

# **RAPPORT ANNUEL**

## **2000-2001**



« Rivière Cap-Rouge, Québec » © Amiel Boullemant, 2001

**INRS-EAU**

# TRENTE-DEUXIÈME RAPPORT ANNUEL

Institut National de la Recherche Scientifique, INRS-Eau  
2800, rue Einstein  
Case postale 7500  
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7  
Téléphone : (418) 654-2524  
Télécopieur : (418) 654-2600  
[www.inrs-eau.ubecbec.ca](http://www.inrs-eau.ubecbec.ca)

Décembre 2001

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

© INRS-Eau, 2001

# TABLE DES MATIÈRES

1	RAPPORT DU DIRECTEUR .....	1
2	RESSOURCES HUMAINES .....	7
3	ENSEIGNEMENT .....	11
	Maîtrises en sciences de l'eau .....	11
	Doctorat en sciences de l'eau .....	13
4	RECHERCHE .....	15
	AMYOT, Marc .....	15
	AUCLAIR, Jean-Christian .....	17
	BANTON, Olivier .....	18
	BERNIER, Monique .....	20
	BLAIS, Jean-François .....	23
	BOBÉE, Bernard .....	27
	CAMPBELL, Peter G.C. ....	32
	CLUIS, Daniel .....	35
	FORTIN, Jean-Pierre .....	37
	GRATTON, Yves .....	38
	HARE, Landis .....	39
	LACHANCE, Marius .....	40
	LAFRANCE, Pierre .....	41
	LECLERC, Michel .....	42
	MORIN, Guy .....	44
	OUARDA, Taha B.M.J. ....	45
	SASSEVILLE, Jean-Louis .....	49
	SECRETAN, Yves .....	50
	TESSIER, André .....	50
	TYAGI, Rajeshwar D. ....	52
	VILLENEUVE, Jean-Pierre .....	54
5	PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS .....	57
	Articles publiés dans les revues scientifiques .....	57
	Communications ou publications avec arbitrage .....	60
	Communications ou publications sans arbitrage .....	65
	Rapports de recherche .....	65
	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise .....	68
	Statistiques des publications et communications publiées durant l'année 2000-2001 .....	70
6	SÉMINAIRES ET COLLOQUES .....	71
7	SERVICES .....	72
	Administration .....	72
	Documentation .....	72
	Informatique .....	72
	Laboratoires .....	73
8	RAPPORT FINANCIER .....	74



# 1 RAPPORT DU DIRECTEUR

---

## **Faits saillants**

Dans le rapport du directeur, l'an dernier, je soulignais que malgré le sous-financement inacceptable de l'infrastructure du Centre, nos objectifs budgétaires avaient été respectés grâce notamment aux efforts soutenus des professeurs. Je mentionnais aussi que nous étions convaincus que les autorités compétentes en la matière réaliseraient l'importance et la pertinence de nos activités et qu'ainsi, ils pourraient nous aider à trouver les moyens d'assurer un financement convenable à nos activités. Cette conviction s'est avérée justifiée puisque notre financement de base pour l'année 2000-2001 a été révisé à la hausse. Nous devons cette révision au travail du comité «Sans Nom». Ce comité a su faire la démonstration de la pertinence des activités de l'INRS, de l'importance de la mission réalisée par les professeurs, de la rigueur et du sérieux des processus de gestion et de la nécessité d'un financement adéquat pour atteindre les objectifs qui nous sont fixés dans notre mission. L'insertion dans le contrat de performance de l'INRS des principales conclusions du comité «Sans Nom» a garanti leur réalisation et justifié la nouvelle approche de financement accordée à l'INRS. Il en découle un financement adéquat de la mission de chaque centre impliquant la création de nouveaux postes de professeurs. **Ce nouveau financement constitue le fait saillant le plus important de l'année.**

En 2000-2001, 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 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'une méthode d'estimation de l'équivalent en eau de la neige par imagerie RADARSAT en terrain montagneux (EQeau-Relief) (Monique Bernier); Optimisation et validation environnementale du procédé METIX-AC pour la décontamination et la valorisation des boues d'épuration municipales (Jean-François Blais); Prévion des apports naturels pour l'ensemble des bassins d'Hydro-Québec (Bernard Bobée); Outils pour déterminer les apports permmissibles en métaux dans le milieu récepteur (Peter G.C. Campbell); Circulation et mécanismes d'échange dans le fjord du Saguenay (Yves Gratton); Contrôle des risques d'inondation par embâcles (Michel Leclerc); Correction du débit en présence d'un effet de glace (Taha Ouarda); Adaptation de Dispersim à Hydrosim (Yves Secretan); Importance du soufre réduit dans le contrôle de la spéciation des métaux traces dans les eaux de surface du bouclier canadien (André Tessier); Développement du cadre d'application de GIBSI pour le calcul des objectifs environnementaux de rejet diffus en milieu agricole (Jean-Pierre Villeneuve).*

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 et Assainissement). Au total, plus de 177 projets de recherche étaient actifs cette année dont, entre autres, les suivants : *Suivi des caractéristiques physiques du couvert nival et du sol à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation (Monique Bernier); Procédé combiné de lixiviation et adsorption des métaux toxiques pour la décontamination des cendres volantes d'incinérateurs de déchets municipaux (Jean-François Blais); Utilisation de l'information historique et paléohydrologique pour l'estimation des crues extrêmes (Bernard Bobée); Spéciation et biodisponibilité de métaux dans les eaux naturelles (Peter G.C. Campbell); 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 (Daniel Cluis);*



*Modélisation hydrologique appliquée à la simulation des écoulements à l'échelle des bassins versants et rivières du sud du Québec (Jean-Pierre Fortin); Accumulation des métaux chez les invertébrés à partir des sédiments, de l'eau et de leur nourriture (Landis Hare); Développement et application de la dialyse in situ pour la mesure de métaux traces (André Tessier); Le processus de bioconversion de boues d'épuration en un produit à haute valeur ajoutée (Rajeswar D. Tyagi); Développement d'outils de simulation du fonctionnement des réseaux en temps de pluie (Jean-Pierre Villeneuve).*

Au cours de l'année, ces activités de recherche se sont traduites par 70 publications avec comité de lecture, 80 communications, 43 rapports de recherche et 24 thèses (Figure 1).

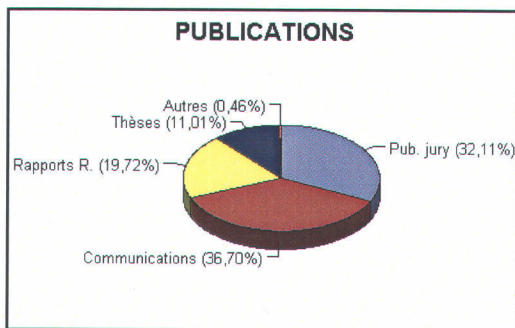


Figure 1

Pour réaliser ces activités, le Centre comptait sur 19 professeurs, 25 chercheurs, 12 techniciens de recherche, 10 employés de bureau, 99 étudiants et 25 (6,3 STC) stagiaires (Figure 2). De plus, notons qu'il y avait 37 professeurs-invités collaborant aux activités du Centre.

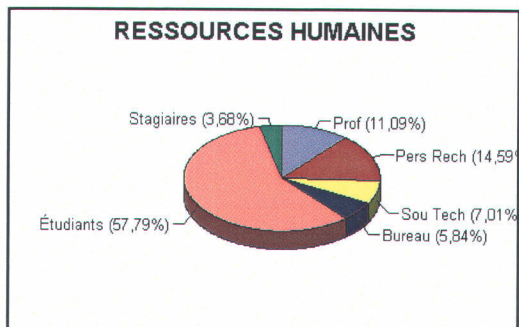


Figure 2

Les études avancées et l'encadrement des étudiants ont aussi constitué une partie importante des tâches réalisées au Centre. En effet, nous avons accueilli 10 étudiants postdoctoraux, 44 étudiants au doctorat, 45 à la maîtrise et 25 stagiaires de recherche. De ce nombre, 17 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise de recherche et 10 au doctorat. Le programme de maîtrise professionnelle a accueilli 12 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-trois (23) 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 9 mémoires de recherche et 7 thèses.

Les chercheurs de l'INRS-Eau ont été impliqués au cours de l'année dans plus de 23 ententes de partenariat et de coopération à travers le monde.

L'année 2000-2001 a encore été dominée par la problématique de l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé près de 4 259 000 \$. Ces sommes sont équivalentes à 53,4 % des dépenses de fonctionnement du Centre (Figure 3).

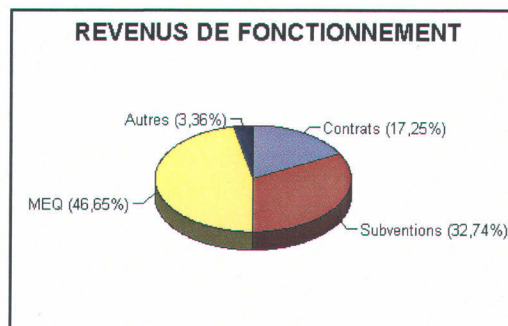


Figure 3

Ces revenus extérieurs sont constitués, entre autres, de subventions pour un montant de 2 614 000 \$ et de contrats de recherche pour un montant 1 377 000 \$. Les revenus de subvention ont été obtenus du CRSNG (1 110 600 \$), du fonds NATEQ (339 000 \$) et d'autres sources (1 164 100 \$) (Figure 4). Les contrats de recherche viennent de différentes sources, notons entre autres : Hydro-Québec (406 249 \$), le ministère de



l'Environnement du Canada (141 617 \$), Antidad binacional Yacyreta (146 408 \$) et Cegeo Technologies inc. (61 229 \$).

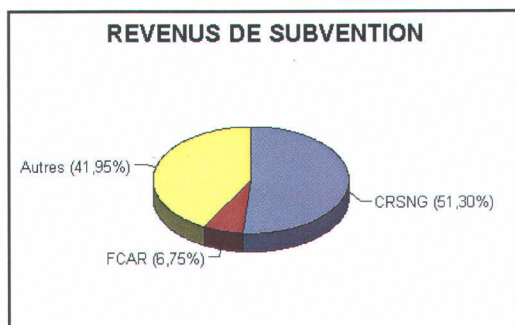


Figure 4

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 53,4% des dépenses de fonctionnement du Centre.

La coopération scientifique France-Québec a permis de poursuivre l'entente intervenue entre l'INRS-Eau 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 FCAR. Le service de documentation de l'INRS-Eau joue efficacement son rôle comme coéditeur de la revue en partenariat avec Lavoisier Abonnements.

La séparation physique des équipes de recherche continue à soulever des difficultés pour un centre dont la dynamique interne se veut essentiellement interdisciplinaire. Il semble assuré maintenant que ce problème de la dispersion des équipes soit résolu à l'automne 2004 puisque toutes les démarches entreprises pour la construction d'un édifice propre à l'INRS réunissant sous un même toit les chercheurs ont toutes les chances de réussir.

## Recherche

L'INRS-Eau 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 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 trois grands programmes :

**Hydrologie** : Les recherches poursuivies dans ce programme concernent la compréhension, la modélisation et la simulation des écoulements et des transports de l'eau et de ses solutés. Ce programme regroupe les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique, de modélisation, de télédétection et de géomatique, appliquées aux écoulements. 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. Des travaux de recherche portent aussi sur la problématique du vieillissement des infrastructures d'eau au Québec.

**Biogéochimie** : Les recherches dans ce programme visent la compréhension et la

modélisation des réactions (géo)chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques, pesticides, N, S) dans un bassin versant. Elles visent également l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances 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-sédiment 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 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.

**Assainissement** : 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, cette valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme Biogéochimie, des liens interprogrammes importants ont cours.

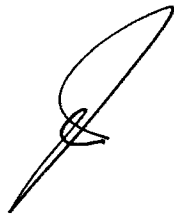
D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons à nouveau le lien avec le programme Biogéochimie. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils 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

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 en eau. Nous avons formé des chercheurs et des spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement. Nous avons concerté nos efforts à la promotion et 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 sommes heureux de souligner et d'insister sur le nouveau financement qui a été accordé à l'INRS grâce au travail du «Comité sans nom». Ce nouveau financement est une bouffée d'air frais et redonne l'espoir d'un développement harmonieux de nos activités par rapport au contexte des six dernières années. Nous entrevoyons l'avenir avec optimisme. Nous pourrions combler nos postes vacants de professeur et revitaliser le développement de nos activités et de notre programmation scientifique. Il faut souligner aussi que la fusion probable des deux centres Eau et Géorressources devrait aussi permettre un souffle nouveau dans le cadre d'activités conjointes de recherche et un développement harmonieux et concerté des

activités de recherche des professeurs oeuvrant dans les deux centres. J'envisage donc l'avenir de nos deux centres fusionnés avec un optimisme que je voudrais partager avec mes collègues professeurs et tous les membres de l'INRS-Eau.

Le directeur du centre INRS-Eau,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a smaller, more intricate flourish.

Jean-Pierre VILLENEUVE





## 2 RESSOURCES HUMAINES

---

### **DIRECTION**

Jean-Pierre VILLENEUVE

#### **Secrétariat**

Isabelle ST-JACQUES

### **RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT**

#### **Corps professoral**

Marc AMYOT  
Jean-Christian AUCLAIR  
Olivier BANTON  
Monique BERNIER  
Jean-François BLAIS  
Bernard BOBÉE  
Peter G.C. CAMPBELL  
Daniel CLUIS  
Yves GRATTON  
Landis HARE  
Marius LACHANCE  
Pierre LAFRANCE  
Michel LECLERC  
Taha B.M.J. OUARDA  
Jean-Louis SASSEVILLE  
Yves SECRETAN  
André TESSIER  
Rajeshwar D. TYAGI  
Jean-Pierre VILLENEUVE

#### **Professeurs-honoraires**

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

#### **Professeur émérite**

Michel SLIVITZKY

#### **Professeurs ou chercheurs invités**

Irène ABI-ZEID, Centre de recherche pour la défense de Valcartier  
Lumony M. BANGOY, Firme Ageos Inc.  
Nelson BELZILE, Université Laurentienne  
Goze Bertin BÉNIÉ, Univ. de Sherbrooke  
Jacques BERNIER, retraité, EDF

Jacques BUFFLE, Université de Genève  
Alin A. CARSTEANU, Institut polytechnique national de Mexico  
Georges CAVADIAS, retraité, Université McGill  
Bernard CHOCAT, INSA Lyon  
Yves COUILLARD, Université de Montréal  
Jean-Pierre DEDIEU, Université Joseph Fourier  
Frédéric DELAY, Université de Paris VI  
Jacques DELLEUR, Purdue University  
Lucien DUCKSTEIN, University of Arizona  
Nassir EL-JABI, Université de Moncton  
Michelle GARNEAU, Université du Québec à Montréal  
Stuart A. HAMILTON, Environnement Canada  
James R. KRAMER, McMaster University  
Michel LANG, Cemagref  
Pierre LAVALLÉE, ASSEAU inc.  
Marc LAVERDIÈRE, Université Laval  
Yvon MARANDA, Environnement et Faune  
Éric MARTIN, Centre national de recherches météorologiques  
Dan R.D. MOORE, University of British Columbia  
Michel NOLIN, Agriculture et Agro-alimentaire Canada  
Paul PILON, Environnement Canada  
Gilles POREL, Université de Poitiers  
Peter F. RASMUSSEN, University of Manitoba  
Jose D. SALAS, Colorado State University  
Régis Réginald SIMARD, Agriculture Canada  
Jery R. STEDINGER, Cornell University  
José R. VALÉRO, Centre de Foresterie des Laurentides  
Éric VAN BOCHOVE, Agriculture et agro-alimentaire Canada  
Norman D. YAN, ministère de l'Environnement et de l'Énergie (Ontario)

#### **Chargés de cours**

Gaston ARTEAU, ministère de la Justice  
Michel BEAULIEU, min. Environnement  
Gilles BRUNET, min. Environnement  
Ernest DE SA, Consultants DESA & Ass.  
Bernard GABOURY, min. Environnement  
Yvon MARANDA, min. Environnement

---

<sup>1</sup> Départ au cours de l'année

<sup>2</sup> Responsable de service

Marie-Emmanuelle QUENTIN, CIRA  
Luc VALIQUETTE, min. Environnement

Ginette LÉGARÉ<sup>1</sup>  
Jacques RAYMOND

**Associés de recherche**

Paulin COULIBALY  
Michelle GARNEAU  
Mourad HENICHE  
Alain MAILHOT  
G. MERCIER  
Alain ROUSSEAU  
André ST-HILAIRE

**Secrétariat**

Martyne CHARBONNEAU  
Johanne DESROSIERS  
Suzanne DUSSAULT  
Lise RAYMOND  
Diane TREMBLAY

**Boursiers postdoctoraux**

Richard GOULET  
Yasser HAMDJ  
Marie LAROCQUE<sup>1</sup>  
Ramata MAGAGI<sup>1</sup>  
Stéphane MASSON  
Mohammed Reza, NEMATI  
Ambarish S. VIDYARTHI  
Jacob SEGUI

**Laboratoire**

Paul BOISVERT  
Sébastien DUVAL  
Pierre MARCOUX  
Pauline FOURNIER  
Michelle GEOFFROY-BORDELEAU  
**Stéfane PRÉMONT<sup>2</sup>**  
René RODRIGUE  
Sylvie ST-PIERRE

**Personnel de recherche**

Paul BOUDREAU  
Myriam CHARTIER  
Alexis COUILLARD  
Marie-Renée DOYON<sup>1</sup>  
Jocelyn GAUDET  
Yves GAUTHIER  
Hugo GINGRAS  
Mario HACHÉ  
Danielle LEBLANC  
Éric MÉNARD  
Luc PERREAULT  
Sophie PROULX  
Lise RANCOURT  
Rüdiger RAUSCH  
Zeljka RISTIC-RUDOLF  
Michel ROUX<sup>1</sup>  
Alain ROYER  
Sébastien TREMBLAY

**Documentation**

Jean-Daniel BOURGAULT  
Suzanne DUSSAULT  
Chantal PAQUIN  
**Sophie RENAUD<sup>2</sup>**  
Jocelyne ROBERGE  
Geneviève RUEST

**Informatique**

Claude BLANCHETTE  
**Jean LACROIX<sup>2</sup>**  
Alain POIRIER  
Lise RAYMOND

**Stagiaires**

Émeric DÉQUIDT<sup>1</sup>  
Mathieu DROUIN<sup>1</sup>  
Karine FILIATREAU<sup>1</sup>  
Rébecca FILLION<sup>1</sup>  
Édenise GARCIA  
Olivier LAPOINTE<sup>1</sup>  
Martin-Pierre LAVIGNE<sup>1</sup>  
Doug MCDOMALD  
Makoto NAKATSUGAWA<sup>1</sup>  
Marc PHILIPPIN  
Catherine POMARES<sup>1</sup>  
Annie POULIN<sup>1</sup>  
Stéphane PRÉVOST<sup>1</sup>

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

**Administration**

Fabienne BOUTIN  
Dominique CANTIN  
Jean-Léon DOYON  
**Nicole LAFLAMME<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Départ au cours de l'année

