du Canada- Division Québec, 16 p.

Asselin, E. (2003). *Rapport sur les analyses palynologiques effectuées dans le cadre des activités 2002 du projet CARTNAT. Bassins avant-pays appalachiens et plate-forme du Saint-Laurent*. Rapport interne de la Commission géologique du Canada- Division Québec, 23 p.

Asselin, E. (2002). Research news in palynology- Centre géoscientifique de Québec. Rapport d'activités de recherche en palynologie au CGQ pour le Chitinozoan *Newsletter* 22.

Beaumier, M., Parent, M. , Paradis, S.J. (2002). Exploration du diamant dans les sédiments d'esker (lac Bienville, 33P) et dans les tills (lac Anuk, 34O), dans : *Séminaire d'information du MRNQ Programme et résumés, DV 2002-10* , p. 35.

Beaumier, M., Moorhead, J., Parent, M. , Paradis, S.J. (2002). Overview of diamant exploration activities in Québec. Ontario Geological Survey Open House Meeting, Toronto.

Beaumier, M., Parent, M. , Paradis, S.J. (2002). *Exploration du diamant dans les sédiments d'eskers de la région du lac Bienville (33P) et dans les tills des régions des lacs Anuk (34O) et Vernon (34 J). Données digitales d'analyses à la micro sonde, DP 2002-01*, Ministère des Ressources naturelles du Québec, (CD-ROM).

Beaumier, M., Parent, M. , Paradis, S.J. (2003). *Minéraux indicateurs dans les régions des lacs Anuc (34O) et Bienville (33P), MB 2003-01*, Ministère des Ressources naturelles du Québec, pp. 9-16.

Beaumier, M., Moorhead, J., Parent, M. , Paradis, S.J. (2002). *Synthèse de l'activité d'exploration diamantifère au Québec*. pp. 21-22.

Bégin, C., Savard, M.M., Marion, J. (2003). Tree rings : High resolution records of past environmental changes. *Workshop on Paleoenvironmental records for Climate Change Impacts and Adaptation*, Regina, Canada.

¹ Ces publications ne sont pas comptabilisées dans les statistiques du Centre ETE

- Bégin, C., Savard, M.M., Parent, M., Marion, J., Smirnov, A. (2002). Dendrochronological and Dendrogeochemical Investigation on impacts of smelter emissions in the Rouyn-Noranda region. Dans : *GAC-MAC (Réunion annuelle) Abstract volume*, 27, p. 8.
- Bégin, C., Savard, M.M., Parent, M., Marion, J., Smirnov, A. (2002). Dendrochronological and dendrogeochemical investigations of smelter emissions impacts in the Rouyn-Noranda region. Dans : *Dendrochronology, Environmental Change and Human History*, pp. 11-12.
- Bégin, Y., Bégin, C., Delwaide, A. (2002) Dendroecology in the boreal and the subarctic Québec. Dans : *Dendrochronology, Environmental Change and Human History*, Post-conference excursion. Août 2002.
- Bonnet, A.-L., Corriveau, L. (2003) *Caractérisation structurale et métamorphique de la marge sud-est du Groupe de Wakeham, régions du lac Musquaro et de La Romaine, Province de Grenville (Québec, Canada)*, Recherches en cours, 2003-C17, Commission géologique du Canada, 11 p.
- Bonnet, A.-L., Corriveau, L., van Breemen, O., Tremblay, A. (2003) Amphibolite to granulite-facies Cu-Fe-oxides hydrothermal system in the Wakeham Group, Eastern Grenville Province, Quebec: a metamorphic study. Dans : *CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition, Program with Abstracts*.
- Bonnet, A.-L., Corriveau, L., van Breemen, O., Tremblay, A. (2003). Amphibolite to granulite-facies Cu-Fe-oxides hydrothermal system in the Wakeham Group, Eastern Grenville Province, Quebec: a metamorphic study. Dans : *CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition, Canadian Institute of Mining, Technical Paper*, (CD-ROM).
- Bonnet, A.-L., Corriveau, L., van Breemen, O., Tremblay, A. (2003). Caractéristiques structurales et métamorphiques du système hydrothermal Cu-Oxydes de Fe métamorphisé à haut-grade, Groupe de Wakeham, Province de Grenville. Dans : *Journée des Sciences de la Terre, Résumés*.
- Bourque, P.-A., Lavoie, D. (2002). *Synthèse des unités à potentiel de réservoirs à hydrocarbures, Cambrien à Dévonien de l'est du Québec*. Communication confidentielle, Hydro-Québec, Québec.
- Brennan-Alpert, P., Desrochers, A., Lavoie, D., Chi, G. (2002). Regional-scale depositional and diagenetic variations in passive margin carbonates of the Lower Paleozoic Anticosti Basin, Eastern Québec, Canada. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Carrier, C., Michaud, Y., Crowe, A., Allard, M. (2002). Caractérisation hydrogéologique d'une tourbière ombrothrophe dans le sud-est du Nouveau-Brunswick : Résultats préliminaires. Dans : *Ground and Water: Theory to Practice*, pp. 227-234.
- Carrier, C., Michaud, Y., Crowe, A., Allard, M. (2002). Caractérisation et modélisation hydrogéologiques d'une tourbière ombrotrophe : modèle conceptuel. Dans : *New Brunswick open house Information Circular 2002-1*, pp. 11-12.
- Castonguay, S., Dietrich, J. (2002) Reprocessed Vintage Seismic Reflection Data for an Improved Subsurface Imagery of the Laurentian Margin Architecture: Southern Québec Appalachians. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Castonguay, S., Tremblay, A. (2003). Tectonic evolution and significance of Silurian-Early Devonian hinterland-directed deformation in the internal Humber zone of the southern Québec Appalachians. *Can. J. Earth Sci.*, 40(2) : 255-268.
- Castonguay, S., Séjourné, S., Dietrich, J. (2003). The Appalachian structural front in Southern Québec : Seismic and field evidence for complex structures and a triangle zone at the edge of the foreland thrust belt. Dans : *1st Joint Meeting, Northeastern Section, GSA, and Atlantic Geoscience Society*, vol. 35.

- Chalifoux, S., Michaud, Y., Rivard, C., Chiasson, R., Deblonde, C., Boudreau, S. (2003) Radarsat-1 and Landsat contribution for the sustainable management of groundwater resources, dans : Halifax 2003, Geological Society of America, Northeastern Section Meeting, 35(3):3.
- Chalifoux, S., Michaud, Y., Rivard, C. (2002). Apport des images RADARSAT-1 et Landsat pour une gestion durable des ressources en eau souterraine. Dans: *New Brunswick open house Information Circular 2002-1*, pp. 17-18.
- Chalifoux, S., Michaud, Y., Rivard, C., Chiasson, R., Deblonde, C., Boudreau, S. (2002). Radarsat-1 and Landsat contribution for the sustainable management of groundwater resources. Dans : *Mining matters for Nova Scotia 2002. Opportunities for economic development. ME 2002-2*, p. 7.
- Chevé, S.R., Roy, P., Cousineau, P.-A., Lavoie, D. (2002). Lithogéochimie en milieu sédimentaire détritique : application en Gaspésie dans l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé. Dans : *Séminaire d'information du MRNQ, Québec*.
- Chi, G., Giles, P.S., Williamson, M.A., Lavoie, D., Bertrand, R. (2002). Diagenesis and reservoir potential of Upper Carboniferous sandstones in the Maritimes Basin, eastern Canada. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Chi, G., Lavoie, D., Bertrand, R. (2002). Hydrocarbon fluid inclusions in Paleozoic basins in eastern Canada - Records of hydrocarbon migration and charge. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Corriveau, L., Bonnet, A.-L., van Breemen, O., Pilote, P. (2003). *Tracking the Wakeham Group volcanics and associated Cu-Fe-oxides hydrothermal activity from La Romaine eastward, Eastern Grenville, Québec*. Current Research, 2003-C12, Commission géologique du Canada, 11 p.
- Corriveau, L., Bonnet, A.-L., van Breemen, O., Pilote, P. (2003). Field identification of Cu-Au-Fe-oxides bearing hydrothermal systems in undifferentiated gneiss complexes of the Grenville Province, dans: *CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition, Program with Abstracts*.
- Corriveau, L., Blein, O., Bonnet, A.-L., Fu, W., Pilote, P., van Breemen, O. (2003). Field identification of Cu-Au-Fe-oxides bearing hydrothermal systems in undifferentiated gneiss complexes of the Grenville Province. Dans : *Canadian Institute of Mining, Technical Paper*, (CD-ROM).
- Corriveau, L., Bonnet, A.-L., van Breemen, O., Pilote, P. (2003). Tracking the Wakeham Group volcanics and associated Cu-Fe-oxides hydrothermal activity from La Romaine eastward, Eastern Grenville Province, Québec : A Targeted Geoscience Initiative in a frontier high-grade metamorphic terrains. Dans : *CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition*.
- Corriveau, L. (2002). Contrasting the 1.4 to 1.0 Ga geology of the Central Metasedimentary Belt in Québec and the Wakeham Group extension in the Musquaro-La Romaine area, Grenville Province, *IGCP-440, Rodinia Workshop, L'Annonciation, Québec*.
- Corriveau, L., Nadeau, L., van Breemen, O., Bonnet, A.-L., Brouillette, P. (2003). Le Groupe de Wakeham et les domaines gneissiques et plutoniques environnants le long d'un transect Labrador-Québec, Grenville oriental. *Pan-Lithoprobe Workshop, Merrickville*.
- Corriveau, L., Bonnet, A.-L., van Breemen, O., Pilote, P. (2003). Tracking the Wakeham Group volcanics and associated Cu-Fe-oxides hydrothermal activity from La Romaine eastward, Eastern Grenville Province, Québec : A Targeted Geoscience Initiative in a frontier high-grade metamorphic terrains. Dans: *CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition; Canadian Institute of Mining, Technical Paper*.
- Corriveau, L., Blein, O., Bonnet, A.-L., Pilote, P. (2003). *Mineral exploration beyond known mining camps: a bright outlook for uncharted Canadian gneiss terrains*. Prospectors and Developers Association, Toronto.