<sup>2</sup> Responsable de service

<sup>3</sup> Boursier ou boursière

<b>COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE</b>
-----------------------------

**Étudiants à la maîtrise**

Nériman BABES  
 Isabel BEAUCHESNE  
 Maude BEAULIEU  
 Geneviève BÉLANGER  
 Mustapha BERRI  
 François BILODEAU  
 Pierrick BLIN  
 Annie BLOUIN  
 Geneviève BOUCHER  
 Amiel BOULLEMANT  
 Isabelle CHARTIER  
 Gérald CÔTÉ  
 Steve CÔTÉ  
 Xavier DE ROUVROY DE SAINT-SIMON  
 Julie DEAULT  
 N'Deye Marie DIALLO  
 Véronique DUBOS  
 Guillaume DUFRESNE  
 Nabil EL ABBOUDI  
 Jean-François Fiset  
 Valérie GAGNON  
 Marie GEISKOPF  
 Hugo GINGRAS  
 Claude GIRARD  
 Anne GOSSELIN  
 Marianne GOULET  
 Marie-Josée GRAVEL  
 Fatima HAMMY  
 Djelloul HERMA  
 Julien HOTTON  
 Caroline LANDRY  
 Francis LAVOIE-GRAVEL  
 Sean LOCKE  
 Jessica MICHAUD  
 Alicia MORENO  
 Jean-François NOËL  
 Renaud PATRY  
 Isabelle PERRON  
 Stéphane PICHER  
 Catherine POMARES  
 Céline PORCHER  
 Alexandre POULAIN  
 José SARICA  
 Stéphane SAVARY  
 Sonia SIMARD  
 Adrian Jimenez VILLEGAS

**Étudiants au doctorat**

Sjaj ALAMGIR  
 Catalina ALFARO DE LA TORRE<sup>3</sup>  
 Simon BARNABÉ  
 Driss BARRAOUI  
 Faouzi BEN REBAH  
 Samiha BENHAMMANE<sup>3</sup>  
 Claudio BLANCO  
 Louis CROSETIÈRE  
 Marie-Noële CROTEAU<sup>3</sup>  
 Bernard DOYON  
 Sophie DUCHESNE  
 Ali ELBATTAY  
 Kamal EL-HAJI  
 Dany FAUCHER<sup>3</sup>  
 Youssef FILALI-MEKNASSI  
 Claude FORTIN  
 Guillaume FORTIN  
 Céline GALLON  
 Éric GAUME  
 Hosni GHEDIRA  
 Anik GIGUÈRE  
 Jean-François GUAY  
 Fatima HAMMY  
 Sandra IMBEAULT  
 Lisa KRAEMER  
 Kanza LACHHAB  
 Janick LALONDE<sup>3</sup>  
 Alain LE PAGE<sup>3</sup>  
 Béatrice LEVASSEUR  
 François MARQUIS  
 Nathalie MEUNIER  
 Sadek MOHAMMEDI  
 Jean MORIN  
 Robin NAULET  
 Jean-Cléophas ONDO<sup>3</sup>  
 Luc PERREAULT<sup>3</sup>  
 Christine RIVARD<sup>3</sup>  
 Isabelle ROYER  
 Esther SALVANO<sup>3</sup>  
 Shaobo SHEN  
 Anne TREMBLAY  
 Patrice TREMBLAY  
 Richard TURCOTTE  
 Bernard VIGNEAULT<sup>3</sup>  
 Abderrahmane YAGOUTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Départ au cours de l'année<sup>2</sup> Responsable de service<sup>3</sup> Boursier ou boursière



## 3 ENSEIGNEMENT

---

### ***Maîtrises en sciences de l'eau***

**Responsables :**

**Jean-François BLAIS (de recherche)**

**Taha B.M.J. OUARDA (professionnelle)**

L'INRS-Eau offre, depuis 1971, un programme d'études avancées multidisciplinaires en Environnement conduisant à la **Maîtrise en sciences de l'eau**. Seul au Québec à décerner une maîtrise en sciences dans le domaine de l'eau, l'INRS-Eau 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 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 2000-2001, dix-sept (17) étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle avec mémoire et douze (12) étudiants au profil sans mémoire, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits à la maîtrise entre le 1<sup>er</sup> juin 2000 et le 31 mai 2001 à quarante-cinq (45). Durant la même période, vingt-trois (23) étudiants ont obtenu leur diplôme de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec, soit neuf (9) avec mémoire et quatorze (14) sans mémoire.



## **Doctorat en sciences de l'eau**

**Responsable :**  
**Monique BERNIER**

Depuis 1979, l'INRS-Eau 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 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 ci-après mentionnés : 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, Icthyologie, 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 2000-2001, dix (10) étudiants se sont inscrits au programme de troisième cycle, ce qui porte le nombre total d'étudiants inscrits au doctorat entre le 1er juin 2000 et le 31 mai 2001 à quarante-quatre (44). Durant la même période, sept (7) étudiants ont obtenu leur diplôme de doctorat en sciences de l'eau de l'Université du Québec.



## 4 RECHERCHE

---

Dans le cadre de la programmation scientifique de l'INRS-Eau, les activités ont été regroupées en trois grands domaines de recherche :

- l'hydrologie;
- la biogéochimie;
- l'assainissement, le contrôle de la pollution et les technologies environnementales.

Les travaux du Centre font appel à deux approches méthodologiques majeures : d'une part, l'étude, en laboratoire ou dans leur milieu naturel, des processus tels que le transport atmosphérique des polluants ou le cheminement des contaminants dans le cycle hydrologique; 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 et hydrologiques.

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

Chacun des trois domaines de recherche regroupe des projet 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.

**AMYOT, Marc**

### ***Biogéochimie : Eau***

#### ***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 la 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, telle 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 volet 1 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 Hg, soit en servant de substrat à des bactéries méthylantes, soit en contrôlant les niveaux d'oxygène. Les processus de recyclage de méthylmercure à l'intérieur des lacs sont également incertains. Le volet 3 porte sur le destin du méthylmercure bioaccumulé lors de la mort des poissons/ FCAR-Nouveau chercheur, CRSNG/ Coll. : L. Poissant (Environnement Canada)

#### ***Les métaux dans l'environnement : Initiative de recherche intégrée pour la protection des écosystèmes***

Il s'agit d'une demande auprès du fonds de la relève du FCI-MEQ pour l'acquisition d'une infrastructure liée à l'analyse des métaux traces dans l'environnement. L'infrastructure sera constituée de : - une salle ultra-propre pour métaux avec sas de décontamination

(construite par Mecart); un système d'analyse de la spéciation du mercure (PSA-Trulogic); - un système d'analyse simultanée des éléments ICP-AES (Varian); - un spectromètre UV-visible (Varian); - un chromatographe en phase gazeuse (Varian). Les partenaires industriels ont consenti d'une contribution de 25 % sur ces infrastructures. Le centre d'expertise environnementale du Québec sera également un utilisateur / FCI, MEQ, INRS, INRS-Eau, Varian, Mecart, Trulogy Systems / Coll. : J.-F. Blais, R.D. Tyagi, A. Tessier, P.G.C. Campbell

***Redox transformations of Hg in natural Waters (Réactions d'oxydoréduction du Hg dans les eaux naturelles)***

Ce projet consistera à étudier l'oxydoréduction du mercure dans les eaux naturelles dans le cadre d'un programme de subventions stratégiques de la United States Environmental Protection Agency. En laboratoire, l'équipe du professeur Morel élucidera les mécanismes d'oxydoréduction en solution aqueuse synthétique, en testant en particulier l'hypothèse selon laquelle les semiquinones seraient des agents réducteurs et/ou oxydants particulièrement importants. À la lumière des résultats obtenus dans le cadre de ces études, j'entreprendrai un programme d'expériences *in situ* pour tester l'importance réelle des différents mécanismes en milieu naturel. L'eau de lacs tempérés, tropicaux et de l'extrême arctique sera prélevée et incubée *in situ* après avoir subi différents traitements chimiques, physiques et biologiques afin d'isoler certains mécanismes. Cette approche complémentaire laboratoire - terrain permettra de faire des progrès rapides et décisifs dans ce domaine / STAR Program (Science To Achieve Results de U.S.E.P.A.) / Coll. : F. Morel (Princeton)

***Biogéochimie: Eau / Air***

***Atmospheric mercury transport, oxidation and fallout in northern Quebec (Nunavik); an important potential route of contamination / Transport, oxydation et déposition du Hg atmosphérique dans le nord du Québec (Nunavik); une voie de contamination potentiellement importante***

Le transport atmosphérique du mercure, son oxydation et sa précipitation peuvent constituer des mécanismes importants de contamination des écosystèmes nordiques canadiens. Les objectifs de ce projet sont les suivants : 1) mesurer les concentrations de mercure gazeux total dans l'air à une station nordique (Kuujuarapik) et étudier le lien entre ces concentrations et le transport longue distance du mercure; 2) étudier l'oxydation atmosphérique du mercure par l'ozone et les radicaux de chlore et de brome; 3) mesurer les concentrations totales de mercure dans les précipitations; 4) mesurer les taux de transfert surface/air du mercure durant le printemps et l'été; 5) mesurer les concentrations de mercure dans les composantes abiotiques (sol, eau, neige, etc.) / ARCTIC Environmental Strategy-Northern Contaminant Program / Coll. : L. Poissant, J. Hoff, M. Kwan, S. Payette, B. Schroeder

***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 dépositions 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 dépositions atmosphériques de Hg d'un écosystème de la 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

***Collaborative Mercury Research Network  
(Réseau de recherche CRSNG sur le mercure)***

Dans le cadre des activités du nouveau réseau de recherche du CRSNG sur le mercure (COMERN), trois principaux projets ont débuté cette année. Le premier vise à établir les processus d'oxydoréduction du mercure dans les précipitations, notamment la neige et la pluie. Ce projet a mis en évidence l'importance des flux de mercure de la neige vers l'atmosphère dans les régions tempérées et arctiques. Un second projet porte sur le recyclage du mercure dans les lacs du bouclier canadien. Un dernier projet porte sur la dynamique du mercure dans une zone humide du fleuve Saint-Laurent. Ce dernier projet est intégrateur et comporte des volets «biogéochimie», «chimie atmosphérique» et «santé humaine», et «éducation environnementale» /CRSNG-Réseau COMERN / Coll. : S. Scott, D. Lean (Ottawa); M. Lucotte, H. Godmaire, L. Sauvé, D. Planas (UQAM); A. Tessier (INRS); L. Poissant (EC)

---

---

**AUCLAIR, Jean-Christian**

***Biogéochimie : Eaux de surface***

***Étude des effets indirects de la radiation UV<sub>B</sub> sur les cycles biogéochimiques des lacs du Bouclier canadien***

L'amincissement de la couche d'ozone augmentera le flux des rayons UV<sub>B</sub> reçus par les écosystèmes aquatiques arctiques et boréaux. L'objectif de ce programme de recherche est d'établir l'importance relative des effets indirects opérant sur les composantes abiotiques de l'écosystème. Nous élucidons l'effet de la dose UV<sub>B</sub> sur l'accroissement de la photoréduction du fer (Fe[III]→ Fe[II]), la croissance microbienne planctonique et la cinétique de dégradation de la matière organique dissoute. D'autre part, nous examinons le rôle oxydoréducteur du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> qui est produit lors de la photo-oxydation de la matière organique dissoute présente dans les eaux naturelles. Notre approche expérimentale consiste à incuber des communautés naturelles en enclos (~ 500-800 L; UV<sub>300-400nm</sub> > 85%) pendant des périodes de temps réalistes (semaines) pour observer des modifications biologiques extrapolables à l'échelle de l'écosystème. Les conditions expérimentales en enclos sont modifiées, soit par exclusion d'une partie du spectre UV (-UV<sub>A+B</sub> [polycarbonate], -UV<sub>A</sub> [mylar]), soit à l'aide de pièges spécifiques à radicaux libres et/ou ajout d'agents complexants ou réducteurs / CRSNG / Coll. : M. Amyot

---

---

## **BANTON, Olivier**

### **Hydrogéologie**

#### ***Approche physique et mathématique de la contamination des eaux souterraines en milieu hétérogène***

La recherche vise le développement d'une approche intégrée de caractérisation et de modélisation des écoulements et du transport de contaminants pour les milieux hétérogènes. Elle vise à apporter des connaissances sur 1) la physique des écoulements dans ces milieux; 2) la variabilité spatiale des paramètres physiques et hydrodynamiques; 3) la représentation mathématique des écoulements et des processus de transport des contaminants; 4) l'évaluation des risques de contamination et des méthodes de restauration de la qualité et 5) la gestion des droits et conflits d'usage des eaux souterraines / CRSNG-subvention de recherche

#### ***Développement d'outils mathématiques-informatiques pour la gestion intégrée des ressources en eaux souterraines***

La recherche vise le développement, le test et l'application d'outils de gestion des eaux souterraines (risques de contamination, périmètres de protection, gestion des droits et conflits d'usage). La démarche scientifique consiste à réaliser : 1) des expérimentations de terrain visant la caractérisation des paramètres (incluant la structure de variabilité spatiale); 2) le développement d'algorithmes mathématiques de simulation des écoulements d'eau et du transport des contaminants destinés à une application de recherche scientifique et 3) le couplage des outils aux bases de données et systèmes d'informations géographiques / CRSNG-Incidence industrielle / Coll. : L. Bangoy, M. Bernier, V. Bonamy, S. Chevalier, F. Courageot, F. Delay, D. Duchaine, S. Dufresne, A. Dupuy, M.A. Gosselin, P. Lafrance, M. Larocque, A.C. Lavoie, P. Paquet, G. Porel, G. Pommerleau, M. Rheault, D. Richard, C. Rivard, M. Séguin, V. Simon, D. Soucy, J. Tournebize, S. Turgeon

#### ***Modélisation des conditions d'apparition du fer et du manganèse dans les eaux souterraines et application à l'optimisation des conditions d'exploitation des aquifères***

Le projet vise à : 1) identifier les facteurs contrôlant, au Québec, l'apparition du Fe et du Mn dans les eaux souterraines; 2) quantifier les paramètres géochimiques représentant les processus de libération du Fe et du Mn dans les conditions géoclimatiques spécifiques du Québec; 3) réaliser le bilan technico-économique des méthodes de traitement actuelles; 4) développer un guide de sélection des technologies appropriées en regard des caractéristiques locales; 5) étudier un procédé de traitement *in situ* selon une approche scientifique de validation et 6) développer un outil d'optimisation des conditions de pompage visant à limiter à la source l'apparition du Fe et du Mn / CRSNG-Incidence industrielle / Coll. : P.G.C. Campbell, S. Chevalier, J. Francoeur, P. Lafrance, C. Rivard, D. Soucy, R. Tyagi

#### ***Développement d'outils pour la gestion intégrée des usages de la ressource eau souterraine et application à la région hydrogéologique de Lachute***

Le projet comprend le développement d'une méthodologie de gestion et des outils associés. L'étape théorique conduit au développement de quatre logiciels de gestion et d'évaluation spécifiques aux eaux souterraines : - un logiciel d'aide à la gestion des eaux souterraines destiné aux intervenants de l'environnement et aux municipalités; - un logiciel de délimitation des périmètres de protection des puits de captage; - un logiciel d'évaluation des risques d'atteinte de la qualité des eaux souterraines; - un logiciel de simulation des systèmes hydrogéologiques/ AGEOS (FRDTE - MEF)/ Coll. : L. Bangoy, V. Bonamy, I. Cellier, S. Chevalier, F. Courageot, F. Delay, D. Duchaine, S. Dufresne, A. Dupuy, M.A. Gosselin, P. Lafrance, M. Larocque, A.C. Lavoie, R. Marceau, D. Martin, M. Martin, P. Paquet, G. Porel, G. Pommerleau, M. Rheault, D. Richard, C. Rivard, J.C. Samson, M. Séguin, V. Simon, D. Soucy, J. Tournebize, S. Turgeon, J. Wilson



***Étude des mécanismes de contamination des eaux souterraines par les activités agricoles et développement d'outils***

Le projet vise le développement d'outils et méthodes concernant l'étude, l'évaluation et la gestion de la problématique de la contamination des eaux souterraines par les activités agricoles génératrices d'impacts. La recherche étudie les mécanismes et processus contrôlant le devenir des contaminants agricoles dans l'eau et le sol, au niveau de la zone non saturée et de la nappe phréatique. De même, on travaille au développement et à l'application des méthodes d'étude et de simulation des milieux fracturés / Subvention Québec-France, ministère des Affaires internationales / Coll. : A. Dupuy, P. Lafrance, M. Larocque, F. Lasserre, G. Porel, M. Razack, M. Thinon-Larminach

***Validation des paramètres de simulation du cycle de l'azote du logiciel Sylvie***

Le projet vise à valider les paramètres utilisés dans le logiciel Sylvie pour la simulation du cycle de l'azote. Parmi les résultats obtenus de Sylvie, certains concernent l'évaluation de l'azote minéralisé à partir de l'azote organique du sol et l'azote minéral perdu par ruissellement et lessivage. Ces résultats pouvant être utilisés de façon prévisionnelle par les gestionnaires des pépinières, entre autres au travers d'un couplage avec le logiciel Plantec du MRN, la validation de l'outil Sylvie s'avère nécessaire pour donner plus d'assurance à cette évaluation. Cette dernière nécessite donc, d'une part, la réalisation d'une analyse de sensibilité visant à identifier l'importance relative des paramètres dans le devenir de l'azote, et, d'autre part, la comparaison des résultats d'évaluation obtenus avec des valeurs observées dans un contexte réel de pépinière/ Ministère des Ressources naturelles - secteur forêts/ Coll. : S. Fouletier, J. Gagnon, M. Larocque, M.A. Gosselin

***Évaluation des pertes en phosphore dans l'environnement reliées aux activités agricoles***

Ce projet vise le développement d'une méthode d'évaluation des pertes en phosphore, d'origine agricole, dans

l'environnement. La première partie conduit à la synthèse critique des études qui ont été réalisées au Québec et dans les pays de conditions pédoclimatiques semblables, et qui ont concerné la quantification des pertes liées à l'entreposage et à l'épandage des résidus d'élevage ainsi que leur atténuation par les systèmes riverains des cours d'eau (bandes riveraines) et par les dispositifs naturels ou aménagés de retenue et de filtration (fossés, marais, milieux humides). Une seconde partie vise le développement d'une méthode d'évaluation prenant en compte les formes du phosphore, les processus dominant leur devenir, les paramètres les plus influents et facilement quantifiables et l'incertitude dans le choix des mesures correctrices ou alternatives. Cette méthode sera présentée sous la forme d'un logiciel pratique et facilement accessible et sur une version non informatisée utilisant des tableaux et des abaques / Ministère de l'Environnement du Québec, volet PARDE / Coll. : J. Bédart, M.A. Gosselin, F. Granger, R. Labchir, P. Lafrance, M. Larocque, A.N. Rousseau, S. Turgeon

***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 : 1) caractériser la composition et les structures des écosystèmes, incluant les populations humaines; 2) déterminer la nature, le niveau de contamination et l'impact toxicologique des contaminants chimiques, la bioconcentration dans les écosystèmes aquatiques, terrestres et chez l'homme; 3) déterminer les processus et mécanismes de gestion et de valorisation des ressources agro-pastorales et halieutiques; 4) identifier les facteurs socioculturels qui favorisent les maladies liées à l'eau et 5) documenter l'impact d'une approche intégrée à la gestion communautaire de l'eau potable. Ce projet est réalisé par l'Université d'Abobo Adjame (Abidjan, Côte d'Ivoire) avec la participation de l'INRS-Eau / CRDI / Coll. : P. Lafrance, M. Amyot, S. St-Pierre

**BERNIER, Monique****Hydrologie : Écoulements****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: 1) 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; 2) modéliser la création et l'évolution des croûtes de glace en adaptant un modèle français de simulation du couvert nival; 3) 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; 4) 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) et 5) 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

**Laboratoire de télédétection appliquée aux sciences de l'eau**

Équiper un laboratoire de télédétection appliquée aux sciences de l'eau qui servira à la recherche et à la formation de chercheurs.