- Corriveau, L., Nadeau, L., van Breemen, O., Brouillette, P., Bonnet, A.-L., Gervais, F., Scherrer, G., Parsons, S., Pilote, P. (2002). Le Groupe de Wakeham entre Havre St-Pierre et Baie des Loups (SNRC 12K/ 12L: Cadre tectonique et perspective d'exploration. Dans : *Séminaire d'information du MRNQ Programme et résumé 2002, DV 2002-10*, p. 47.
- Côté, P., Turner, B., Clague, J. (2003). GEOSCAPE CANADA: engaging the public in the geological issues and heritage of Canadian communities. *What on Earth.*, 1:17-21.
- Côté, P., Turner, B. (2002). *Géopanorama du Canada : un projet de sensibilisation au patrimoine géologique et naturel : survol des affiches de Québec, Montréal, Vancouver, Victoria et Calgary*. Séminaire d'information du Ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec.
- Davidson, A., Easton, R., Corriveau, L., Martignole, J. (2002) Trip B6: Transect of the southwestern Grenville Province. Dans: *Réunion annuelle du GAC-MAC Guide d'excursion*, B6, 114 p.
- Giguère, E., Hébert, R., Beaudoin, G., Bédard, J.H., Berclaz, A. (2003). Hydrothermal circulation and metamorphism in crustal rocks of the Bay of Islands ophiolite complex, Newfoundland, Canada. *Ophiolite Volume, Special Publication*.
- Kim, J., Castonguay, S., Tremblay, A., Thompson, P., Bédard, J.H. (2003). Comparative structural, metamorphic, and geochemical transects across the Dunnage and internal Humber zones in the Northern Vermont and Southern Québec Appalachians. Dans : *1st Joint Meeting, Northeastern Section, GSA, and Atlantic Geoscience Society*, 35(3):97-98.
- Lauzière, K., Bolduc, A.M., Ross, M., Hamel, A., Cloutier, V., Bourque, E., Murat, V., Rocher, M., Salad-Hersi, O., Castonguay, S., Parent, M. (2002). *Caractérisation hydrogéologique régionale du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec, Partie III, (version révisée)*. *Atlas hydrogéologique du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec*, Daniel Paradis, Martine M. Savard, Miroslav Nastev & René Lefebvre (Eds). Rapport final révisé, remis au Conseil régional de développement des Laurentides, et aux Municipalités régionales de comté d'Argenteuil, Deux-Montagnes, Mirabel et Thérèse de Blainville, 49 p.
- Lavoie, D., Burden, E., Lebel, D. (2002). Stratigraphic framework of the Cambrian-Ordovician rift-early drift and passive margin slope succession from southern Quebec to Newfoundland. *Can. J. Earth Sci. Special Issue*, 40 : 177-205.
- Lavoie, D. (2002) *Levés géologiques et potentiel en hydrocarbures des bassins Paléozoïques de l'est canadien*. Communication confidentielle, Hydro-Québec, Québec.
- Lavoie, D., Brisebois, D., Carroll, J. (2002) Stratigraphie et corrélation transfrontalière Québec - Nouveau-Brunswick. *Atelier NATMAP*, Québec.
- Lavoie, D. (2002). Knowledge gap assessment - the eastern Canada Foreland NATMAP exemple. *Winnipeg 2002 CCGK workshop*, Winnipeg.
- Lavoie, D., Lebel, D., Brisebois, D., Morin, C., McCutcheon, S.R., Colman-Sadd, S. (2002). Les Ponts Géologiques de l'est du Canada: un exemple unique de partenariat géoscientifique - bilan des activités 1999-2002. Dans : *Séminaire d'information du MRNQ*.
- Lavoie, D. (2002). *Hydrothermalism in the Trenton Formation, NACP core, Anticosti Island*. Communication confidentielle, Corridor Resources, Québec.
- Lavoie, D. (2002). Regional Cambrian-Ordovician stratigraphic framework along the eastern margin of Laurentia: relationship with known hydrocarbon reservoirs. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Lavoie, D. (2003). Le potentiel réservoir à hydrocarbures des unités cambriennes à carbonifères de l'est du Québec. Communication confidentielle, Hydro-Québec, Québec.
- Lavoie, D. (2002). Évolution de la marge laurentienne au Paléozoïque : les ponts géologiques de l'Est du Canada (CARTNAT). Revue de programme de la CGC, Québec.

- Lavoie, D. (2002). Stratigraphie et potentiel en réservoirs à hydrocarbures du Groupe de Beekmantown, sud de Montréal, Communication confidentielle, DITEM, Québec.
- Lavoie, D. (2002). *Hydrothermal dolomitization on Anticosti Island, significance for reservoir development*. Communication confidentielle, Corridor Resources, Québec.
- Lavoie, D., Chi, G., Fowler, M. (2002). The Lower Devonian Upper Gaspé Limestones in eastern Gaspé : Diagenetic evolution of a fracture reservoir and hydrocarbon migration record. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Lavoie, D., Chi, G. (2002). The Lower Silurian Sayabec Formation in northern Gaspé: Hydrothermal dolomite and reservoir potential. Dans : *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Lavoie, D., Chi, G. (2002). The Lower Silurian Val-Brillant Formation: generation of secondary porosity and hydrocarbon migration record. Dans: *CSPG, Diamond Jubilee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Lavoie, D. (2003). A deltaic regime recorded by the lower devonian compton formation in southern quebec: regional implications. *GSA Northeastern Section - 38th Annual Meeting (Halifax, March 27-29, 2003)*.
- Lavoie, D. (2003). *Hydrothermal imprints on the diagenetic evolution of the Trenton Group in the NACP well on Anticosti Island, significance for reservoir development*. Confidential report to Corridor Resources.
- Lavoie, D., Lebel, D., Colman-Sadd, S. et al. (2002). Appalachian foreland and platform architecture in Quebec, New Brunswick and Newfoundland : report of progress of the Geological Bridges of Eastern Canada. Dans: *Geological Survey of Newfoundland and Labrador, Review of Activities*.
- Lavoie, D., Castonguay, S., Carroll, J., Wilson, R.A (2002). The Humber Zone and Silurian - Devonian succession in southern Gaspé - northern New Brunswick. *NATMAP 2002 field trip*, Gaspésie.
- Lavoie, D., Chi, G. (2003). Contrasting styles of dolomitization between the Lower Ordovician Romaine and Middle-Upper Ordovician Mingan ("Trenton") formations in the subsurface of Anticosti Island: Implications for hydrothermal reservoir development.
- Lavoie, D. (2002). Potentiel en hydrocarbures de la région du Témiscouata. Communication confidentielle DITEM, Québec.
- Lebel, D., Lavoie, D., Michaud, Y., Parent, M. (2002). *Le programme CCGK, portée des travaux de synthèse géoscientifique au Québec. Rencontre de programmation CGC-MRNQ*, Québec.
- Lemieux, Y., Tremblay, A., Lavoie, D. (2003). Structural analysis of supracrustal faults in the Charlevoix area: relation to impact cratering. *Can. J. Earth Sci. Special Issue 40* : 221-235.
- Long, B.F., Pinet, N., Grant, A., Lavoie, D., Castonguay, S. (2003) *Synthèse des données de sismique réflexion dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. - Nouveaux modèles pour le Paléozoïque et priorisation des secteurs*. Confidential report to Hydro-Québec.
- Michaud, Y. (2002). Impact de la dynamique hivernale sur le milieu physique. Dans: *Atelier thématique sur la dynamique de l'hiver*, (CD-Rom).
- Michaud, Y., Rivard, C. (2002). *Initiative sur les eaux souterraines dans les Maritimes : revue de fin d'année*, pp. 24-25.
- Minarik, W., Pagé, P., Bécu, V., Bédard, J.H., Walker, R. (2002). Osmium Isotopes from Appalachian Ophiolite Chromites. Dans : *Transactions of the American Geophysical Union, EOS, 83(47), T61A*.
- Morin, R. H., Thériault, T., Therrien, R., Michaud, Y. (2002). Generalized hydrogeologic properties of the Maritimes Carboniferous basin from downhole measurements in selected wells, Eastern Canada. Dans: *Ground and Water: Theory to Practice*, pp. 247-254.