Le laboratoire comprendra: a) des équipements informatiques de traitement d'images; b) des équipements d'acquisition de données de contrôle sur le terrain.

Tout programme de recherche appliquée en télédétection requiert des équipements informatiques pouvant utiliser les derniers logiciels de plus en plus exigeants et analyser des images satellitaires de plus en plus volumineuses. Pour ce faire, les logiciels existants seront transférés de la station RISC 6000 sur PC, de nouveaux modules EASI seront acquis ainsi qu'un SIG et un logiciel de dessin. De plus, les mesures de terrain, représentant une composante majeure de la recherche en télédétection à l'INRS-Eau, nécessitent du matériel spécialisé. En effet, afin de développer des méthodes et des algorithmes pour suivre les changements temporels des ressources en eau, il faut pouvoir mesurer plusieurs paramètres sur le terrain et suivre leur évolution saisonnière ou annuelle. Pour ce faire, de nouveaux appareils de mesures et d'échantillonnage seront achetés (une sonde à capacitance pour mesurer la teneur en eau de la neige, des carottiers, une station climatologique (rayonnement, température de l'air, de la neige, du sol, et la hauteur de la neige), des sondes enregistreuses et un système de positionnement par satellite (GPS) / Fondation canadienne pour l'innovation; MEQ; FCI / Coll. : J.F. Fortin, O. Banton, T. Ouarda, Y. Gauthier

**Détection et classification des milieux humides à partir des images RADARSAT**

Le but de ce projet est de mettre au point une approche pour inventorier les milieux humides sur la tourbe du Québec, à partir des images du satellite canadien RADARSAT-1, qui répondra aux besoins du ministère des Ressources naturelles du Québec. Pour atteindre ce but, nous avons fixé les cinq objectifs suivants : 1) étudier le comportement multitemporel du signal de rétrodiffusion, en fonction de l'angle d'incidence (S1 et S7), pour les différents types de milieux humides rencontrés sur nos sites, à partir d'une série d'images RADARSAT-1 acquises à six différentes périodes de l'année; 2) déterminer les meilleures périodes du cycle hydrologique pour inventorier les différents types de milieux humides; 3) modéliser les interactions des

micro-ondes (bande C) avec la végétation, le sol et les surfaces d'eau; 4) détecter les changements temporels dans les milieux humides pour un suivi régulier de l'étendu des exploitations commerciales de tourbe et des zones drainées et 5) développer et appliquer une méthode de classification par réseaux de neurones pour séparer les tourbières exploitées, les tourbières non exploitées, les forêts et les milieux agricoles. Deux régions du Québec ont été choisies comme sites d'études, celle du lac Grasset en Abitibi et celle d'Alma au Lac-Saint-Jean. Au total, une vingtaine d'images RADARSAT-1, acquises à six périodes différentes de l'année, seront analysées / FCAR-Action concertée / Coll. : J.-P. Villeneuve, T. Ouarda, Y. Gauthier, P. Buteau (MRNQ)

#### ***Évaluation de l'impact du changement climatique sur les écosystèmes tourbeux du Québec septentrional***

Le projet consiste à effectuer, avec l'aide d'outils géomatiques (télé-détection, SIG), une synthèse des inventaires de surface et de profondeur de quatre (4) tourbières circonscrites dans le bassin versant de la rivière La Grande, dont deux se sont développées sur un substrat de dépôts meubles et les deux autres sur la roche en place. L'approche est unique et innovatrice car elle vise une intégration en 3 dimensions de différents outils afin de synthétiser l'état des connaissances actuelles de la ressource en tourbe dans le secteur : données topographiques, stratigraphiques, géochimiques, géologiques et phytoécologiques caractérisant les bassins sélectionnés.

Les liens entre les données actuelles de surface et celles accumulées dans les profils de tourbe pourront être ensuite comparés avec les informations climatiques disponibles pour la région. Cette méthode devrait permettre de développer des applications potentielles pour 1) l'évaluation de la ressource en tourbe sur le territoire (synthèse des connaissances); 2) la reconstitution des environnements passés à partir d'analyses stratigraphiques détaillées; et 3) l'utilisation de fonctions de transfert pour la détermination de l'impact d'un réchauffement climatique sur ces écosystèmes sous latitude nordique. En effet, l'utilisation des données

stratigraphiques permet la reconstitution des événements passés en association avec leur contenu isotopique et la variabilité climatique/ Environnement Canada, RNCan/M. Garneau (UQAM); B.G. Warner (U. Waterloo); I. Kettles, S. Paradis (CGC); G. Vigeant (Env. Canada); R. Denis (HQ); P. Buteau (MRNQ); Y. Gauthier; E. Ménard

#### ***Validation à moyen terme de l'approche EQeau***

L'approche EQeau a été développée en collaboration avec Viasat Géo-technologie afin d'amener Hydro-Québec à estimer l'équivalent en eau de la neige au sol, à l'aide de l'imagerie RADARSAT. Elle est basée principalement sur la comparaison du signal SAR d'une image de référence, prise en automne, avec celui des images d'observation des conditions hivernales. Une cartographie Landsat-TM de l'occupation du sol, et des mesures au sol sont aussi utilisées. Des résultats prometteurs ont été obtenus en phase de recherche (1998) et en phase préopérationnelle (1999) à partir d'images RADARSAT acquises en mode Standard (100 km\*100 km) et Wide (150 km\*150 km). Toutefois, lors de l'utilisation en mode opérationnel à l'hiver 2000, EQeau n'a pas performé comme attendu. La faible qualité radiométrique des images multifaisceaux ScanSAR Wide (500 km\*500 km) de l'hiver 2000 en est probablement la cause. L'hiver 2001 marque donc le début d'une phase de validation opérationnelle à moyen terme, afin de mieux comprendre les limites d'application d'EQeau et d'en raffiner et, si besoin, modifier l'algorithme, pour le rendre à la fois plus sensible et plus robuste. Il faut également s'assurer de la qualité et de la stabilité radiométrique des images SAR utilisées. Pour ce faire, de nouvelles images de référence ont été acquises à l'automne 2000; les images ScanSAR Narrow (2 faisceaux) ont été préférées aux images ScanSAR Wide (4 faisceaux). De plus, afin de valider la qualité radiométrique des images ScanSAR Narrow (350 km\*350 km), des images en mode Wide ont aussi été acquises / Hydro-Québec / J.-P. Fortin, Y. Gauthier

### ***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-Eau, Hydro-Québec et VIASAT Géo-technologie Inc. 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 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 : 1) 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. 2) 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 la densité du couvert forestier sur le signal radar en bande C. 3) Développer des approches de traitement et d'analyse qui permettraient d'estimer l'équivalent en eau dans les régions montagneuses. 4) Proposer des avenues pour adapter la méthode EQeau aux milieux montagneux / Viasat Géo-Technologies (Agence spatiale canadienne) / Y. Gauthier; Viasat Technologies Inc., Radarsat International, BC Hydro, Hydro-Québec

### ***Suivi des caractéristiques physiques du couvert nival et du sol à l'aide des techniques de télédétection et de modélisation***

Ce projet, réalisé en collaboration avec le Centre climatique canadien, contribue à trois objectifs du volet 'neige' du projet pan-

canadien CRYSYS (Cryosphère/Climat) : 1) Le développement et la validation d'algorithmes pour estimer les variations de la quantité de neige au sol à partir des micro-ondes actives et passives. 2) L'intégration d'informations provenant de divers capteurs. 3) L'amélioration des connaissances sur la variabilité spatiale et aussi temporelle des propriétés du couvert nival et du gel du sol, et leurs interactions avec le système climatique.

Pour l'année 2000-2001, il comprend trois volets: 1) Estimer l'évolution spatio-temporelle de diverses variables physiques du territoire (dont la couverture de neige au sol) à l'aide des données du capteur VEGETATION de SPOT-4, en vue de leur utilisation en modélisation hydrologique et climatique. 2) Récupérer les données de terrain sur le couvert nival recueillies depuis 10 ans par l'INRS-Eau et les mettre dans un format numérique, compatible avec les données du Centre de documentation de CRYSYS, localisé à l'Université de Waterloo. 3) Déterminer les principaux facteurs entraînant la création et l'évolution des croûtes et des lentilles de glace dans le couvert nival; évaluer leurs effets sur la perméabilité du couvert nival, simuler la création et l'évolution des croûtes et des lentilles de glace à partir de données météorologiques et de relevés au sol, en adaptant le modèle français de simulation du couvert nival CROCUS (Météo-France). / Environnement Canada / J.-P. Fortin, Y. Gauthier

---

---

**BLAIS, Jean-François****Contrôle****Optimisation du procédé Alex-Sol**

L'INRS-Eau et son partenaire Alex Sol Inc. ont développé, au cours des dernières années, un procédé efficace et économique permettant la décontamination de sites pollués en métaux toxiques. Ce procédé combine plusieurs techniques d'enlèvement des métaux qui peuvent s'appliquer à différents types de contamination et à différentes concentrations. Le présent projet retenu par le CEMRS vise l'amélioration d'une partie de la technologie, soit la récupération finale des métaux. D'une durée de 52 semaines, le projet aura pour principal objectif d'étudier diverses méthodes d'enlèvement des métaux contenus dans les eaux du procédé. Les approches retenues comprennent des techniques de précipitation totale et sélective, des méthodes d'adsorption et d'échange d'ions, une technologie d'électrocoagulation, la recirculation des lixiviats, ainsi que l'emploi d'une technique de précipitation améliorée. Dans le cadre de ce projet, les travaux de prétraitement physique de 10 tonnes de sol contaminé, ainsi que les travaux à l'échelle pilote, seront réalisés à l'usine-pilote du CRM. Les travaux en laboratoire seront menés à l'INRS-Eau / Centre d'Excellence de Montréal en réhabilitation de sites (CEMRS), COREM, Alex Sol Inc., FPGST-E / Coll. : G. Mercier, M. Chartier

**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 lixivante 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 solides). Par la suite, le procédé optimisé sera testé à l'échelle du pilote préindustriel / 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 lixivante 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-Eau / CRSNG-Stratégique; Alex Cendre Inc. / Coll. : G. Mercier, M. Chartier, M. Amyot, P.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 : 1) la stabilisation et le conditionnement chimique du lisier (enlèvement des odeurs, aseptisation et floculation par l'ajout de produits chimiques; 2) la séparation solide-liquide du lisier brut par flottation et lit de séchage/gel-dégel; 3) 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)

***Étude de l'efficacité environnementale des camions à double chambre pour la vidange des boues de fosses septiques***

La présente étude s'inscrit dans la suite des efforts de recherche menés par la compagnie Groupe SNS (Service Nettoyage Sanitaire) inc. pour la mise au point d'un nouveau système de récupération des boues de fosses septiques. Cette offre de service, élaborée à la demande du Groupe SNS, vise à évaluer la performance d'un système actuellement utilisé pour la vidange des boues de fosses septiques, soit les camions à double chambre. La première partie du projet, laquelle fait l'objet de la présente proposition, consistera en l'étude de la performance de ce système à l'automne 2000. Une deuxième partie, prévue pour le printemps 2001, visera l'évaluation de la performance du système développé par le Groupe SNS. Le but de cette étude consiste à établir la qualité de vidange des boues réalisée par les camions à double chambre. 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 / Groupe SNS inc. / Coll. : A. Durand

***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 : 1) 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; 2) l'efficacité du procédé pour la stabilisation des boues du point de vue microbiologique (destruction des micro-organismes et enlèvement des odeurs) et; 3) 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 : 1) l'optimisation en laboratoire du procédé STABIOX; 2) la démonstration de la performance du procédé à l'échelle pilote (3 papetières), et 3) l'évaluation technico-économique et l'élaboration de la configuration industrielle du procédé. La réalisation de ce projet est prévue sur une période complète de 18 mois / 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***

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. Identification et description des diverses chaînes de traitements chimiques et biologiques; description des produits utilisés dans les divers traitements (nature, caractéristiques, quantités, manipulations, précautions à prendre, etc.); liste et 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 proposé par le candidat peuvent être regroupées selon quatre axes principaux soit : 1) la mise au point de procédés combinés de lixiviation et d'adsorption des métaux; 2) le développement de nouveaux procédés de lixiviation chimique et biologique; 3) l'optimisation du conditionnement et de la déshydratation de biomasses; 4) la valorisation de biomasses et de rejets décontaminés/ CRSNG-Chaires de recherche du Canada

#### ***Mise sur pied d'un laboratoire d'hydrométallurgie environnementale***

Ce laboratoire polyvalent permet de réaliser efficacement des projets portant sur le développement de technologies hydrométallurgiques vouées à des fins environnementales. L'infrastructure comprend des équipements requis pour tester et optimiser des procédés hydrométallurgiques et d'assainissement (unités de broyage et tamisage, systèmes de pompage, systèmes de contrôle de gaz et de température, systèmes de mélange, appareils de mesures du pH, O.D. et de conductivité, systèmes de déshydratation (filtration et centrifugation), systèmes d'incubation et d'agitation, unité de mesure du mercure, système de spectrophotométrie UV/visible, appareils de mesure du conditionnement (coagulation/floculation), unités de traitement de données, accessoires de laboratoire) / FCI, MEQ, Biolix

#### ***Étude préliminaire de coût pour la décontamination du site de Pointe-aux-Lièvres de la ville de Québec***

Le site de Pointe-aux-Lièvres de la ville de Québec est un immense terrain contaminé (10,5 hectares) localisé sur le côté est de la rue Pointe-aux-Lièvres au nord du village de L'Anse. Ce secteur est principalement contaminé par des métaux pour près de 90% des échantillons, mais il n'est pas possible d'ignorer la contamination de certaines zones par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les huiles et graisses (C10-C50). Ce projet, mandaté par le service de l'environnement de la ville de Québec, consiste en une étude préliminaire de coût pour la décontamination de ce site par des techniques minéralurgique et chimique selon quatre scénarios / Ville de Québec / Coll. : G. Mercier

#### ***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 : 1) l'étude des propriétés agronomiques des boues décontaminées; 2) l'évaluation des effets écotoxicologiques associés à la valorisation des boues décontaminées; 3) l'optimisation du conditionnement et de la déshydratation des boues décontaminées; 4) 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; 5) 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 des 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

---

**BOBÉE, Bernard**

**Hydrologie : Écoulements**

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

Titulaire : Bernard Bobée

Responsables administratifs :

Jean-Pierre Villeneuve (INRS-Eau)

Hugues St-Onge, directeur (Hydro-Québec)

Comité avisé :

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

Bruno Larouche (Alcan)

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

Financement :

Hydro-Québec, CRSNG, Alcan et INRS-Eau

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 (mai 1998 - septembre 2000)**

La connaissance des apports naturels est très importante du point de vue de la gestion des stocks énergétiques dont Hydro-Québec dispose. L'apport naturel est calculé par bilan hydrique et dépend en particulier du niveau du réservoir, du débit turbiné et du débit évacué. Or, ces trois mesures sont souvent entachées d'erreurs et l'apport naturel est alors très imprécis. La connaissance des apports étant essentielle au bon fonctionnement de l'ensemble du système de prévision et de gestion des ressources hydriques, il importe donc de vérifier et de corriger éventuellement cette mesure afin de disposer de données fiables / Coll. : M. Haché; M. Durocher (chargé de projet Hydro-Québec); A. Cârsteanu; B. Houle, N. Kang, É. Robichaud (Hydro-Québec)

**Projet 1.2 : Évaluation des besoins en données et gestion des réseaux hydrométéorologiques (mai 1999 - mai 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, 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 (mai 1998 - octobre 2001)**

Il existe plusieurs approches de prévision des débits dont certaines ont fait l'objet de travaux récents. Plus particulièrement, on fait la distinction entre les modèles conceptuels (tel que celui utilisé actuellement à Hydro-Québec) et les modèles empiriques. Les premiers représentent des modèles basés sur la connaissance et la modélisation des phénomènes physiques du bassin versant alors que les seconds mettent l'accent sur la compréhension de la relation structurelle régissant les variables de sortie du bassin (débits) et les observations des variables d'entrée (état du bassin, données météorologiques, etc.). Il importe donc d'étudier les différentes méthodes de prévision qui sont disponibles et d'identifier les méthodes qui sont les plus adéquates pour différents horizons de prévision / Coll. : M. Haché; M. Durocher (chargé de projet Hydro-Québec); A. Cârsteanu, T.B.M.J. Ouarda, P. Coulibaly, H. Gingras, M. Slivitzky; N. Thiémonge, D. Tremblay (Hydro-Québec); V. Fortin (IREQ); B. Larouche (Alcan)

**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), 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 : 1) l'étude de sensibilité du modèle HSAMI à l'aide de différents jeux de données; 2) l'évaluation de l'impact du manque d'information sur l'incertitude des paramètres du modèle conceptuel; 3) l'étude de cas sur un bassin bien équipé pour évaluer l'avantage d'un meilleur équipement; 4) la détermination de la densité minimale du réseau pour effectuer des prévisions adéquates; 5) l'estimation de l'impact de l'incertitude des apports réels utilisés dans la prévision; et 6) l'évaluation du gain apporté au niveau de la qualité de la prévision par l'utilisation du modèle hydrologique distribué HYDROTEL/ Coll. : Y. Hamdi; V. Fortin (chargé de projet IREQ); A. St-Hilaire; C. Pion, N. Thiémonge (Hydro-Québec); 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 (mai 1998 - mai 2001)**

Les séries d'apports énergétiques sont utilisées par Hydro-Québec pour la planification de la production et du développement du parc. Elles sont donc de très grande importance pour Hydro-Québec. Pour effectuer la prévision pour l'année suivante, il faut connaître les caractéristiques statistiques et stochastiques des apports énergétiques. Celles-ci peuvent être extraites des données historiques. Hydro-Québec dispose de séries chronologiques qui débutent en 1943, pour chacun des huit systèmes hydriques gérés par l'entreprise. Certaines données observées sont entachées d'erreurs et celles reconstituées peuvent par conséquent être entachées d'erreurs importantes elles aussi. De plus, plusieurs séries démontrent des variations importantes dans les caractéristiques statistiques qu'il est nécessaire d'étudier / Coll. : J. Gaudet; D. Tremblay (chargé de projet Hydro-Québec); M. Haché, M. Slivitzky; G. Brosseau, P. Bruneau, C. Pion (Hydro-Québec); L. Rémillard (Alcan)

**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. : Y. Hamdi; P. Bruneau (chargé de projet Hydro-Québec); T.B.M.J. Ouarda, V. Dubois; M. Barbet, L. Perreault (Hydro-Québec)

**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 de 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) utiliser l'information alternative (par exemple, données historiques) dans un contexte régional; ii) développer une approche de modélisation explicite de l'hétérogénéité régionale et de quantification de l'incertitude reliée à l'estimation; iii) 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.); et iv) 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 (chargé de projet Hydro-Québec); H. Gingras, M. Lachance, A. St-Hilaire; 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 associé 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 (mai 2000 - 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; iii) l'estimation statistique des événements extrêmes (comportement asymptotique des lois, analyse fractale / Coll. : A. St-Hilaire; N. Thiémonge (chargée de projet Hydro-Québec); Y. Hamdi, M. Slivitzky; L. Perreault (Hydro-Québec)

### **Utilisation de l'information historique et paléohydrologique pour l'estimation des crues extrêmes**

Le projet SPHERE (Systematic Paleoflood and Historical data for the Improvement of flood Risk Estimation), impliquant 8 groupes universitaires et 3 équipes d'utilisateurs provenant de 5 pays, est financé pour un montant de 949K EUROS par la Communauté Européenne pour la période 2000-2002. En raison de l'expérience acquise au cours des 20 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

### **Développement du logiciel Rémus dans l'environnement Windows 95 et 98**

Le logiciel Rémus vise à reconstituer des données mensuelles manquantes. Il a été élaboré à l'aide du langage C++ et de la librairie graphique XVT, et ne peut être utilisé dans l'environnement Windows 95, norme actuelle d'Hydro-Québec. Le logiciel est développé en MATLAB et est adapté à l'environnement Windows 95 et 98, mettant à profit les derniers développements informatiques / Hydro-Québec / Coll. : B. Bobée, M. Haché, F. Désiles; P. Bruneau (Hydro-Québec)

### **Formation en hydrologie fréquentielle**

Cette formation a pour but de: i) présenter les bases théoriques du logiciel HYFRAN développé par l'équipe de la Chaire; ii) effectuer la démonstration du logiciel; et iii) entraîner les participants à l'utilisation du logiciel. / Ministère de l'Environnement du Québec / Coll. : B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda

### **Validation de données - Rationalisation de réseaux**

Les intervenants de cette collaboration sont l'ÉMI et l'ÉHTP (Maroc), l'ÉNIT et l'INSAT (Tunisie). Les objectifs du projet sont : i) de proposer une méthodologie de validation des données des réseaux hydrométéorologiques;

ii) de développer une méthodologie de rationalisation de réseaux; iii) d'effectuer le transfert des expertises entre les trois institutions et de diffuser les résultats à la communauté maghrébine et plus généralement francophone. / Agence Universitaire de la Francophonie / Coll. : B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda, M. Haché; Z. Bargaoui (ÉNIT); A. Bouziane (ÉMI); N. Serhir (ÉHTP); A. Chebchoub (INSAT)

### **Prédiction des réparations de tronçons du réseau d'aqueduc de la ville de Montréal**

Ce projet a pour but d'évaluer la procédure proposée par le Groupe BPR concernant la stratégie de réparation des tronçons du réseau d'aqueduc de la ville de Montréal / BPR Groupe-conseil / Coll. : B. Bobée, M. Lachance, A. St-Hilaire

### **Projet environnemental et de mise en valeur des ressources de Richibouctou (Nouveau-Brunswick)**

Ce projet consiste à : i) faire l'analyse statistique des données hydrométriques du bassin versant de Richibouctou (station 01BS001); ii) effectuer l'estimation régionale sur les sous-bassins de Richibouctou, pour le compte du Centre de recherche en sciences de l'environnement de l'Université de Moncton. / CRSE Univ. Moncton / Coll. : A. St-Hilaire, B. Bobée

### **Développement d'un module d'importation de données dans HYFRAN**

L'objet du projet est de développer un module d'importation des données hydrologiques du ministère de l'Environnement du Québec dans HYFRAN / Ministère de l'Environnement du Québec / Coll. : M. Haché, B. Bobée, F. Désiles, Z. Ristic-Rudolf

### **Prévisions hydrométéorologiques et gestion des ressources hydriques au Mexique**

Le projet comprend deux volets : A) Préviation 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 mesures; ii) développement d'outils pour la validation des données;

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 (CIRA, Mexique); A. Cârsteanu (Cinvestav, Mexique)

---

---

**CAMPBELL, Peter G.C.**

### ***Biogéochimie des métaux***

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

Des recherches réalisées au cours des 20 dernières années 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. Dans le cas de l'argent, cependant, ces liens sont relativement peu connus. En l'absence de sulfures, la spéciation de l'argent est fortement influencée par les ions chlorure et thiosulfate : les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles, souvent à des concentrations suffisamment élevées pour complexer l'argent (eaux usées, eaux de ruissellement urbain, eaux saumâtres), alors que les thiosulfates, moins communs, se trouvent dans les eaux usées du procédé de développement des pellicules photographiques, ainsi que dans certains effluents miniers.

Dans ce contexte, on s'est posé la question "Comment la complexation de l'argent par le chlorure ou le thiosulfate affecte-t-elle la biodisponibilité du métal?" Le présent projet de recherche a été conçu pour répondre à cette question. En nous servant des algues 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 à ce jour suggèrent que certains complexes anioniques de l'argent sont biodisponibles (notamment le complexe Agthiosulfate,  $\text{AgS}_2\text{O}_3^{-1}$ ), et que la connaissance de la concentration de l'ion  $\text{Ag}^+$  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. Signalons que ces recherches complémentaires sur l'argent réalisées à l'Université McMaster, ont été reconnues en novembre 2001 par l'octroi d'un prix Synergie (CRSNG / Industrie Canada). / CRSNG / Kodak Canada Inc. / Coll. : V. Hiriart, C. Fortin, J. Deault



### **Compréhension des mécanismes de transfert du Cd et du Hg au travers des membranes cellulaires**

Depuis environ 5 ans, grâce au financement reçu du Réseau de Centres canadiens en Toxicologie (RCCT) et du FODAR, notre équipe UQAM/INRS-Eau étudie le transport du cadmium par les enterocytes (cellules intestinales en culture), afin de mieux comprendre comment ce métal est assimilé dans le tractus intestinal animal. Les chercheurs de l'UQAM s'occupent de la culture des cellules et des aspects toxicologiques, alors que ceux de l'INRS-Eau s'intéressent à la spécialisation du Cd dans le milieu d'exposition, et à l'influence de cette spéciation sur le transport membranaire du métal et sa biodisponibilité.

Le présent projet nous permettra d'étendre nos recherches à un autre métal d'intérêt environnemental, le mercure, seul et en combinaison avec le cadmium. Nous explorons en parallèle un autre modèle biologique, celui des cellules de foie (hépatocytes), le foie étant impliqué dans la détoxification de métaux nous comme le cadmium et le mercure / CRSNG / Resp. : F. Denizeau; Coll. : C. Jumarie (UQAM), J. Segui (UQAM/INRS)

### **Biogéochimie / Assainissement**

#### **Phytotraitement de l'aluminium par les macrophytes exposées 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 le Dre 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, S. Dupuis (Alcan); S. Prémont, R. Goulet, C. Gallon, J. Lalonde

### **Biogéochimie : Eaux de surface**

#### **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; **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 trois 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. 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 du Ligand Biotique" (BLM, ou "Biotic Ligan 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 BML 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 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 bio-essais. 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; Environnement Canada (Plan vert - subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT)/ Coll. : B. Hale (U. Guelph); F. Denizeau, C. Jumarie (UQAM); A. Boudou (U. Bordeaux); C. Fortin, B. Vigneault, Amiel Boulemant, Gérald Côté, Céline Porcher

## **Biogéochimie : Écotoxicologie**

### ***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 : 1) l'exposition aux métaux (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn); 2) la prise en charge de métaux (foie, reins, branchies); 3) la spéciation intracellulaire des métaux (complexation par la métallothionéine ou par d'autres ligands cytosoliques); 4) la physiologie des poissons (fonctionnement du

système endocrinien); 5) la croissance des poissons (bilan bioénergétique) et 6) les effets au niveau de la population (succès reproducteur). À l'INRS-Eau on s'occupe des aspects (i) -> (iii); le secteur (iv) relève du Dre 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, le Cu, le Ni et le Zn sur les animaux aquatiques/ Association canadienne minière; Ontario Power Generation Inc. / Coll. : A. Hontela (UQAM); J.B. Rasmussen (McGill); A Giguère, L. Kraemer

### ***Outils pour déterminer les apports permis en métaux dans le milieu récepteur***

Dans un avenir rapproché, l'industrie minière et métallurgique au Québec sera soumise par décret au programme de réduction des rejets industriels (PRI). Par ce programme, le ministère de l'Environnement du Québec vise 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 rejets 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 dudit 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 : 1) la capacité assimilatrice du milieu récepteur relativement aux métaux et à d'autres substances présentes dans les rejets industriels; 2) la concordance entre la toxicité des métaux dans le milieu par rapport aux tests de laboratoire; 3) le concept de <biodisponibilité>; 4) 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; COREM / Coll. : L. Hare; Y. Couture et C. Olsen (COREM); L. Martel (CEAEQ); A. Hontela (UQAM); B. Pinel-Alloul (U. de M.); Y. Couillard (Environnement Canada)

---

---

**CLUIS, Daniel**

### ***Hydrologie : Aménagement des bassins versants***

#### ***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 : 1) 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; 2) circonscrire spatialement les zones à risque, permettant de localiser les principales sources de contamination; 3) optimiser les interventions correctrices et développer des scénarios d'intervention et évaluer leur potentiel de réduction des charges exportées.

La méthodologie exploitera deux outils : 1) l'approche multiparamétrique : il s'agit d'effectuer, par la technique du  $^{137}\text{Cs}$ , un bilan des mouvements de sol depuis 1963 sur une trentaine de champs typiques représentant les principales combinaisons sol/pente/usage du sol, d'identifier l'origine spatiale des MES 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); 2) 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 km<sup>2</sup>) 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 km<sup>2</sup>) puis étendu à l'ensemble du bassin de la Boyer (220 km<sup>2</sup>) 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)

physiques objectives / CRSNG-Dépenses courantes

---

## Écoulements

### ***Persistence des séries hydrologiques. Utilisation des coefficients d'auto-corrélation pour étudier la persistence des séries temporelles en hydrologie quantitative et qualitative***

Ce projet vise à résoudre, à moyen terme, trois groupes de problèmes : 1) dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'eau, l'estimation des débits massiques constitue un préalable nécessaire à l'interprétation des phénomènes de transport, à des relations sources-effets et à la calibration des modèles de qualité de l'eau; 2) 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; 3) 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

**FORTIN, Jean-Pierre**

## **Hydrologie : Écoulements**

### **Proposition pour l'intégration d'HYDROTEL au système de prévision d'Hydro-Québec et la simulation des apports sur la rivière Gatineau**

Le présent projet a pour objectifs

- 1) d'apporter les modifications nécessaires au modèle hydrologique HYDROTEL en vue de son intégration au système de prévisions hydrologiques d'Hydro-Québec;
- 2) de vérifier quel effet pourra avoir la disponibilité de nouvelles données météorologiques sur le bassin de la rivière Mitis sur les simulations et prévisions hydrologiques réalisées sur cette rivière et
- 3) d'étalonner le modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Gatineau en vue de la prévision des apports sur cette rivière.

Pour réaliser le premier objectif, on modifiera le modèle de manière à permettre la dialogue entre ce dernier et la base de données d'Hydro-Québec sur Oracle et on ajoutera une interface pour faciliter la mise à jour des variables d'état du modèle. Des tests de prévisions sur les rivières Mitis et Gatineau compléteront l'intégration d'HYDROTEL au système de prévision. Dans le cas du deuxième objectif, il faut savoir qu'un réseau de stations météorologiques minimal et comptant des données incertaines a dû être utilisé lors d'un premier étalonnage du modèle sur la Mitis. L'installation de nouvelles stations devrait permettre l'amélioration de la représentativité spatiale des variables météorologiques. Enfin, la réalisation du troisième objectif consistera à procéder à toute la procédure d'étalonnage du modèle sur le bassin de la rivière Gatineau / Hydro-Québec / Coll. : M. Bernier

### **AGRORIESQ : Application géomatique de Radarsat à l'observatoire des risques d'inondations et d'érosion dans le sud du Québec**

Le projet AGRORIESQ a pour objectif d'appliquer les informations extraites des données du satellite RADARSAT à l'observation des risques d'érosion et de ruissellement excessif en milieu agricole au

Québec. Pour ce faire, il s'appuiera sur trois expertises complémentaires : - l'expertise développée par le CARTEL et VIASAT Inc. dans le cadre du projet FLOODGEN, un projet européen auquel ils participent depuis deux ans, destiné à l'observation du risque de ruissellement excessif en France, en Allemagne et en Italie; - l'expertise développée au CARTEL et à Agriculture Canada dans les applications de la télédétection et des SIG pour la cartographie de l'érosion hydrique et des pratiques agricoles conservatrices des sols; - l'expertise développée par l'INRS-Eau en modélisation hydrologique distribuée à l'échelle du bassin versant (modèles HYDROTEL et GIBSI).

Le projet a trois objectifs principaux :

- 1) l'observation et la mesure des paramètres de surface affectant le ruissellement et l'érosion sur les sols nus avec les données RADARSAT;
- 2) l'intégration des données RADARSAT et des données optiques à des SIRS et à des modèles hydrologiques pour la modélisation spatiale de l'érosion et du ruissellement;
- 3) l'observation, l'identification et la cartographie des pratiques culturelles anti-érosives avec les données RADARSAT et les données optiques.

Pour atteindre ces objectifs, le projet s'appuiera sur des mesures au sol et des images RADARSAT acquises tard l'automne et au printemps. Les paramètres utiles qui seront extraits des images seront la rugosité, l'humidité et la présence de résidus de culture sur les sols nus. L'accent sera mis sur les régions dotées de sols fragiles (loam sableux) et cultivées en maïs ou en pommes de terre, qui sont des cultures générant de longues périodes de sol nu. Afin que les produits issus du projet correspondent bien aux besoins des usagers, un comité avisé formé de praticiens du milieu agronomique et environnemental sera mis en place dès le début du projet. Il comportera également des industriels du domaine de la géomatique/FCAR / Coll. : M. Bernier, F. Bonn, P. Lemieux

### **Mise en place du modèle HYDROTEL sur le bassin du lac Kénogami et support à l'apprentissage et à l'étalonnage du modèle sur ce bassin**

Le projet consiste tout d'abord à former M. Denis Tremblay d'Hydro-Québec en vue de l'utilisation du modèle HYDROTEL. En outre, l'INRS-Eau doit mettre en place la version la

plus récente du modèle HYDROTEL sur le bassin du réservoir Kénogami et accorder le support nécessaire à M. Tremblay pour étalonner le modèle sur le bassin aux pas de temps journalier et horaire à partir de données portant tant sur les périodes d'été que sur les périodes d'accumulation et de fonte de neige. Cet étalonnage se fera en vue de l'utilisation du modèle pour l'estimation des crues maximales probables préalables à la construction d'un nouveau barrage sur le bassin et pour la préparation subséquente de prévisions hydrologiques sur ce bassin / Hydro-Québec / Coll.: M. Bernier

***Proposition de modification au modèle HYDROTEL en vue de son utilisation pour la préparation de prévisions hydrologiques au ministère de l'Environnement du Québec***

Le projet a comme objectif d'apporter les modifications nécessaires au modèle HYDROTEL afin que le ministère de l'Environnement du Québec puisse utiliser le modèle à des fins de prévisions hydrologiques. On vise à l'utilisation du modèle de manière opérationnelle au printemps 2001 sur le bassin de la rivière Chaudière / Ministère de l'Environnement du Québec

---

**GRATTON, Yves**

***Dynamique des fluides géophysiques***

***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, 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 38° et 45°N et entre 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 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 subductées 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. Mémyer (LODYC, Université Pierre et Marie Curie); L. Prieur (CNRS, Villefranche-sur-mer, France); G. Caniaux (CNRM, Météo-France, Toulouse)

---

---

## **HARE, Landis**

### **Biogéochimie : Eaux de surface**

#### **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 bioindicateurs. Pour ce faire, il suffit de déterminer la relation entre la concentration du métal dans le milieu et dans le bioindicateur. 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 : 1) d'expliquer la faible bioaccumulation du Cd dans les lacs hautement acides; 2) d'évaluer l'influence du type de nourriture sur les concentrations en métaux chez le consommateur; 3) 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

### **Biogéochimie: Sédiments**

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

L'objectif est de développer et de vérifier sur le terrain des modèles qui relient les concentrations de métaux dans les animaux benthiques à celles dans leur environnement. Pour développer des modèles de bioaccumulation avec 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 savoir si les animaux obtiennent les métaux de ces deux compartiments. On rapporte 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. On veut augmenter notre connaissance de leur comportement pour construire et irriguer leurs galeries. Une fois qu'on a déterminé le compartiment majeur d'où les animaux benthiques obtiennent leurs métaux, on veut déterminer de quelle source (nourriture ou eau), ils l'obtiennent / CRSNG-Metals In The Environment Research Network / Coll. : A. Tessier

---

---

## **LACHANCE, Marius**

### ***Biogéochimie : Sol (bassin versant)***

#### ***Étude sur l'amendement des sols des emprises de lignes de distribution dans le but de réduire la croissance des végétaux***

La maîtrise de la végétation est un aspect important de l'entretien des réseaux de distribution d'électricité au Québec. Les amendements au sol ont été identifiés comme outil potentiel pouvant servir dans un programme intégré de maîtrise biologique de la végétation. L'hypothèse de base est qu'il est possible de réduire la croissance des végétaux ligneux à croissance rapide et de favoriser la venue de végétaux compatibles avec les infrastructures de transport et de distribution de l'électricité par des amendements ciblés au niveau du sol. La stratégie proposée consiste à exploiter des facteurs adverses du milieu déjà présents afin de créer des conditions difficiles pour la végétation arborescente et favorables à une végétation compatible et bien adaptée à ces conditions. Le projet de recherche vise à vérifier l'hypothèse selon laquelle il est possible de réduire la croissance des végétaux ligneux par une intervention ciblée au niveau du sol et d'identifier les essences compatibles pouvant être favorisées par le traitement. Les étapes qui ont été réalisées dans une première phase sont : la localisation des blocs d'étude; la définition et la délimitation des unités expérimentales; la caractérisation de la solution de sol; la caractérisation de la végétation; des recommandations préliminaires pour l'attribution des différents traitements proposés / Hydro-Québec / Coll. : F. Marquis, G. Pellerin (Hydro-Québec)

### ***Hydrologie : Écoulements***

#### ***Atelier de formation en hydrologie statistique***

Les lois statistiques et les tests statistiques correspondants sont fréquemment utilisés en hydrologie afin de représenter le comportement des débits en rivière, de définir



les valeurs des crues ou encore de reconstituer les valeurs des séries d'apports servant aux simulations hydro-énergétiques. Dans le cadre des activités de la Chaire en Hydrologie Statistique, un groupe de gestionnaires d'Hydro-Québec a manifesté l'intérêt d'approfondir leurs connaissances sur les lois et les tests statistiques applicables à leur domaine d'activité. Une série de cours a été donnée portant sur les lois statistiques les plus couramment utilisées en hydrologie. Une revue des tests statistiques les plus appropriés a été faite afin d'être en mesure de bien interpréter les résultats obtenus. Des applications basées sur l'utilisation des logiciels Statistica et Hyfran ont été examinées / Hydro-Québec/ Coll. : N. Thiemonge (Hydro-Québec)