- Morin, R. H., Calvert, T., Rivard, C., Michaud, Y. (2003). Integrating surface and borehole geophysics with pumping tests to investigate the hydrostratigraphy of the Maritimes Carboniferous Basin: case study from Sackville, New Brunswick. Dans : *Halifax 2003, Geological Society of America, Northeastern Section Meeting*, 35(3): 31.
- Pagé, P., Schroetter, J.-M., Bécu, V., Bédard, J.H., Tremblay, A., Minarik, W. (2003). Petrological and structural setting of Platinum Group Element and chrome mineralization of the Thetford Mines Ophiolitic Complex, Southern Québec Appalachians, Canada. Dans: *Halifax 2003, Geological Society of America, Northeastern Section Meeting*, 35(3):6.
- Pagé, P., Bécu, V., Schroetter, J.-M., Bédard, J.H., Tremblay, A., Minarik, W. (2002). Contexte Pétrologique et Structural des minéralisations en ÉGP et chromite de l'Ophiolite de Thetford Mines. Dans : *Séminaire d'information du Ministère des Ressources naturelles du Québec, DV2002-10*, p. 43.
- Paradis, D. (2002). Élaboration d'une carte piézométrique régionale *Guide méthodologique pour la caractérisation hydrogéologique régionale des systèmes aquifères en roches sédimentaires fracturées*. chapitre 3, p. 24.
- Parent, M., Beaumier, M., Marion, J. (2002). Dynamique glaciaire polyphasée et levé de reconnaissance des minéraux indicateurs kimberlitiques dans les eskers de l'ouest du corridor Saindon-Cambrien, nord du Québec. Dans: *Séminaire d'information sur la recherche géologique, Programme et résumés, DV 2002-10*, p. 35.
- Parent, M. (2002). *Dynamique glaciaire polyphasée et prospection glacio-sédimentaire au Québec*. Conférence et atelier présentés chez SOQUEM. 2 mai 2002.
- Parent, M., Paradis, S.J. (2002). Polyphase glacial dynamics in the eastern Laurentide Ice Sheet-The role of ice streams and dispersal centers. Dans : *Geological Society of America Annual Meeting Abstracts with Programs September 2002. (Conférence)*, 34(6):323, session 145-3.
- Parent, M., Paradis, S.J., Beaumier, M. (2003). *Dynamique glaciaire polyphasée et dispersion glacio-sédimentaire dans la région du lac Anuc (340), nord du Québec, MB 2003-01*. Ministère des Ressources naturelles du Québec, pp. 55-61.
- Rivard, C., Michaud, Y., Rivera, A., Castonguay, S., Deblonde, C., Julien, H.P. (2002). Conceptual hydrogeological model of the Maritimes Carboniferous basin aquifers, Eastern Canada. Dans : *Ground and Water: Theory to Practice*, pp. 219-226.
- Ross, M., Parent, M. (2002). New insights on Wisconsinan stratigraphy and ice dynamics of Upper St. Lawrence Lowlands near Montreal. Dans : *Abstracts with Program*, 34(6):475.
- Salad-Hersi, O., Lavoie, D., Hilowle, A., Nowlan, G. (2002). Subaerial unconformity at the Potsdam-Beekmantown contact in the Quebec Reentrant: regional significance for the Laurentian continental margin history. *Can. Bull. Petrol. Geol.*, 50: 419-440.
- Salad-Hersi, O., Lavoie, D., Nowlan, G. (2003). Reappraisal of the Beekmantown Group sedimentology and stratigraphy, Montréal Area, southwest Quebec: implications for understanding the depositional evolution of the Lower - Middle Ordovician Laurentian passive margin of eastern Canada. *Can. J. Earth Sci.* 40(2) : 149-176.
- Salad-Hersi, O., Lavoie, D., Nowlan, G. (2002). Stratigraphy and sedimentology of the Upper Cambrian Strites Pond Formation, Philipsburg Group, southern Quebec, and its implication for the Cambrian platform in eastern Canada, *Can. Bull. Petrol. Geol.*, 50: 542-565.
- Samson, C., Bourque, P.-A., Lavoie, D. (2002). Reconstruction of the Cambrian-early Ordovician carbonate shelf along Laurentia : significance of the Lévis conglomerate, Québec Appalachians. Dans: *CSPG, Diamond Julibee Convention, June 3-7, 2002, Calgary, Alberta, Program with Abstracts*.
- Samson, C., Bourque, P.-A., Lavoie, D. (2003). Reconstruction of the Cambrian-early Ordovician carbonate shelf along Laurentia : significance of the Lévis conglomerate, Québec Appalachians. Dans: *1st Joint Meeting, Northeastern Section, GSA, and Atlantic Geoscience Society*.

Savard, M.M., Bégin, C., Parent, M., Smirnov, A., Marion, J., Sharp, Z. (2002). Spatio-temporal records of smelter emissions by stable and radiogenic isotopes in *Picea* sp. Dans : *Dendrochronology, Environmental Change and Human History*, pp. 294-296.

Schroetter, J.-M., Pagé, P., Bédard, J.H., Tremblay, A., Bécu, V. (2002). Forearc extension and seafloor spreading in the Thetford Mines Ophiolite complex. Dans : *Ophiolite Volume, Special Publication*, Geological Society of London.

Williamson, K., Corriveau, L., Bonnet, A.-L., Parsons, S. (2003). Reconnaissance de systèmes hydrothermaux métamorphisés dans les terrains de haut grade métamorphique : Outils géologiques diagnostiques et implications pour l'exploration régionale. Dans : *Canadian Institute of Mining, Technical Paper*, (CD-ROM).

Williamson, K., Corriveau, L., Parsons, S., Fu, W. (2003). Recognition of metamorphosed hydrothermal systems in high grade metamorphic terrains : Diagnostic geological tools and implications for regional exploration, a DIVEX contribution. Dans : CIM Montreal 2003 Mining Industry Conference and Exhibition, Program with Abstracts.