### **Hydrologie : Aménagement des bassins versants**

#### **Méthodes statistiques d'analyse de données**

Ce projet consiste à faire un inventaire des méthodes statistiques applicables à l'identification de variables caractéristiques de la forêt boréale ainsi qu'à la classification de ses lacs. Le choix a finalement porté sur l'utilisation combinée de l'analyse des correspondances et de la classification hiérarchique. Ces méthodes ont permis d'analyser et de traiter l'ensemble de l'information disponible / Environnement Québec / Coll. : D. Blais

### **LAFRANCE, Pierre**

### **Biogéochimie : Eaux souterraines**

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

Le projet porte sur l'influence des processus bio-physico-chimiques sur le destin et le transport de composés organiques dans le sol et l'eau souterraine. Le programme 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 : 1) l'étude d'interactions entre les contaminants organiques et les éléments constitutifs du sol; 2) l'impact de ces interactions sur le devenir des contaminants (transport et biodisponibilité); 3) l'étude *in situ* de l'évolution des contaminations et la validation d'hypothèses de transport; et 4) le transfert des connaissances vers : i) l'application d'outils prédictifs du devenir des contaminations (modèles de transport) et; ii) 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 par rapport aux 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 programme 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 : 1) Étude des processus bio-physico-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 culturelles sur l'atténuation au champ. 2) 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. 3) 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. 4) 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 culturelles 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 / FCAR- Équipe de recherche / Coll. : O. Banton, J.-P. Villeneuve, P.G.C. Campbell

## LECLERC, Michel

### **Hydrologie : Écoulements**

#### ***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 formes de consultant 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'interventions 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, tenant compte 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

#### ***Modèle hydrodynamique bidimensionnel du système fluvial du Rio Paraná (Argentine, Paraguay)***

Le but du projet est de supporter la réalisation d'un modèle hydrodynamique bidimensionnel du fleuve Paraná, entre l'Argentine et le Paraguay, dans la région du barrage Yacyretá. L'implantation de cet ouvrage hydroélectrique majeur a laissé des séquelles

environnementales importantes, notamment pour les communautés piscicoles soumises à une sursaturation de l'eau par l'azote atmosphérique causée par les évacuateurs de crues. L'hypothèse de l'étude est qu'il existe un patron d'évacuation des crues qui peut accélérer la désaturation gazeuse en aval des ouvrages et minimiser le chevauchement entre les zones d'habitats piscicoles et les panaches d'évacuation. Pour ce faire, l'élaboration d'un modèle numérique de terrain, à l'aide du MODELEUR, d'un tronçon de 300 km du fleuve est requise, suivie de la mise en œuvre d'un modèle hydrodynamique avec HYDROSIM. L'effort est réalisé conjointement avec les spécialistes de l'EBY auxquels une formation intensive aux logiciels est donnée ainsi qu'un support à l'utilisation tout au long de la réalisation/ Client : Entidad Binacional de Yacretá (EBY)/ Coll. : Y. Secretan, P. Boudreau, M. Heniche / Partenaire : Prof. José Bechara, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad nacional del Nordeste (Corrientes, Argentine)

***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. : P. Boudreau, J. Morin, M. Heniche, Y. Secretan, S. Côté, J. Marion, P. Fortin; J.F. Cantin, R. Laurence (Environnement Canada)

***Addendum à l'entente spécifique sur la modélisation intégrée du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières***

Le projet vise la poursuite de l'effort de modélisation du fleuve Saint-Laurent dans le cadre de l'entente spécifique qui lie l'INRS-Eau à Environnement Canada (Environnement atmosphérique). Les tronçons visés par le projet s'étendent du port de Montréal à Trois-Rivières. Il s'agit d'abord de compléter les efforts de caractérisation des plantes aquatiques et de la topographie des milieux de faible profondeur ou excentriques à la voie navigable. Les données actuellement disponibles et les nouvelles seront traitées dans le modèle numérique de terrain (MNT) des lieux avant d'être repris par le modèle hydrodynamique. Le but ultime de ce modèle est de servir à la planification des mesures d'urgence maritime, à la planification environnementale des aménagements réalisés dans les tronçons (incluant le dragage) de même qu'à l'élaboration d'un nouveau plan de gestion des débits et des niveaux d'eau du fleuve, dans le cadre du Plan III Saint-Laurent. Il est à noter que ce premier addendum sera bientôt (juillet 1998) suivi d'un deuxième en vue de compléter les efforts entrepris / Environnement Canada / Coll. : P. Boudreau, J. Morin, Y. Secretan, Y. Roy

***Modélisation des microhabitats du saumon de la rivière Sainte-Marguerite (Saguenay)***

Ce projet vise à développer et appliquer une stratégie de validation biologique des modèles de microhabitats basée sur le concept de territoire individuel et des indicateurs de taux de croissance. Il vise également à développer et appliquer un formalisme de modélisation des préférences d'habitat par indice, basé sur des concepts bioénergétiques. Ces modèles seront appliqués sur un tronçon de la rivière Sainte-Marguerite, dans le cadre d'un projet de recherche du CIRSA, le Centre Interdisciplinaire de Recherche sur le Saumon Atlantique / CIRSA / Coll. : M. Leclerc, Y. Secretan, P. Boudreau, J. Lafleur

***Analyse détaillée des conditions d'hydraulicité sur la rivière Chicoutimi, dans la région des ouvrages (Chute-Garneau et Pont-Arnaud)***

Le projet vise à instruire aussi précisément que possible les facteurs hydrauliques ayant influencé le comportement des ouvrages hydrauliques de la Chute-Garneau et Pont-Arnaud lors des crues du Saguenay en 1996.

Le projet s'inscrit dans le cadre de la poursuite des assureurs de l'Alcan contre Hydro-Québec et le MEF / Hydro-Québec (Contentieux) / Coll. : Y. Secretan, P. Boudreau, M. Heniche, J. Marion

***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

***L'analyse de risques d'inondation par embâcles.***

Le projet vise à développer une méthodologie permettant de quantifier le risque de dommages directs aux résidences dûs aux embâcles fluviaux. L'estimation empirique des probabilités, nécessite la prise en compte des lieux de prédilection de ce phénomène sur un cours d'eau. La classification de l'amplitude de ces phénomènes est également requise à partir de données quantitatives ou d'indices recueillis auprès des instances gouvernementales ou des populations impliquées. La principale difficulté d'une telle approche est reliée à l'hétérogénéité des informations disponibles / CRSNG-Subvention de recherche / Coll. : M. Leclerc

---

---

**MORIN, Guy**

***Hydrologie : Écoulements***

***Modélisation hydrologique et prévision en temps réel des apports des bassins versants en amont de la centrale Shipshaw à l'aide du modèle CEQUEAU, Phase 3***

L'objectif du contrat est de modifier la partie quantité du modèle hydrologique CEQUEAU pour simuler les apports hydrauliques naturels journaliers de tous les bassins versants en amont de la centrale Shipshaw pour la prévision des débits à court terme (1 à 7 jours) et à moyen terme (1 à 2 mois). Cette étude a pour but de revoir les ajustements de paramètres du modèle CEQUEAU faits à la phase 1 et 2 du projet avec ALCAN. Cet ajustement des paramètres sera fait en utilisant les données disponibles les plus récentes et en introduisant également les nouvelles stations météorologiques et hydrométriques. Cette étude comporte également le développement et l'incorporation au modèle CEQUEAU d'une procédure de mise à jour manuelle itérative déterministe, basée sur l'analyse graphique des performances du modèle pour les jours précédents / ALCAN / Coll. : P. Paquet

---

---

**OUARDA, Taha B.M.J.**

## **Hydrologie : Écoulements**

### ***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 des tests 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)

### ***Correction du débit en présence d'un effet de glace - Étude de faisabilité pour le développement d'un logiciel***

Une proportion importante des rivières québécoises et canadiennes est affectée par l'effet de glace i.e. le débit estimé par la courbe de tarage ne correspond pas au débit réel à cause de la présence de glace dans la rivière (glace de surface, glace de fond, glace en aiguilles, etc.). Dans le cadre de ce projet, on répond à certaines des priorités immédiates du MEQ et d'EC en matière de correction du débit sous la glace et on tient compte des méthodes, recherches et documentations issues des deux ministères. Ce travail sera concentré sur les 3 volets suivants : 1) étude critique des approches adoptées par le MEQ et EC pour l'estimation des débits de rivières durant la période de

présence de glace; 2) revue bibliographique des différentes approches développées pour la correction du débit en présence d'un effet de glace; et 3) étude de faisabilité pour le développement d'un logiciel qui permettra d'effectuer la tâche de correction du débit en période de présence de glace d'une façon automatique et rationnelle.

Il est important de noter que la disponibilité d'observations précises des débits sous la glace peut être très utile pour la détection des emplacements et temps d'occurrence des embâcles et débâcles de glace en temps réel / Environnement Canada - Environnement Québec / Coll. : B. Bobée, P. Coulibaly, D. Faucher; V.H. Hoang (Environnement Québec), J.F. Cantin (Environnement Canada)

### ***Development of analytical tools for detection of nonstationarities in climatic series : application to Canadian data/ Développement d'outils analytiques pour la détection des non-stationnarités dans les séries climatiques : application aux données canadiennes***

L'objectif de ce travail de recherche est de développer de nouveaux outils analytiques bayésiens qui permettent d'analyser et de quantifier les non-stationnarités dans les variables climatiques, et puis d'appliquer ces outils à l'étude des séries climatiques canadiennes. 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 : 1) appliquer la procédure bayésienne univariée aux séries chronologiques des stations principales d'Environnement Canada; 2) développer une procédure bayésienne bivariée pour tester la signification d'un changement de moyenne d'une variable aléatoire hydrologique ou météorologique à une date inconnue. Cette procédure tient compte de la structure de corrélation entre deux variables données (par exemple les séries de données de deux stations hydrométriques voisines, ou les séries de données d'une station météorologique et d'une station hydrométrique); 3) valider la procédure sur la base de séries générées et ensuite l'appliquer aux séries chronologiques des stations principales et non-principales opérées par Environnement Canada. Ceci permettra d'identifier tout changement qui

pourrait être relié aux instruments de mesure ou aux procédures de collection des données; 4) appliquer la procédure bayésienne bivariée aux séries chronologiques de différentes variables hydrométéorologiques pour étudier leurs réponses aux changements dans d'autres séries climatiques; 5) poursuivre le développement de procédures régionales/ Environnement Canada / Coll. : B. Bobée, A. Cârsteanu, J. Asselin

### ***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 : 1) caractérisation et suivi de la glace en rivière par télédétection radar; 2) étude du débit et du couvert de glace dans des conditions de changement climatique et 3) prévision et détection des embâcles / Agence spatiale canadienne, programme ADRO-2 / Coll. : M. Bernier, Y. Gauthier B. Bobée, J.-P. Fortin

### ***Étude de faisabilité pour l'augmentation du débit d'étiage dans la rivière du Loup***

Le débit de la rivière Fourchue influence directement le débit de la rivière du Loup dont elle est un des tributaires. Le barrage du lac Morin, situé sur la rivière Fourchue, a été historiquement géré de façon à fournir un débit minimum pour les centrales situées à l'aval. Une variable souvent utilisée au Québec pour caractériser les étiages est le débit minimum annuel sur une période de 7 jours dont la période de retour est de 10 ans (noté 7Q10). L'objectif de la présente étude est de vérifier s'il est possible de gérer le barrage du lac Morin de façon à augmenter la valeur du débit 7Q10 contrôlé dans la rivière du Loup / P. Riebel et Associés / Coll. : B. Bobée, A. Cârsteanu

### ***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 concernant : 1) la modélisation explicite de l'hétérogénéité régionale et la quantification de la précision des estimations régionales des quantiles de crues; 2) la prise en compte des corrélations entre les différentes variables explicatives et les variables dépendantes, et la combinaison de l'information locale et régionale; 3) 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; 4) le développement de modèles régionaux de crues intégrant l'utilisation du GRADEX (gradient des valeurs extrêmes) des pluies; 5) la régionalisation d'autres variables telles que les volumes de crues et les paramètres de modèles; 6) le développement de modèles régionaux utilisant les queues des distributions (parties extrêmes des distributions) ainsi que l'information alternative (par exemple, données historiques).

#### **- Application à la modélisation des apports prévisionnels**

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de l'estimation et 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

### **Adaptation du logiciel SimSAT**

La première phase du projet traite d'améliorations à apporter au logiciel SimSAT, développé par la Chaire dans l'environnement Matlab. Ce logiciel permet de générer un nombre limité de séries synthétiques couvrant tout le spectre de scénarios (extrêmes et moyens) selon un ensemble de critères bien déterminés. Le travail qui sera effectué dans le cadre de cette phase consiste à répondre aux différents besoins d'Hydro-Québec en terme d'améliorations et d'ajouts à apporter au logiciel SimSAT pour s'assurer qu'il réponde aux besoins dynamiques de l'entreprise. Ceci inclut en particulier l'adaptation des interfaces du logiciel SimSAT pour les comptabiliser avec les formats du logiciel MINERVE (logiciel d'optimisation qui permet de déterminer l'aménagement hydroélectrique optimal d'une nouvelle vallée), la modification de l'interface et l'extension du contenu du module CAR (modèle autorégressif contemporain) du logiciel pour permettre une meilleure interface et faciliter l'intervention de l'utilisateur durant les différentes étapes de la modélisation (désagrégation, etc.) et pour inclure d'autres modèles tel que le modèle de moyenne mobile, ainsi que pour l'adaptation des types et options de fonctions de coûts utilisés dans le module 7 du logiciel (coût moyen du Gwh garanti, produit ou installé, coût total des aménagements, etc.) pour les nouveaux besoins de l'entreprise. La deuxième phase du projet concerne l'application de procédures bayésiennes univariées pour la détection de non-stationnarités (changements de moyenne et de variance) à la série énergétique agrégée d'Hydro-Québec, et d'adapter et d'appliquer la procédure bayésienne multivariée pour la détection de non-stationnarités dans les différentes séries d'apports énergétiques pour les principaux huit complexes hydroélectriques d'Hydro-Québec / Hydro-Québec / Coll. : B. Bobée, M. Haché, H. Gingras; L. Perreault (Hydro-Québec); V. Fortin (IREQ)

***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, on se propose de continuer le développement de nouveaux outils bayésiens qui permettent d'analyser et de quantifier les non-stationnarités dans les variables climatiques, et puis d'appliquer ces outils à l'étude des séries de débit provenant des glaciers des pentes de l'est des Rocheuses canadiennes. On se propose 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 : 1) analyses conventionnelle et bayésienne des séries chronologiques des 8 stations d'intérêt; 2) 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; 3) application des procédures bayésiennes développées aux séries chronologiques de différentes variables d'intérêt pour étudier leurs réponses aux changements climatiques et 4) fournir des conclusions et des recommandations concernant l'adaptation à ces non-stationnarités/ Environnement Canada, National Hydrology Research Center/ Coll. : A. Pietroniro, M. Demuth, B. Bobée

### ***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 les filtres de Kalman ont été identifiées comme étant les approches les plus puissantes. Le présent projet vise à : 1) développer des algorithmes robustes pour les méthodes mentionnées ci-dessus; 2) développer des programmes de calcul pour ces méthodes et présenter de brefs manuels

d'utilisation; 3) 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.); 4) présenter des recommandations concernant les approches à utiliser, dépendamment de la taille de la rivière étudiée et des données existantes et 5) assurer un transfert des méthodes développées / Ministère de l'Environnement du Québec / Coll. : B. Bobée, H. Gingras, H. Ghedira; V.-D. Hoang (Ministère de l'Env. du Qc)

### **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 : a) définition et détermination de régions hydrologiquement homogènes; et b) 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 : 1) saisie des données; 2) tests d'hypothèse; 3) détermination des voisinages hydrologiques; 4) estimation régionale et 5) 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)

### **Suivi des débits hivernaux et de l'impact des glaces de rivières**

L'une des caractéristiques du climat québécois est le gel et le dégel périodique des rivières. Ces phénomènes ont un effet important sur la dynamique des cours d'eau et des bassins versants et peuvent avoir des conséquences dramatiques sur l'environnement naturel et humain et un impact économique important (crues, production hydroélectrique, impact sur la faune aquatique, etc.). L'exemple le plus frappant est bien entendu la formation d'embâcles de glace et les inondations qu'ils peuvent entraîner. Ce type d'inondations représente d'ailleurs 2/3 des inondations du Québec et son impact économique annuel est estimé à plusieurs millions de dollars. La compréhension des processus reliés à la présence de glace en rivière est donc d'une importance capitale. La recherche proposée par le candidat aura 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./

**Fonds Institutionnels de Recherche/ Coll :** M. Bernier, B. Bobée, H. Gingras, H. Ghedira ; S. Hamilton, Raymond Bourdages (Env. Can.); Faye Hicks (U. Alberta)

### **Analyse des séries d'apports énergétiques d'Hydro-Québec**

Hydro-Québec est intéressé à établir une vision commune relative aux caractéristiques des séries d'apports énergétiques annuels des différents systèmes ainsi que de la série agrégée. Le présent projet fait partie d'une consultation qu'Hydro-Québec organise pour répondre à ces questions. Cette consultation fait suite aux conclusions d'un comité d'experts qui a analysé ces séries en 1998. Compte tenu des nouvelles techniques d'analyse statistique développées durant les dernières années, des connaissances récentes concernant les phénomènes de changements climatiques, et des nouvelles données acquises, Hydro-Québec est intéressé à répondre aux questions suivantes : 1) Est-ce qu'il existe une tendance dans la série d'apports énergétiques annuels? 2) Est-ce qu'il existe des ruptures de moyenne dans la série d'apports énergétiques annuels? 3) Est-ce qu'on peut mettre en évidence des cycles significatifs dans la série d'apports



énergétiques annuels? 4) Si les données d'apports énergétiques annuels récentes ne s'inscrivent pas dans la continuité des précédentes, quel modèle et quel estimateur de l'apport énergétique moyen peut-on proposer, et comment peut-on prendre en compte cette non-stationnarité en mode prévisionnel? 5) Quelle est la prévision de l'apport énergétique annuel des 3 prochaines années, et quelle en est l'incertitude?/  
**Hydro-Québec/** Coll : B. Bobée, H. Gingras, P. Coulibaly; L. Perreault, V. Fortin, R. Roy (Hydro-Québec)

---

**SASSEVILLE, Jean-Louis**

### **Assainissement**

#### ***Traitement et valorisation des boues d'épuration (Fonds privés)***

Ces activités de transfert technologique en sont à leur cinquième année. Ces projets 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 supérieurs à 2 M \$ au cours des deux prochaines années. Coll. : J.-F. Blais, R. Tyagi, G. Mercier, J. Valéro.

#### ***Gestion publique de l'eau : Théorie et pratique***

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, par exemple: la gestion des rivières nordiques, 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 2000-2001 à une subvention importante du CRDI (à L'Industrielle de l'environnement et Ressource Expert Plus), ainsi qu'à plusieurs manifestations scientifiques (Maranda/ Sasseville). Un manifeste de 800 pages, visant à diffuser cette théorie intégrée de la gestion publique de l'eau et ses applications pratiques auprès d'utilisateurs spécialisés, est en préparation. Coll.: Y. Maranda (MEF); N. Kibi (Ressources Expert Plus); R. Tremblay (L'IE inc.) et al

---

**SECRETAN, Yves****Hydrologie : Écoulements****Plan d'action et de développement pour l'aménagement de la Petite-Décharge au Saguenay - Lac-Saint-Jean (Québec)**

Formation et soutien à l'utilisation des logiciels Modeleur/Hydrosim. Partenaire dans la réalisation du projet de restauration et d'aménagement de la Petite-Décharge/ Comité ZIP Alma-Jonquière / Coll. : M. Leclerc, M. Heniche

**Adaptation de Dispersim à Hydrosim**

Dispersim est un modèle de transport-diffusion qui permet de traiter en parallèle plusieurs variables ainsi que leurs interactions. Les facteurs pris en considération sont les suivants : les matières solides en suspension, l'oxygène dissous, la DBO, les coliformes fécaux, les métaux lourds et les toxiques organiques. C'est un modèle bidimensionnel intégré sur la verticale, les variables calculées sont donc des valeurs moyennes dans la hauteur de la colonne d'eau. Dispersim est un modèle aux éléments finis d'approximation linéaire sur des éléments triangulaires. La résolution est stationnaire ou transitoire, sur une hydrodynamique stationnaire.

Dispersim, dans sa forme actuelle, souffre de limitations qui le rendent inutilisable pour de gros domaines d'études. De plus, toute une série de test doivent être faits pour en assurer la fiabilité et la robustesse. Le projet proposé veut transformer le modèle numérique Dispersim afin de le rendre utilisable pour des simulations de transport de sédiments sur de gros domaines d'étude / Pêches et Océans Canada / Coll. : M. Heniche

**TESSIER, André****Biogéochimie : Sédiments****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) les 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) les réactions dans les sédiments avec les oxyhydroxydes de fer et de manganèse et avec les sulfures et polysulfures; 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 de recherche / Coll. : C. Alfaro-De la Torre, L. Rancourt, C. Gallon, L. Bérubé, R. Quirion

**Biogéochimie de substances polluantes dans le milieu aquatique**

Les objectifs du programme de recherche sont : i) de comprendre et modéliser les réactions géochimiques auxquelles sont soumises les substances polluantes dans un bassin versant; ii) de modéliser l'accumulation des substances polluantes dans les organismes aquatiques; iii) de déterminer les effets des substances polluantes sur les organismes biologiques, les populations et les communautés. Dans le cadre de ces objectifs généraux, les projets proposés portent sur la diagénèse des métaux traces dans les sédiments récents et sur l'accumulation de métaux traces par des organismes aquatiques/ FCAR-Soutien aux équipes de recherche/ Coll. : M. Amyot,

P.G.C. Campbell, L. Hare; Coll. externes : N. Yan, L. Poissant, A. Boudou, J. Buffle, W. Davison, R. Carignan, F. Denizeau, A. Hontela, B. Pinel

***Mobilité géochimique des métaux dans les sédiments : influence de la diagénèse***

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, on examine le comportement géochimique et on détermine la mobilité postdépositionnelle de métaux traces (Hg, Cd, Zn, Ni, Pb) dans des sédiments de lacs. On étudie 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, M. Courcelles, L. Rancourt, C. Gallon, L. Beaudin, C. Gobeil

***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 oxiques 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 Cu et Hg. Actuellement, les modèles de spéciation ne tiennent pas compte des complexes des métaux avec les polysulfures. Dans ce projet, on vise à : i) déterminer si les eaux oxiques des lacs du bouclier canadien contiennent des concentrations mesurables de soufre réduit; 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

***Chimie rédox du mercure et du soufre dans un marécage***

Il est bien établi que la méthylation du mercure se fait surtout par les bactéries réductrices du soufre et il semble que cette méthylation bactérienne soit modulée par la chimie du soufre. D'autre part, des études récentes sur les complexes d'espèces de soufre avec le mercure montrent que, dans des eaux naturelles sulfidiques contenant du soufre élémentaire, les complexes avec le sulfure et les polysulfures dominent la spéciation de Hg. Les marécages constituent des milieux actifs pour la méthylation du mercure. On s'attend à y trouver des concentrations de l'ion sulfure élevées et variables dans le temps. Aussi, l'apport périodique d'oxygène dans la zone anoxique des sédiments permet la formation de soufre élémentaire; la réaction du S(0) avec l'ion sulfure donne la formation d'ions polysulfures. L'objectif de ce projet est d'étudier la chimie des réactions rédox du mercure et du soufre dans un marécage afin de mieux comprendre la méthylation de Hg dans ces milieux/ CRSNG-Hydro-Québec et Hydro-Ontario/ Coll. : M. Amyot, D. Lean, L. Rancourt, R. Goulet

***Biogéochimie : Eau***

***Développement et application de la dialyse *in situ* pour la mesure de métaux traces***

Beaucoup de progrès ont été réalisés au cours des vingt dernières années concernant les méthodes analytiques et les protocoles propres pour mesurer, de façon correcte, les concentrations de métaux traces dissous à des niveaux nanomolaires ou subnanomolaires en milieu aquatique. L'application de procédures propres est cependant coûteuse en temps et en matériel et n'est pas à la portée de tous les laboratoires. Même en étant très minutieux, des risques de contamination ou de perte demeurent présents; pour ces raisons, on doit envisager des méthodes de mesure *in situ* comme la dialyse. Dans ce cadre, les

objectifs du projet sont : 1) de valider la méthode de dialyse *in situ* pour la mesure des métaux traces en rivières; 2) de former le personnel du ministère de l'Environnement du Québec à l'utilisation de cette technique; 3) de vérifier l'applicabilité de cette technique à un réseau d'acquisition de données de surveillance des métaux traces/ PARDE/ Coll. : L. Rancourt, D. Berryman, D. Thomassin, B. Rondeau

**Validation de la technique DGT pour déterminer la biodisponibilité de Cd et Pb en milieu aquatique**

La technique DGT (Diffusion Gradient in Thin films) a le potentiel de mesurer *in situ* la spéciation du Cd et du Pb dans le milieu aquatique et ainsi d'en évaluer le risque de contamination. Un échantillonneur DGT pour mesurer les métaux comprend une résine Chelex fixée dans un gel mince (gel résine) dont le rôle est de piéger les métaux. Le gel résine est séparé de la solution à mesurer par un gel d'épaisseur connue (gel diffusif) dont les pores sont petits et dont la fonction est de contrôler le flux de métal de la solution externe jusqu'à la résine. On veut : 1) mieux caractériser le transport à travers le gel diffusif; 2) varier la porosité du gel diffusif de façon à obtenir des informations sur la spéciation des métaux; 3) vérifier l'applicabilité de la technique DGT pour prédire l'accumulation de Cd et de Pb par un organisme aquatique *Hyalella azteca*/ Initiative de recherche sur les substances toxiques / Coll. : M. Twiss, R. Goulet, L. Rancourt, F. Bilodeau

**TYAGI, Rajeshwar D.**

**Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales: boues**

**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 du 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. Le premier projet consiste à tester et 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. Le 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. Le 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

**Inhibition par les métaux et élimination des métaux dans le traitement des eaux usées**

Ce projet de recherche a comme objectif d'étudier l'inhibition par les métaux sur la réponse dynamique de la biodégradation

d'une substance, des performances du séparateur secondaire et de la digestion anaérobie. L'élimination par lixiviation microbienne des métaux des boues digérées anaérobie fait également l'objet de la présente recherche / CRSNG - Dépenses courantes

***Le processus de bioconversion de boues d'épuration en un produit à haute valeur ajoutée***

L'objectif de ce projet multidisciplinaire est d'utiliser les boues d'épuration produites par les stations de traitement des eaux usées comme substrat pour la production de biopesticides *Bacillus thuringiensis* (Bt). Nous avons établi que les boues d'épuration peuvent servir comme substrat pour la croissance et, par la suite, la sporulation du Bt (biopesticides). La toxicité des suspensions de Bt ainsi obtenues (Bt kurstaki HD-1) a été 4 à 6 fois supérieure à celle obtenue en utilisant les produits commerciaux. Nous sommes aussi en train d'isoler des souches de Bt indigènes aux boues, lesquelles ont une croissance plus rapide (1,5 fois) dans des boues et produisent une entomotoxicité 2,5 fois (70B) supérieure à celle de souche conventionnelle. Pour la production de nouvelles souches et pour des souches déjà identifiées (utilisées comme biopesticides en agriculture), les objectifs spécifiques sont: d'identifier de nouvelles souches; d'optimiser leurs conditions de croissance en erlen-meyers ainsi qu'en bioréacteur; et de tester la stabilité de ces biopesticides obtenus à partir des boues. Ces nouveaux procédés de production de biopesticides ont l'avantage d'utiliser des boues d'épuration de façon sécuritaire et en même temps de leur donner une valeur ajoutée / CRSNG Stratégique / Coll.: J.P. Villeneuve, J.R. Valéro (Forêt Canada)

***Production de biopesticides en utilisant des boues d'épuration des usines de traitement des eaux usées comme substrat***

L'objectif principal de ce projet est de convertir des boues d'épuration des usines de traitement des eaux usées en produits à haute valeur ajoutée (biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis*). Les objectifs spécifiques sont les suivants: caractérisation

des résidus; étude et optimisation des procédés (concentration des solides totaux, inoculum, boues primaires versus secondaires; reproductibilité et contrôle de qualité); pré-traitement des boues pour accroître l'entomotoxicité des spores et de la  $\delta$ -endotoxine; différentes stratégies de bioréacteurs pour augmenter l'entomotoxicité des biopesticides obtenus en utilisant les boues comme substrat (taux d'aération et d'agitation; procédé Fed batch, induction de sporulation par des chocs de pH et de température); détermination des critères de mise à l'échelle; stabilité des biopesticides obtenus à partir des boues comme substrats; évaluation de l'efficacité sur le terrain après les tests de plan pilote. Les résultats éventuellement obtenus par ces recherches devraient conduire d'une part au développement d'un procédé de production économique de biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* et d'autre part au recyclage des boues d'épuration comme substrat en produits à haute valeur ajoutée / USEPA - Univ. Missouri Columbia / Coll.: J.R. Valéro, J.P. Villeneuve

---

---

**VILLENEUVE, Jean-Pierre****Hydrologie: Aménagement des bassins versants****Revue de la littérature scientifique et technique (GIBSI-II)**

Réaliser une revue de la littérature scientifique et technique portant sur les approches et outils pour la détermination d'objectifs environnementaux de rejets dans un contexte de gestion par bassin versant en vue du contrôle des sources diffuses de pollution d'origine agricole / Environnement Québec / Coll.: A.N. Rousseau, E. Salvano

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

Ce projet répond, de manière cohérente, aux objectifs attendus de l'appel, sur invitation de la Direction des politiques des secteurs agricole du ministère de l'Environnement, d'une proposition de projet dans le cadre du Programme d'Aide à la Recherche et au Développement en Environnement (PARDE). Dans ce contexte, les objectifs visés par cette proposition de 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 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-COS

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

Ce projet PARDE a pour objectifs: 1) 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); 2) générer les distributions liées aux différentes variables simulées en divers points du réseau hydrographique et 3) faire des recommandations pour la mise en place et le calage des différents modèles de GIBSI/ INRS-Eau, Environnement Québec / Coll.: A. Le Page, A. Mailhot, A.N. Rousseau, J. Dupont

**Coopération internationale: développement durable des ressources hydriques dans le bassin versant de la rivière Tarim - Chine**

Ce projet de coopération canado-chinoise a pour objectif le renforcement de la capacité de gestion de l'eau du bureau des ressources hydriques de la province du Xinjiang, région autonome Uygur, afin de prévenir le tarissement de la zone riveraine de la rivière Tarim dans le désert du Taklimakan. Cette coopération s'inscrit dans le cadre d'un projet de Conservation et d'utilisation durable des ressources naturelles du bassin versant de la rivière Tarim (1 000 000 km<sup>2</sup>). Le maître d'oeuvre de ce projet financé par l'Agence Canadienne de Développement International est Jacques Whitford Environment Ltd de Calgary avec la collaboration de Roche Ltée, Groupe Conseil, de Sainte-Foy, en ce qui concerne tous les aspects liés à la gestion de l'eau. C'est à titre de consultant externe pour Roche Ltée que l'équipe du Professeur Villeneuve est impliquée avec une équipe de professeurs de l'Université de l'Agriculture du Xinjiang dans l'étude et l'analyse du bilan hydrologique du bassin versant de la rivière Tarim et du bassin versant de la rivière Hotan, un sous-bassin versant de 50 000 km<sup>2</sup> de la rivière Tarim. Les résultats de ces travaux seront utilisés pour élaborer différents scénarios de gestion des eaux. L'équipe du

Professeur Villeneuve collabore avec les professeurs: Fortin, Banton, Bernier et Ouarda et est également responsable de la formation continue d'un groupe d'ingénieurs du bureau des ressources hydriques du Xinjiang. Cette formation porte sur l'apprentissage de techniques de modélisation en hydrologie mécaniste et statistique, en hydrogéologie et en gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant/ Agence Canadienne de Développement International/ Coll.: A.N. Rousseau, A. Mailhot, O. Banton, M. Bernier, J.P. Fortin, Y. Gauthier, M. Larocque, T. Ouarda, R. Turcotte; Roche Ltée, Groupe Conseil: Y. Lord, A. Trudel, F. Thibeault et d'autres collaborateurs; Jacques Whitford Environment Ltd: S.W. Speller; Saskwater: W. Dybvig

#### **Modèles mathématiques appliquées**

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, 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 présentera sous forme d'un logiciel que le gestionnaire pourra 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

#### **Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales: boues**

##### **L'utilisation des boues d'épuration pour une lutte efficace contre les ravageurs**

Les forêts sont vulnérables à la défoliation très sévères causée par la tordeuse d'épinette (*Chroistoneura fumiferana*). L'application de *Bacillus thuringiensis* est considérée comme une très bonne solution à ce problème. Le coût actuellement élevé de ce produit en suspension a amené à considérer les boues d'épuration comme substrat alternatif pour la production de Bt. Il a été démontré qu'à l'échelle du laboratoire, la sporulation et l'entomotoxicité du Bt produit par les boues est comparable à celles des produits conventionnels. Toutefois des travaux de recherche sont requis pour améliorer la toxicité du produit ainsi que pour réduire le temps de production et le coût du produit / CRSNG, Ministère des Ressources Naturelles du Canada / Coll. R.D. Tyagi, J.R. Valéro





## 5 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

---

### Articles publiés dans les revues scientifiques

- Alfaro de la Torre, C., P.Y. Beaulieu et A. Tessier (2000). *In situ* measurement of trace metals in lakewater using the dialysis and DGT techniques. *Anal. Chim. Acta* 418(1) : 53-68.
- Amyot, M., J.-C. Auclair et L. Poissant (2001). *In situ* high temporal resolution analysis of elemental mercury in natural water. *Analytica Chimica Acta*, 447 : 153-159.
- Baghdadi, N., Y. Gauthier, M. Bernier et J.P. Fortin (2000) Potential and limitations of RADARSAT SAR Data for wet snow monitoring. *IEEE transactions on Geoscience and remote sensing*, 38 : 316-320.
- Baghdadi, N., M. Bernier, R. Gauthier et I. Neeson (2001). Evaluation of c-band data for wet loads mapping *International Journal of Remote Sensing* 22(1) : 71-88.
- Blais, J.-F., J.-F. Fiset, R. Ben Cheikh et R.D. Tyagi (2000). Revue sur l'enlèvement des métaux des effluents par adsorption sur la sciure et les écorces de bois. *Rev. Sci. Eau* 13(3) : 325-349.
- Blais, J.-F., N. Kibi, J.-L. Sasseville et J.-M. Martel (2000). Choix multicritère de procédés d'épuration des eaux usées municipales. *Rev. Sci. Eau* 13(1) : 21-38.
- Blais, J.-F., F. Shooner, R.D. Tyagi, N. Meunier, A.S. Vidyarthi et R.Y. Surampalli (2001). Class a pathogen reduction in the SSDML process. *Pract. Period. Hazard. Tox. Radioact. Waste Man.* 22(April) : 48-57.
- Blais J.F., G. Mercier et M. Chartier (2001). Décontamination à l'échelle pilote de sédiments pollués par les métaux toxiques par lixiviation chimique et biologique. *Can. J. Chem. Eng.* 79, 931-940.
- Bobée, B., A. Cârsteanu, M. Hoepffner et M. Lang (2000). Climate variability : seasonal forecast for optimal management of water resources - Preface. *Stoch. Environ. Res. Risk Asses.* 14(4-5) : 211-212.
- Campbell, P.G.C. (2001). Uptake of silver by a green alga: the effect of chloride and thiosulfate. Conférence invitée. Colloquium on the Biotic Ligand Model (BLM): Current status and future directions. Washington, DC, 28-30 janvier 2001.
- Cavadias, G., Ouarda T.B.M.J., Bobée, B. et C. Girard (2001). A Canonical correlation approach to the determination of biomagnification for regional flood estimation of ungauged basins. *Hydrological science journal.* 46(4) : 499-512.
- Chartier, M., G. Mercier et J.-F. Blais (2001). Partitioning of trace metals before and after biological removal of metals from sediments. *Water Res.* 35(6) : 1435-1444.
- Cluis, D. et C. Laberge (2000). Analysis of the El Nino effect on the runoff of selected rivers in the Asia-Pacific region. *Ass. Int. Hydrol. Sci.* : 1-20.
- Cluis, D. et C. Laberge (2001). Climate change and trend detection in selected rivers within the Asia-Pacific region. *Int. Water Resour. Ass.* 26(3) : 411-424.
- Cluis, D., C. Laberge et D.K. McNicol (2000). Rationalization of a regional network designed for trend detection of lake water quality in presence of spatial correlation. *Environmentrics* 2000 12 : 41-56.
- Coulibaly, P., F. Anctil et B. Bobée (2000). Neural network-based long-term hydropower forecasting system. *Comput. Aided Civil. Infra. Eng.* 15(5) : 355-364.
- Coulibaly, P., F. Anctil et B. Bobée (2000). Daily reservoir inflow forecasting using artificial neural networks with stopped training approach. *J. Hydrol.* 230(3-4) : 244-257.
- Coulibaly, P., F. Anctil, P. Rasmussen et B. Bobée (2000). A recurrent neural networks approach using indices of low-frequency climatic variability to forecast regional annual runoff. *Hydrol. Process.* 14 : 2755-2777.
- Coulibaly, P., F. Anctil, R. Aravena et B. Bobée (2001). Artificial neural network modeling of water table depth fluctuations. *Water Resour. Res.* 37(4) : 885-896.