*Statistiques des publications et communications
de l'INRS-ETE pour l'année 2002-2003*

Rapport annuel	1
Articles publiés dans des revues scientifiques	86
Brevets	6
Communications ou publications avec arbitrage	94
Communications ou publications sans arbitrage	93
Livres ou ouvrages collectifs	8
Rapports de recherche	34
Divers	7
Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	10
Mémoires de stage	9
TOTAL	348

6. SÉMINAIRES ET COLLOQUES

En 2002-2003, les professeurs Yvon Héroux et Marius Lachance se sont occupés de l'organisation des séminaires, colloques et conférences. Ces activités comprenaient les séminaires réguliers présentés par les étudiants de deuxième et troisième cycles dans le cadre des programmes de maîtrise et de doctorat, la série de "Séminaires du mercredi midi" (présentés par les chercheurs du Centre), ainsi qu'un programme de conférenciers invités.

La liste des communications sur invitation tenues à l'INRS-ETE ainsi que dans le cadre du programme conjoint des conférences "Centre géoscientifique de Québec - Géologie Québec - Université Laval" apparaît ci-dessous.

M. HABERMAN, stagiaire de l'Institut Supérieur Industriel de Bruxelles, Belgique
Utilisation d'écaillés de cacao pour la récupération du plomb solubilisé lors de la lixiviation chimique de sol contaminé.
17 juin 2002

G. BATEY, Centre for Advanced Analytical Chemistry CSIRO, Lucas Heights New South Wales Australia
Uncertainties in Sediment Quality Assessment
29 août 2002

H. ZHANG, Climate Research Branch, Meteorological Service of Canada
Towards regional scale climate change detection
20 septembre 2002

J. BERNIER, professeur invité de l'INRS-ETE, retraité de "Électricité de France"(EDF).
Analyse bactérienne des événements hydrologiques extrêmes
20 septembre 2002

P. LUCAS-PICHER, Université du Québec à Montréal
Première validation du routage des rivières dans le MRCC
16 octobre 2002

R. HEDGER, Research Fellow, Department of Geography, University of Edinburg, UK
Spatial dynamics in coastal and inland waters
29 octobre 2002

A. ROYER, professeur, A. LANGLOIS, étudiant, CARTEL, Université de Sherbrooke
Variabilité climatique du couvert nival par satellite
15 novembre 2002

M. BOUCHARD-VALENTYNE, Département de biologie, Université Laval
Dynamique des cyanobactéries dans le lac St-Augustin
20 novembre 2002

S. BOUCHARD, Service de l'assainissement agricole, Environnement Québec
Présentation du nouveau règlement sur les exploitations agricoles
20 novembre 2002

A. SOUCY, Membre du comité de transition de la Ville de Québec
La gestion de projet lors de la mise en place de la nouvelle Ville de Québec
6 décembre 2002

G.D. HAFFNER, Great Lakes Institute for Environment Research, University of Windsor
The physical and biological limnology of an ancient, tropical lake (Lake Jatana, Sulawesi Island, Indonesia)
12 décembre 2002

D. DEMERS, Ministère des transports du Québec
Stabilité des falaises argileuses du lac Saint-Jean, région de Desbiens, Application au zonage des secteurs à coulées argileuses
13 décembre 2002

P. OUTRIDGE, Geological Survey of Canada, Ottawa
Mammal teeth as archives of environmental metals - some applications in wildlife ecology and environmental chemistry
20 décembre 2002

L. NADEAU, CGC-Québec Géologie du Wakeham
17 janvier 2003

R. TURCOTTE, Environnement Québec
Le développement du système de prévision hydrologique du Centre d'expertise hydrique du ministère de l'Environnement du Québec
22 janvier 2003

J. BECHARA, Consejo Nacional de la Recherche Científica (CONICET), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina
Nouvelles applications de la modélisation des habitats fluviaux: la transparence de l'eau et son importance dans l'évolution récente des populations de poissons au lac Saint-François
21 février 2003

J.W. LABADIE, Professor, Department of Civil Engineering, Colorado State University
Optimization of the probability distribution of managed stormwater runoff
14 mars 2003

S. LANE, Professeur and Director of Research, University of Leeds, UK
Rocks in rivers and houses in floodplains: the fusion of remote sensing and CFD in rivers research
18 mars 2003

S. COURTENAY, Chercheur Pêches et Océans Canada, et Université de Moncton
Impact de la récolte de tourbe sur l'écosystème de la rivière Richibouctou, Nouveau-Brunswick
21 mars 2003

J.P. DEDIEU, Centre National de la Recherche scientifique (CNRS), Grenoble, France
Application en domaine alpin des méthodologies développées à l'INRS-ETE pour le suivi de la neige (Optique, Radar)
2 avril 2003

E. AHNER, Cornell University, Ithaca, New-York
Sources and sinks of biogenic trace metal ligands in surface seawater
11 avril 2003

N.M. FRANKLIN, Chercheure postdoctorale, University McMaster
Application of flow cytometry to the development of microalgal toxicity tests to assessing metal bioavailability
29 mai 2003

7. SERVICES

L'Administration

L'année 2002-2003 en a été une de consolidation. Une fois les différentes étapes franchies pour l'harmonisation des pratiques et procédures, nous avons tout mis en oeuvre pour répondre le plus efficacement et le plus rapidement possible aux différentes demandes de services. Que ce soit au niveau d'embauche de personnel, de demandes d'achat, de demandes de remboursement ou autres, nous avons fait l'impossible pour appuyer efficacement les équipes de recherche.