- Croisetière, L., L. Hare et A. Tessier (2001). Influence of current velocity on cadmium accumulation by an aquatic moss and the consequences for its use as a biomonitor. *Environ. Sci. Technol.* 35(5) : 923-927.
- De Sève, D., M. Bernier, J.P. Fortin et A. Walker (2001). Estimation de l'équivalent en eau de la neige au sol dans un milieu de Taïga à l'aide des données SSM/I, Télédétection 2(1) : 13-28.
- Duchemin, M., M. Lachance, G. Morin et R. Lagacé (2001). Approche géomatique pour simuler l'érosion hydrique et le transport des sédiments à l'échelle des petits bassins versants. *Water Qual. Res. J. Can.* 36(3) : 435-473.
- Errecalde, O. et P.G.C. Campbell (2000). Cadmium and zinc bioavailability to *Selenastrum capricornutum* (Chlorophyceae): accidental metal uptake and toxicity in the presence of citrate. *J. Phycol.* 36(3) : 473-483.
- Filali Meknassi, M.Y., R.D. Tyagi et K.S. Narasiah (2000). Simultaneous sewage sludge digestion and metal leaching : effect of aeration. *Process Biochem.* 36 : 263-273.
- Fortin, C. et P.G.C. Campbell (2000). Silver uptake by the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* in relation to chemical speciation : Influence of chloride. *Environ. Toxicol. Chem.* 19(11) : 2769-2778.
- Fortin, J.-P., R. Turcotte, S. Massicotte, R. Moussa, J. Fitzback et J.-P. Villeneuve (2001). Distributed watershed model compatible with remote sensing and GIS data. II : Application to Chaudière Watershed. *J. Hydrol. Eng. - ASCE* 6(2) : 100-108.
- Fortin, J.-P., R. Turcotte, S. Massicotte, R. Moussa, J. Fitzback et J.-P. Villeneuve (2001). Distributed watershed model compatible with remote sensing and GIS data. I : Description of model. *J. Hydrol. Eng. ASCE* 6(2) : 91-99.
- Gamache, M., J-F. Blais, R.D. Tyagi et N. Meunier (2001). Microflore hétérotrophe impliquée dans le procédé simultané de biolixiviation des métaux et de digestion des boues d'épuration. *Can. J. Civil Eng.* 28 : 158-174.
- Gariépy, S. et A.N. Rousseau (2000). Gestion de l'eau : La gestion de l'eau par bassin versant aux États-Unis. *Vecteur Environ.* 33(5) : 43-50.
- Guay, J.C., D. Boisclair, D. Rioux, M. Leclerc, M. Lapointe et P. Legendre (2000). Development and validation of numerical habitat models for juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57 : 2065-2075.
- Hamza, A., T.B.M.J. Ouarda, S.R. Durrans et B. Bobée (2001). Development of tail models and scale invariance for regional estimation of drought flows. *Can. J. Civil Eng.* 28(2) : 291-304.
- Hare, L., A. Tessier et L. Warren (2001). Cadmium accumulation by invertebrates living at the sediment - water interface. *Environ Toxicol. Chem.* 20(4) : 880-889.
- Heniche, H., Y. Secretan, et M. Leclerc (2001). Dynamic tracking of flow boundaries in rivers with respect to discharge. Accepted dans *Journal of Hydraulic Research* (IAHR).
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (2001). Efficient ILU preconditioning and inexact-Newton-GMRES to solve the 2D steady shallow water equations. *Commun. Numer. Meth. En.* 17 : 69-75.
- Inza, B., C. Rouleau, H. Tjälve, F. Ribeyre, P.G.C. Campbell, E. Pelletier et A. Boudou (2001). Fine-scale tissue distribution of cadmium, inorganic mercury, and methylmercury in nymphs of the burrowing mayfly *hexagenia rigida* studied by whole-body autoradiography. *Environ Res.* 85 : 265-271.
- Laflamme, J.S., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et A. Hontela (2000). Interrenal metallothionein and cortisol secretion in relation to Cd, Cu, and Zn exposure in yellow perch, *Perca flavescens*, from Abitibi lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57(8) : 1692-1700.
- Lalonde, J.D., M. Amyot, A.M.L. Kraepiel et F.M.M. Morel (2001). Photooxidation of Hg(0) in artificial and natural waters.

*Environmental Science and Technology*, 35 : 1367-1372.

Larocque, M., O. Banton et M. Razack (2000). Transient-state history matching of a karst aquifer ground water flow model. *Ground Water* 38(6) : 939-946.

Leclerc, M.L., M.C. Nolin, D. Cluis et R.R. Simard (2001). Grouping soils of the Montreal Lowlands (Quebec) according to fertility and P sorption and desorption characteristics. *Can. J. Soil Sci.* 81(1) : 71-83.

Leclerc, M.L., M.-C. Nolin, D. Cluis et R.R. Simard. (2000). Grouping soils of the Montreal lowlands (Quebec) according to P sorption and desorption characteristics. *Can. Soil Sci.* : 1-32.

Leclerc, M.L., M.-C. Nolin, D. Cluis et R.R. Simard (2000). Grouping soils of the Montreal Lowlands (Quebec) according to fertility and P sorption and desorption characteristics. *Can. Soil Sci.* : 1-13.

Magagi, R.D., Y.H. Kerr et J.C. Meunier (2000). Results of combining L- and C-band passive microwave airborne data over the sahelian area. *IEEE T. Geosci. Remote* 38(4) : 1997-2008.

Morin, J., P Boudreau, Y Secretan et M. Leclerc (2000). Pristine Lake Saint-François, St. Lawrence River : Hydrodynamic Simulation and cumulative impact. *J. Great Lakes Res.* 26(4) :384-401.

Morin, J., Leclerc, M., Y, Secretan and P. Boudreau (2000). Integrated Two-Dimensional macrophytes-hydrodynamic modeling Application to Lake Saint-François (St. Lawrence River, Québec, Canada). *Journal of Hydraulic Research (IAHR)*. 3:38, pp163-172.

Mostajir, B., M. Gosselin, Y. Gratton, B. Booth, C. Vasseur, M.V. Garneau, E. Fouilland, F. Vidussi et S. Demers (2001). Surface water distribution of pico- and nanophytoplankton in relation to two distinctive water masses in the North Water, northern Baffin Bay, during fall. *Aquat. Microb. Ecol.* 23(2) : 205-212.

Ouarda, T.B.M.J. (2000). Hydrological and ecological studies in a northern climate : Some Canadian experiences. *J. Cold Reg. Eng.* 14(4) : 157.

Ouarda, T.B.M.J., M. Haché, P. Bruneau et B. Bobée (2000). Regional flood peak and volume estimation in northern Canadian basin. *J. Cold Reg. Eng.* 14(4) : 176-191.

Ouarda, T.B.M.J., J.W. Labadie et D.G. Fontaine (2000). *Invited paper*. Estimation of dependable hydro capacity with consideration of risk: the "SIMS" Approach. *Hydro Review*.

Perreault, L. (2000). Intervalles de confiance partiellement adaptatifs pour un paramètre de position. *Rev. Stat. Appl.* XLVIII(1) : 29-48.

Perreault, L., J. Bernier, B. Bobée et E. Parent (2000). Bayesian change-point analysis in hydrometeorological time series. Part 2. Comparison of change-point models and forecasting. *J. Hydrol.* 235 : 242-263.

Perreault, L., J. Bernier, B. Bobée et E. Parent (2000). Bayesian change-point analysis in hydrometeorological time series. Part 1. The normal model revisited. *J. Hydrol.* 235(3-4) : 221-241.

Perreault, L., E. Parent, J. Bernier, B. Bobée et M. Slivitzky (2000). Retrospective multivariate Bayesian change-point analysis : A simultaneous single change in the mean of several hydrological sequences. *Stoch. Environ. Res. Risk Asses.* 14(4-5) : 243-261.

Poissant L., M. Amyot, M. Pilote et D. Lean (2000). Mercury water-air exchange over the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario. *Environ. Sci. and Technol.*, 34(15) : 3069-3078.

Renoux, A.Y., R.D. Tyagi et R. Samson (2001). Assessment of toxicity reduction after metal removal in bioleached sewage sludge. *Water Resour. Res.* 35(6) : 1415-1424.

Rousseau, A.N., A. Mailhot et J.-P. Villeneuve (2000). La gestion intégrée de l'eau par bassin versant : Problématique, éléments de solution et exemples d'applications du système informatisé GIBSI. *Vecteur Environ.* 33(6) : 27-30, 51-54.

- Roy, R.L., P.G.C. Campbell, S. Prémont et J. Labrie (2000). Geochemistry and toxicity of aluminum in the Saguenay River, Quebec, Canada, in relation to discharges from an aluminum smelter. *Environ. Toxicol. Chem.* 19(10) : 2457-2466.
- Sachdeva, V., R.D. Tyagi et J.R. Valéro (2000). Production of biopesticides as a novel method of wastewater sludge utilization/disposal. *Water Sci. Technol.* 42(9) : 211-216.
- St-Cyr, L. et P.G.C. Campbell (2000). Bioavailability of sediment-bound metals for *Vallisneria americana* Michx, a submerged aquatic plant, in the St. Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57(7) : 1330-1341.
- Sasseville, J.-L. et Y. Maranda (2000). Gestion de l'eau : L'administration publique de l'eau par bassin versant. *Vecteur Environ.* 33(5) : 32-42.
- Secretan, Y., M. Leclerc, S. Duchesne et M. Heniche (2001). Une méthodologie de modélisation numérique de terrain pour la simulation hydrodynamique bidimensionnelle. Accepté dans la *Revue de Sciences de l'eau*.
- Shen S., R.D. Tyagi et J.F. Blais (2001). Chromium (III) isolation from acid extract of tannery sludge. *Practice Periodical Toxic Hazardous Radioactive Waste Management.* 5(4), 185-193.
- Shen S., R.D. Tyagi et J.F. Blais (2001). Prediction of metal precipitates in tannery sludge leachate based on thermodynamic calculations. *Environ. Technol.* 22, 961-970.
- Shen S., R.D. Tyagi et J.F. Blais (2001). Extraction of Cr(III) and other metals from tannery sludge by mineral acids. *Environ. Technol.* 22(9), 1007-1014.
- Surampalli, R.Y., R.D. Tyagi et O.K. Scheible (2001). Sequential batch reactors - Technology and performance evaluation. *J. Environ. Syst.* 28(1) : 25-42.
- Tripathi, C.K.M., V. Bihari et R.D. Tyagi (2000). Microbial production of D-amino acids. *Process Biochem* 35(10) : 1247-1251.
- Vidyarthi, A.S., M. Desrosiers, R.D. Tyagi et J.R. Valéro (2000). Foam control in biopesticide production from sewage sludge. *J. Ind. Microbiol.* 25 : 86-92.
- Vigneault, B., A. Percot, M. Lafleur et P.G.C. Campbell (2000). Permeability changes in model and phytoplankton membranes in the presence of aquatic humic substances. *Environ. Sci. Technol.* 34(18) : 3907-3913.
- Vigneault, B., P.G.C. Campbell, A. Tessier et R. DeVitre (2001). Geochemical evolution in sulfidic mine tailings stored under a shallow water cover. *Water Res.* 35(4) : 1066-1076.
- Wang, F.Y., A. Tessier et L. Hare (2001). Oxygen measurements in the burrows of freshwater insects. *Fresh. Biol.* 46(3) : 317-327.
- Yue, S., T.B.M.J. Ouarda et B. Bobée (2001). A review of bivariate gamma distributions for hydrological application. *J. Hydrol.* 246 : 1-18.
- Communications ou publications avec arbitrage**
- Alfaro De La Torre, C. et A. Tessier (2000). Relative contribution of diffusion to Cd deposition in an acidic oligotrophic lake. *ASLO 2000 Aquatic Sciences Meeting : Research Across Boundaries.*
- Alfaro De La Torre, C. et A. Tessier (2000). *In situ* measurement of trace metals in an oligotrophic lake : Comparison of results obtained by peepers and DGT. *11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Ed. J.O. Nriagu Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health.
- Alfaro De La Torre, C. et A. Tessier (2001). Historical record of anthropogenic cadmium in sediments of a pristine lake. *International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, Guelph.
- Amyot, M., J.D. Lalonde et L. Poissant (2001). Temporal variations in Hg and major ion concentrations in surface snow following a Hg depletion event in Northern Quebec. *International Conference on Hg as a Global Pollutant*, Minamata, Japan.

- Amyot, M., J.D. Lalonde et A. Poulain (2000). Dynamique du Hg dans la neige. *SETAC Saint-Laurent*.
- Amyot, M., S.E. Lindberg, G. Southworth, H. Hintelmann, V. St-Louis, D. Krabbenhoft et W. Dong (2000). METAALICUS, a whole ecosystem mercury isotope dosing study : initial measurements of mercury emissions from upland and wetland sites. *SETAC 2000*.
- Beauchesne, I., D. Leblanc, G. Mercier et J.-F. Blais (2001). Essais pilotes de décontamination de boues d'épuration municipales par la technologie Metix-AC. *17ème Symposium de l'Est du Canada sur la recherche portant sur la pollution de l'eau*.
- Blais J.F., G. Mercier, J.P. Raboud, M. Lounès et J.L. Sasseville (2001). Démonstration de procédé Metix pour la décontamination et la stabilisation des boues à la station de la CUM. Colloque franco-québécois. La pluridiscipline dans les problèmes de l'environnement : les interactions Air Sol Eau. Compte-rendu, 14 au 16 mars, Québec, Québec, Canada, Vol. 2, pp. 47-61.
- Cluis, D., M.E. Quentin et G.B. Bénié (2000). A procedure to define the optimal grid size for the exhaustive extraction of hydrologic watershed drainage features from a digital elevation model using a raster geographic information system. *Second International Conference : Management information systems 2000*.
- Côté, S., J. Morin and M. Leclerc (2000). Distribution of submerged macrophytes in the St. Lawrence River between Montreal and Lake St-Pierre influence of abiotic factors. *Poster*. Proceedings of the 43<sup>rd</sup> IAGLR 2000, May 22-26, 2000. Cornwall, Ontario.
- Croisetière, L., L. Hare et A. Tessier (2001). Use of the insect *Sialis* as a biomonitor of trace metals in lakes. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Baltimore, MD.
- Croisetière, L., L. Hare et A. Tessier (2000). Aquatic mosses as metal biomonitors. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry 21st Annual Meeting*.
- Croteau, M.N., C. Munger, I. Roy, L. Hare et A. Tessier (2000). Food as a cadmium source for aquatic insects. *11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Ed J.O. Nriagu Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2000). Explaining differences in Cd concentrations among sympatric *Chaoborus* species. *ASLO 2000 Aquatic Sciences Meeting : Research Across Boundaries*.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2000). Does the biomonitor *Chaoborus* possess metal-binding proteins and do the concentrations of these proteins reflect Cd concentrations in lakes? *Society of Environmental Toxicology and Chemistry 21st Annual Meeting*.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2001). Using a biomonitor (*Chaoborus*) to determine if bioavailable cadmium in Shield lakes declined during the nineties. *International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, Université de Guelph, Guelph, ON.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2001). The metal biomonitor *Chaoborus*: Cd increases in lakes recovering from smelter emissions? *11e Conférence de la Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Europe, Madrid.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2001). La nourriture comme source de cadmium pour des insectes aquatiques. *Colloque franco-québécois «La pluridisciplinarité dans les problèmes de l'environnement : les interactions Air Sol Eau»*, Québec.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2001). Metal accumulation from food by aquatic invertebrates. *International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, Université de Guelph, Guelph, ON.
- Croteau, M.N., L. Hare et A. Tessier (2001). Metallothionein in the biomonitor *Chaoborus*. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Europe, Madrid, Espagne.

- Désy, J., B. Pinel-Alloul, P.G.C. Campbell et M. Amyot (2000). Interspecies differences in Cd concentrations in phytophilous macroinvertebrates from the St. Lawrence River, and relationships with their environment. *SETAC Saint-Laurent*, Québec.
- Diallo, N.M., R. Labchir et O. Banton (2000). Atténuation des concentrations en nitrate de la nappe phréatique dans la zone riveraine des cours d'eau (Québec). *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Duchemin, M., M. Lachance, G. Morin et R. Lagacé (2001). CEQÉROSS : pour une simulation continue de l'érosion hydrique et du transport des sédiments à l'échelle des petits bassins versants agricoles. *Colloque franco-québécois, La pluridisciplinarité dans les problèmes de l'environnement : les interactions Air-Sol-Eau*.
- Duchesne, S., A. Mailhot, E. Dequidt et J.-P. Villeneuve (2000). Simple mathematical modeling of sewers under surcharge for real time control of combined sewer overflows. *International Conference on urban drainage on the internet*.
- Duchesne, S., A. Mailhot, E. Dequidt, C. Blanchette et J.-P. Villeneuve (2000). Real time control of combined sewers under surcharge. *Watermatex 2000 - 5th International Symposium on System Analysis and Computing in Water Quality Management*, Gand, Belgique, 18-20 septembre 2000.
- Duchesne, S., A. Mailhot et J.-P. Villeneuve (2001). On the potential of global reactive real time control in reducing overflows from combined sewers' interceptors. *Urban Drainage Modeling*, Orlando, Floride, 20-24 mai 2001.
- Duchesne, S., M.B. Beck et A.L.L. Reda (2000). Ranking stormwater control strategies under uncertainty : the river cam case study. *Watermatex 2000 - 5th International Symposium on System Analysis and Computing in Water Quality Management*, Gand, Belgique, 18-20 septembre 2000.
- El Amrani Paaza, N., M. Larocque, O. Banton et J. Benavente (2000). Simulation par le modèle AgriFlux du devenir des nitrates dans l'aquifère du delta du Rio Adra (Almerie - Espagne) sous cultures maraîchères. *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Fortier, L., M. Fortier, D. Barber, Y. Gratton, B.T. Hardgrave, L. Legendre, M. Fukuchi et T. Odate (2001). The International North Water Poluynya Study (NOW) : A progress report. *Environmental Research in the Arctic 2000*.
- Fortin, C. et P.G.C. Campbell (2001). Thiosulfate enhances silver uptake by a green alga: role of anion transporters in metal uptake. 11<sup>e</sup> Congrès européen annuel de la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC-Europe), Madrid, Espagne, mai 2001.
- Gallon, C., A. Tessier et L. Hare (2000). Exposure of benthic animals to metal sources : clues from their irrigation behaviour. *11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Ed J.O. Nriagu Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health.
- Gauthier, Y., Ouarda, T.B.M.J., M. Bernier et A. El Battay (2001). Monitoring the ice cover evolution of a medium size river from RADARSAT-1. 11<sup>e</sup> Atelier sur les glaces fluviales : Committee on River Ice Processes and the Environnement (CGU-HS), Ottawa 14-16 mai 2001.
- Ghedira, H., M. Bernier, T.B.M.J. Ouarda et P. Buteau (2000). Potential of RADARSAT SAR Imagery for Wetland monitoring. *IGARSS' 2000 Proceedings : Taking the pulse of the planet, Honolulu, U.S.A.*
- Ghedira, H., M. Bernier, T.B.M.J. Ouarda et P. Buteau (2000). Peatland classification using RADARSAT Imagery. *11th International Peat Congress : Sustaining our peatlands, Québec, Canada*.
- Ghedira, H., M. Bernier et T.B.M.J. Ouarda (2000). Application of Neural Networks for Wetland Classification in RADARSAT SAR Imagery. *IGARSS' 2000 Proceedings : Taking the pulse of the planet, Honolulu, U.S.A.*