Il faut mentionner également que, suite aux différentes ouvertures de postes, l'année a été marquée par l'arrivée de nouveaux professeurs. Nous avons procédé à l'accueil de ces professeurs en leur accordant une attention particulière, notamment en ce qui concerne les questions administratives.

En ce qui a trait à la gestion financière, nous avons finalement fonctionné avec un seul budget puisque le regroupement des deux centres était complété. Nous avons maintenu un contrôle serré des revenus et dépenses et apporté une attention particulière aux comptes à recevoir. De plus, les règles de certains organismes s'étant resserrées, nous avons consacré beaucoup de temps à la gestion des projets de recherche; particulièrement en ce qui concerne la production de rapports financiers.

Enfin, mentionnons que le service de l'administration, dans le but d'améliorer sa performance, s'est donné comme objectif de revoir l'ensemble de ses méthodes de travail. Nous avons commencé le processus qui se poursuivra au cours de la prochaine année.

La Documentation

L'année 2002-2003 a vu le renforcement de l'intégration des services documentaires de l'INRS sur plusieurs fronts, tant en terme de produits que de tâches partagées. Signalons notamment l'ajout des titres électroniques ScienceDirect (Elsevier) et Wiley Interscience, soit plus de 2000 titres de journaux dont certains parmi les plus utilisés par nos chercheurs. Nous avons également renforcé notre intégration dans les domaines de la fourniture de documents, des prestations de services bibliographiques, du support technologique et des services techniques.

Notre équipe s'est aussi impliquée dans divers projets de l'Université du Québec, dont celui de la production de thèses électroniques.

Parmi les autres tâches d'importance, la planification des locaux du service dans le futur bâtiment de l'INRS et la préparation du nouveau site web du centre sont à signaler.

Enfin, tout comme par les années passées, le service de la documentation a apporté un concours actif aux activités académiques des chercheurs du centre: organisation de colloques, publications électroniques, support technique pour la Revue des sciences de l'eau, etc.

L'Informatique

Le Service informatique a pour mandat la gestion des télécommunications du Centre, le support des plates-formes informatiques communes, la gestion centralisée des achats de matériel informatique et de logiciels communs, ainsi que le support informatique et bureautique auprès des équipes de recherche, des étudiants et des services à la recherche.

L'équipe informatique comprend six membres, dont cinq réguliers, auxquels s'ajoutent, ponctuellement, des stagiaires. On y retrouve le responsable du service, un analyste en informatique, deux techniciens, une agente de bureau et la participation d'un professionnel externe, en prêt de service. Trois stagiaires ont participé en cours d'année au développement de projets.

Le service informatique assure notamment le développement et le support du réseau de télécommunications, la sécurité d'accès au réseau informatique, le contrôle du courrier électronique et du branchement Internet, la gestion des plate-formes informatiques communes, la gestion et le support des laboratoires informatiques des étudiants et aussi la gestion du système téléphonique, des photocopieurs et des télécopieurs (fax). Il offre le support informatique aux différents services du Centre; il s'implique aussi dans l'implantation, la mise à jour et le support de différents logiciels auprès des usagers, dans l'achat des postes de travail et des logiciels communs, dans l'installation et l'entretien de l'équipement.

Au bilan des réalisations, l'année écoulée peut être considérée comme une année de restructuration et de consolidation des infrastructures et des méthodes de gestion, influencée par le regroupement prochain des infrastructures dans le nouvel édifice prévu pour 2004. Notons simplement :

-en réseautique, le transfert de tous les postes de travail du personnel, des étudiants et des chercheurs de l'édifice Bois-Fontaine, sur le segment local du réseau ETE; aussi le regroupement de sous-réseaux, au Carrefour Molson, en un segment plus robuste.

-en informatique, la mise à niveau des postes de travail à l'édifice Bois-Fontaine et l'installation de quelques serveurs d'applications;

-en support à l'information, un inventaire des ressource matérielles et des logiciels et le développement d'un nouvel Intranet dont la structure facilite la gestion et le support.

Le service a aussi fait l'acquisition de logiciels de gestion de réseaux et étudié le déploiement d'une structure permettant de mieux isoler le réseau interne, des serveurs accessibles de l'extérieur.

Deux dessinateurs se greffent aussi au service informatique. Ces deux professionnels travaillent principalement pour le «laboratoire de cartographie numérique et de photogrammétrie (LCNP)» et se spécialisent dans les domaines de l'infographie (CorelDraw, Photopaint, Photoshop et PowerPoint), dans la numérisation de documents (photos 400 dpi et diapositives 4000 dpi), dans la cartographie numérique, l'analyse spatiale (ArcGIS, Spatial Analyst, 3D Analyst, Mapinfo, Vertical Mapper, Idrisi, Gocad, Downhole Explorer, Autocad, MicroStation, Descartes,...) et la photogrammétrie (DVP).

Les Laboratoires

Les laboratoires constituent un service à la recherche pour le Centre. Un personnel expérimenté et une organisation matérielle particulière assurent la bonne marche de ce service. En effet, la mise en commun des appareils et du matériel de laboratoire, acquis par les professeurs grâce à des subventions, permet une utilisation optimale de toutes les ressources du laboratoire. Une gamme complète d'appareils et d'instruments de haute qualité est ainsi à la disposition de toutes les personnes impliquées dans la recherche expérimentale. Ce service assure à ces dernières un soutien matériel et technique, un environnement sécuritaire et un encadrement permanent.

Le responsable du laboratoire voit à la formation et à la supervision du personnel. Il répartit les tâches demandées par les professeurs et les chercheurs de manière à optimiser l'utilisation des ressources humaines. Il assure aussi la coordination professeurs - étudiants - techniciens - assistants - stagiaires et chercheurs postdoctoraux. Il tient à jour la documentation technique concernant les méthodes d'analyse et de traitement d'échantillons. Il voit à l'application des règles de travail et de sécurité au laboratoire et des procédures de contrôle de la qualité.

Les techniciens participent au développement des méthodes d'analyse ainsi qu'à l'entraînement des étudiants gradués et effectuent la plupart des travaux d'analyses chimiques et biologiques requis par les projets de recherche. Nous avons un service de préparation de lames minces qui est assuré à plein temps par un technicien, et ce service répond aux besoins des chercheurs du Centre, des chercheurs de la Commission géologique du Canada ainsi que d'une clientèle externe toujours de plus en plus importante.

Le personnel du laboratoire utilise différents outils pour assurer la qualité des résultats; le laboratoire du Centre participe, entre autres, à des études interlaboratoires et à des tests de contrôle internes. Il possède une banque d'échantillons certifiés correspondant aux différents matériaux qu'il doit analyser.

Pour répondre aux besoins de ses chercheurs, le Centre met à leur disposition un laboratoire général et plusieurs laboratoires spécialisés de microbiologie, de radio-isotopes, de granulométrie, de microscopie, de spectrophotométrie, d'essais biologiques, d'analyses chimiques, etc. Les laboratoires sont situés au Complexe scientifique, à Sainte-Foy.

Le laboratoire est aussi impliqué dans la communauté scientifique gouvernementale et dans l'entreprise privée, car plusieurs échanges de renseignements en chimie analytique se réalisent avec ces deux types d'intervenants. Le Centre ETE possède une expertise importante en chimie analytique et celle-ci est très bien reconnue, non seulement dans le milieu universitaire et gouvernemental, mais aussi de plus en plus dans le secteur privé. Cela se caractérise par une augmentation constante du nombre de contrats d'analyse que le laboratoire obtient à chaque année.

8. RAPPORT FINANCIER

REVENUS ET DÉPENSES DU FONDS DE FONCTIONNEMENT (x 1000 \$)

Pour l'exercice terminé le 31 mai 2003

REVENUS	\$	\$
Total des revenus institutionnels		8088
Autres revenus		1186
Subventions de recherche		
CRSNG	1992	
FCAR	462	
Autres sources	1864	
Total des subventions		4318
Contrats de recherche		1805
TOTAL DES REVENUS		15397
DÉPENSES		
Recherche et enseignement		9817
Soutien à la recherche et à l'enseignement		
Frais généraux d'administration	1129	
Documentation et édition	284	
Direction du Centre	277	
Informatique	319	
Laboratoire	451	
Terrains et bâtiment	2143	
Total du soutien à la recherche et à l'enseignement		4603
TOTAL DES DÉPENSES		14420
SURPLUS (DÉFICIT)		977

DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x1000 \$)

Pour l'exercice terminé le 31 mai 2003

	Salaires, avantages sociaux et bourses	Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel	Services professionnels, contractuels et publics; loyer	TOTAL
Recherche & F-3	3554	98	41	3693
enseignement F-4	3414	899	2661	6973
Frais généraux d'administration	602	270	258	1129
Documentation et édition	197	84	3	284
Direction du Centre	266	11	0	277
Informatique	251	5	62	319
Laboratoires	353	59	40	451
Terrains et bâtiments	0	0	2143	2143
TOTAL	8636	1426	5208	15270

Dépenses par fonction universitaire