- Giguère, A., P.G.C. Campbell et L. Hare (2001). Partitioning of metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) among various tissues in indigenous yellow perch (*Perca flavescens*) collected along a polymetallic environmental gradient. Metals in the Environment Research Network (MITE-RN) Annual Research Symposium, Ottawa, ON, 27-28 février 2001.
- Giguère, A., J.S. Laflamme, Y. Couillard, P.G.C. Campbell et A. Hontela (2000). Accumulation and subcellular partitioning of metals (Cd, Cu, Zn) in indigenous aquatic organisms sampled along an environmental metal gradient. 21st Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Nashville, TN, 13-17 novembre 2000.
- Gilmour, C.C., M. Amyot, P. Blanchfield, R. Harris, H. Hintelmann, C. Kelly, M. Paterson, C. Podemski et J.W.M. Rudd (2001). Fate of stable Hg isotope additions to lake enclosures : METAALICUS 2000 limnocorral studies. *International Conference on Hg as a Global Pollutant*, Minamata, Japan.
- Gosselin, A., L. Hare et A. Tessier (2001). Burrowing behaviour of Chaoborus larvae and their exposure to sedimentary trace metals. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, Baltimore, MD.
- Hiriart, V., C. Fortin, B. Vigneault et P.G.C. Campbell (2001). Influence of thiosulfate and natural organic matter on metal uptake and toxicity to freshwater algae. Canadian Network of Toxicology Centres, Annual Research Symposium: Ottawa, 20-21 mars 2001.
- Lafrance, P., M.H. April et O. Banton (2000). Persistence de composés phytosanitaires dans deux sols sous pratiques culturales de conservation. *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Lafrance, P., M.H. April et O. Banton (2000). Évaluation des cinétiques de disparition de l'atrazine et du métolachlore dans deux sols du Québec cultivés en maïs. *30e Congrès du Groupe Français des Pesticides*.
- Lafrance, P., G. Guibaud, F. Bilodeau et C. Bernard (2000). Contrôle de l'apport d'herbicides dans l'eau de surface par l'utilisation de bandes herbacées. *14e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*.
- Lafrance, P., D. Raveau, M. Baudu et G. Guibaud (2000). Modélisation de l'absorption compétitive sur un charbon actif en grain entre un pesticide et la matière organique. *16e Congrès de l'Est de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau*.
- Lagacé C., et M. Bernier (2002). Développement d'une approche pour le suivi du gel saisonnier à partir de l'utilisation conjointe d'images RADARSAT et d'images SSM/I. Proceedings : Estern snow conférence. Juin.
- Lalonde, J.D., A. Poulain et M. Amyot (2000). Dynamique du Hg dans la neige. *SETAC Saint-Laurent*, Québec.
- Lalonde, J., A.J. Poulain et M. Amyot (2000). Mercury dynamics in snow. *11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Ed. J.O. Nriagu Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health.
- Lalonde, J.D. et M. Amyot (2001). The role of Hg redox reactions on snow-to-air Hg transfer. *International Conference on Hg as a Global Pollutant*, Minamata, Japan.
- Lalonde, J.D., M. Amyot, F.M.M. Morel, J. Orvoine et J.-C. Auclair (2001). Action spectra of Hg(0) photooxidation in brackish waters. *International Conference on Hg as a Global Pollutant*, Minamata, Japan.
- Larocque, M., O. Banton et F. Delay (2000). Comparaison de deux méthodes de modélisation inverse pour la connaissance d'un aquifère régional. *Conférence spécialisée conjointe AIH-CNC et SCG sur l'eau souterraine*, Montréal.
- Leclerc, M.L., M.E. Quentin, M.C. Nolin et D. Cluis (2000). Modèle de classification des sols selon leurs caractéristiques physico-chimiques et leur capacité de fixation en phosphore. *14e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*.
- Lindberg, S.E., G. Southworth, H. Hintelmann, V. St. Louis, D. Krabbenhoft, W.

- Dong et M. Amyot (2000). METAALICUS, a whole ecosystem mercury isotope dosing study : initial measurements of mercury emissions from upland and wetland sites. *SETAC 2000*, Nashville.
- Magagi, R.D. et M. Bernier (2000). Understanding the vegetation effect on the backscattering coefficient of snow-covered areas : Using a multilayer forest model. *IGARSS' 2000 Proceedings : Taking the pulse of the planet, Honolulu, U.S.A.*
- Marquis, F., C. Camiré et M. Lachance (2000). Relation entre le statut nutritif foliaire de l'érablière et la composition de la solution de sol, une approche pluridimensionnelle. *14<sup>ième</sup> congrès annuel de l'AQSSS*.
- Meunier, N., R.D. Tyagi et J.-F. Blais (2000). Alkaline protease production from sewage sludge. *First World Water Congress of International Water Association*.
- Morin, J., J.A. Bechara et M. Leclerc (2000). Modeling submerged macrophytes in fluvial environment using 2D physical habitat simulation. *4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4) : Problems, Prospects and Research Needs*.
- Nemati, M.R., O. Banton, J. Caron et L. Delaporte (2000). Mesure de l'influence de la structure du sol sur le lessivage et le transport. *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Normand, B., C. Mouvet, O. Banton et I. Czernichowski-Lauriol (2000). Profils de nitrates dans la zone non saturée de la craie : relation avec les historiques culturels et modélisation du transfert vers l'aquifère. *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Ouarda, T.B.M.J., B. Bobée, J.W. Labadie et D.G. Fontaine (2000). *Invited paper* : Estimation of dependable hydro capacity with consideration of risk : the "ISM" Approach. *Hydro Review*.
- Perceval, O., Y. Couillard, B. Pinel-Alloul, A. Giguère et P.G.C. Campbell (2001). Évaluation de l'utilisation de la métallothionéine (MT) comme biomarqueur d'exposition métallique et d'effets toxiques chez le bivalve d'eau douce *Pyganodon* grandis dans un environnement aquatique contaminé par les métaux traces. Colloque France-Québec, Québec, 14-16 mars 2001.
- Pomares, C., M. Larocque et O. Banton (2000). Suivi et modélisation du lessivage des nitrates sous culture du maïs après un retournement de prairie (Québec). *ESRA'2000*, Université de Poitiers.
- Quentin, M.E., M.L. Leclerc, M.C. Nolin et D. Cluis (2000). Intégration géomatique du modèle de classification des sols pour l'identification de zones vulnérables aux pertes en phosphore dans le sud-est de la plaine de Montréal. *14<sup>e</sup> Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, R. Turcotte, J.-P. Villeneuve et P. Lavallée (2000). A comprehensive modelling tool to support the TMDL assessment. *73rd Annual Conference & Exposition on Water Quality and Wastewater Treatment Alexandria, USA* : Water Environment Federation.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, R. Turcotte et J.-P. Villeneuve (2000). Risk-based TMDL assessment using the integrated modelling system GIBSI. *Watershed Management 2000 Conference* Water Environment Federation et British Columbia Water and Wastes Association.
- Shen S., R.D. Tyagi et J.F. Blais (2000). Cr(III) removal from tannery wastewater by amorphous magnesium silicate. *16<sup>e</sup> Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau*. Comptendu, 17 novembre, Ottawa, Ontario, Canada.
- Shen S., R.D. Tyagi et J.F. Blais (2000). Metal leaching from a tannery sludge by the solution of sulphuric acid : effects of sludge solids concentration and pH. Colloque INRS-2000 : Carrefour des professionnels. Québec, Québec, Canada.
- Sherwood, G., H. Levesque, A. Giguère, A. Gravel, J. Kovacs, J.B. Rasmussen, A. Hontela, P.G.C. Campbell (2001). Links between tissue metal burdens in indigenous fish and metal-induced effects at the organism and community levels. *Metals in the*

Environment Research Network (MITE-RN) Annual Research Symposium, Ottawa, ON, 27-28 février 2001.

Tessier, A. (2001). Diagenetic reactions of trace elements in sediments. *Conférence invitée au 1st Late Summer Workshop «Interfaces in Aquatic Systems - Colloids, Biofilms, Sediment/Water/Air»*, Lac de Constance, Allemagne.

Tessier, A. et L. Hare (2001). Importance de l'eau et des sédiments comme sources de cadmium pour des organismes benthiques. *Colloque franco-québécois, Québec. Comptes-rendus*, pp.70-76.

Tessier, A. et L. Hare (2000). Cadmium and lead sources for benthic invertebrates inferred from *in situ* experiments. *11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment*, Ed. J.O. Nriagu, Ann Arbor, MI, University of Michigan, School of Public Health.

Vidyarthi, A.S., S. Barnabé, R.D. Tyagi et J.R. Valéro (2000). Overproduction of *Bacillus thuringiensis* based on biopesticide from sewage sludge using fed-batch strategy. *Association Canadienne sur la qualité de l'eau, 16e congrès régional de l'Est du Canada*.

Vigneault B., J. Buffle, K.J. Wilkinson et P.G.C. Campbell (2000). A test of environmentally relevant properties of radiolabelled aquatic humic substances. *21st Annual Meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Nashville, TN, USA, 13-17 novembre 2000*.

Villeneuve, J.-P. (2001). Atelier #2. Eau. *6e congrès annuel de la COMBEQ*.

Wang, F. et A. Tessier (2000). Metal speciation in lake porewaters : quantifying the roles of sulfide and polysulfides. *46th International Conference on Analytical Sciences and Spectroscopy (ICAAS Conference)*.

Wang, F., A. Tessier et L. Hare (2000). Predicting cadmium concentrations in aquatic organisms in nature. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 21st Annual Meeting*.

### **Communications ou publications sans arbitrage**

Duchemin, M., M. Lachance, G. Morin et R. Lagacé (2001). Une approche géomatique pour simuler l'érosion hydrique et le transport des sédiments sur les petits bassins versants. *Journée d'information sur les essais et recherches en agrosystème de l'IRDA*.

INRS-Eau (2000). *Actes du colloque*. Québec.

INRS-EAU (2000). *Treizièmes Entretiens Jacques Cartier. Colloque sur la variabilité climatique : Prévision saisonnière pour une gestion optimale des ressources en eau. [Recueil de résumés]/Colloquium on Climate Variability : Seasonal forecast for optimal management of water resources [Abstracts]* Québec, INRS-Eau.

Ouarda, T.B.M.J., M. Haché et B. Bobée (2000). Joint regional flood peak and volume frequency estimation with canonical correlation analysis. *International Seminar : "Hydrology of the Mediterranean Regions"* Paris : UNESCO.

Pelletier, G., A. Mailhot, J.-P. Villeneuve et J.-F. Noël (2000). Modélisation de l'évolution de l'état structural des réseaux d'aqueduc de quatre municipalités du Québec.

### **Rapports de recherche**

Bélangier, G., J.-F. Blais, M. Chartier, G. Mercier, J.-F. Houle et R. Painchaud (2000). *Décontaminations de sols de Montréal, rapport d'étape 1*. Québec, INRS-Eau.

Bernier, M. et Y. Gauthier (2000). *EQeau : Implantation d'EQeau sur l'ensemble du bassin de la rivière La Grande à l'hiver 2000*. Québec, INRS-Eau.

Bernier, M., J.-P. Fortin, Y. Gauthier, A. Royer, R. Fillion et M.-C. Bouchard (2000). *EQeau : Implantation d'EQeau sur l'ensemble du bassin de la rivière La Grande à l'hiver 2000*. Québec, INRS-Eau.

- Bernier, M., Y. Gauthier, H. Ghedira, P. Duteau, T. Ouarda et J.P. Villeneuve (2000). *Détection et classification des milieux humides à partir des images RADARSAT-1. Rapport final. FCAR. action concertée RADARSAT.* Décembre.
- Blais, J.-F. et G. Mercier (2000). *Étude préliminaire de coût pour la décontamination du site de Pointe-aux-Lièvres de la Ville de Québec.* Québec, INRS-Eau.
- Blais, J.-F. et A. Durand (2000). *Étude de l'efficacité environnementale des camions à double chambre pour la vidange des boues de fosses septiques.* Québec, INRS-Eau.
- Blais, J.-F., P. Drogui et G. Mercier (2000). *Optimisation en laboratoire du procédé Metix-AC sur les boues de la station du SIAAP à Achères.* Québec, INRS-Eau.
- Blais, J.-F., M. Chartier, G. Mercier, J.-F. Houle, R. Painchaud, C. Gagnon, E. Tremblay, A. Lockard, B. Gaboury et S. Roy (2000). *Optimisation d'un procédé de décontamination des sols utilisant des procédés miniers et hydrométallurgiques.* Québec, INRS-Eau.
- Blais, J.-F. (2000). *Étude de l'efficacité environnementale des camions à double chambre pour la vidange des boues de fosses septiques.* Québec, INRS-Eau.
- Cavadias, G.S., T.B.M.J. Ouarda, B. Bobée et C. Girard (2000). *A canonical correlation approach to the determination of homogeneous regions for regional flood estimation of ungauged basins.* Québec, INRS-Eau.
- Fortin, J.-P., R. Turcotte, A. Royer et M. De Sloover (2000). *Intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec.* Québec, INRS-Eau.
- Fortin, J.-P., R. Turcotte et A. Royer (2000). *Intégration d'Hydrotel au système de prévision d'Hydro-Québec.* Québec, INRS-Eau.
- Fortin, J.-P. et A. Royer (2000). *Implantation du modèle HYDROTEL sur le bassin du lac Kénogami et support à l'apprentissage et à l'étalonnage du modèle sur ce bassin.* Québec, INRS-Eau.
- Gaudet, J., L. Perreault, T.B.M.J. Ouarda, B. Bobée, D. Harvey et P. Pilon (2000). *Study of Climatic Change and its Impacts on Hydrologic Regimes over Canada. Progress Report.* Québec, INRS-Eau.
- Gingras, H., T.B.M.J. Ouarda, M. Haché et B. Bobée (2000). *Adaptation du logiciel SimSAT.* Québec, INRS-Eau.
- Girard, C., T.B.M.J. Ouarda et B. Bobée (2000). *Une approche par classification à la constitution de voisinages homogènes basés sur l'ACC.* Québec, INRS-Eau.
- Girard, C., T.B.M.J. Ouarda et B. Bobée (2000). *Étude du biais dans la prédiction depuis un modèle log-linéaire.* Québec, INRS-Eau.
- Haché, M., V. Fortin, T.B.M.J. Ouarda, L. Fagherazzi et B. Bobée (2000). *Utilisation des modèles de génération synthétique en mode prévisionnel.* Québec, INRS-Eau.
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (2001). *DISPERSIM 1.0a02: Guide d'utilisation.* Québec, INRS-Eau.
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (2000). *Hydrosim User's Guide 1.0a06.* Québec, INRS-Eau.
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (2000). *DISPERSIM 1.0a01.* Québec, INRS-Eau.
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (2000). *DISPERSIM 1.0a01 : Guide d'utilisation.* Québec, INRS-Eau.
- Larocque, M. et O. Banton (2000). *Application du nouveau module du logiciel Sylvie au calcul du transfert des nitrates vers la nappe.* Québec, INRS-Eau.
- Leclerc, M., M. Heniche, Y. Secretan et T.B.M.J. Ouarda (2001). *Travaux d'atténuation des risques de crue à l'eau libre de la rivière Montmorency dans le secteur des îlets - phase 2. Mise à jour de l'analyse hydrologique, dimensionnement des travaux d'atténuation et analyse de l'impact sur les*

risques résiduels de dommages aux résidences. Québec, INRS-Eau.

Leclerc, M., Y. Secretan et P. Boudreau (2000). *Two-dimensional terrain and hydrodynamics modeling of Paraná River in the vicinity of Yacyretá Complex, Argentina*. Québec, INRS-Eau.

Leclerc, M., B. Morse, J. Francoeur, M. Heniche, P. Boudreau et Y. Secretan (2000). *Analyse de risques d'inondation par embâcles de la rivière Montmorency et identification de solutions techniques innovatrices - Rapport de la phase I - Préfaisabilité - Document de travail*. Québec, INRS-Eau / Université Laval, département de Génie civil.

Leclerc, M. (2000). *Le caractère exceptionnel de la crue de 1996 au Saguenay et la gestion du risque*. Québec, INRS-Eau.

Leclerc, M., B. Morse, J. Francoeur, M. Heniche, P. Boudreau et Y. Secretan (2001). *Analyse de risques d'inondations par embâcles de la rivière Montmorency et identification de solutions techniques innovatrices - Rapport de la Phase I - Préfaisabilité - Document de travail présenté au Comité de suivi*. Rapport conjoint enregistré à l'INRS-Eau R577, et à l'Université Laval - Département de Génie civil, Janvier, 118 pages.

Meknassi, Y.F. et J.-F. Blais (2000). *Validation technologique du procédé de traitement des eaux de la compagnie Liquid Asset Corporation*. Québec, INRS-Eau.

Morin, J., P. Fortin, P. Boudreau, Y. Secretan et M. Leclerc (2000). *Atlas des courants du Saint-Laurent : Lac Saint-François*. Québec, INRS-Eau.

Ouarda, T.B.M.J., J. Gaudet, M.E. Tremblay et B. Bobée, Chaire Hydro-Québec/CRSNG en hydrologie statistique (2000). *Revue bibliographique des techniques statistiques de conception et de consolidation des réseaux hydrométéorologiques*. Québec, INRS-Eau.

Ouarda, T.B.M.J., D. Faucher, P. Coulibaly, B. Bobée, V.D. Hoang et J.F. Cantin, Chaire Hydro-Québec/CRSNG en hydrologie

statistique (2000). *Correction du débit en présence d'un effet de glace : étude de faisabilité pour le développement d'un logiciel*. Québec, INRS-Eau.

Ouarda, T.B.M.J., A. Cârsteanu, R. Patry et B. Bobée (2000). *Étude hydrologique de la rivière du loup*. Québec, INRS-Eau.

Ouarda, T.B.M.J., A. Cârsteanu et B. Bobée (2000). *Étude hydrologique de la rivière du loup Phase 2*. Québec, INRS-Eau.

Rasmussen, P.F., M. Haché, L. Fagherazzi, P. Legendre et H. Gingras (2000). *Détermination de séries mensuelles types pour le modèle MINERVE (phase 3 : logiciel SimsAT)*. Québec, INRS-Eau.

St-Hilaire, A., B. Massicotte, B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda, E. Arseneault et A. Chiasson (2000). *Hydrological and water quality assessment : Petitcodiac Watershed*. Québec, INRS-Eau.

St-Hilaire, A., M. Lachance et B. Bobée (2001). *Avis sur l'application de différentes méthodes statistiques pour la prédiction de bris de conduites d'eau de la ville de Montréal*. Québec, INRS-Eau.

St-Hilaire, A., S.C. Courtenay, A.D. Boghen, B. Bobée et V. Koutitonsky (2000). *Development of a toolbox for assessment of aquatic habitat impacted by peat harvesting*. Québec, INRS-Eau.

Secretan, Y., P. Boudreau and M. Leclerc (2001). *Two-dimensional terrain and hydrodynamic modeling of the Paraná River in the vicinity of Yacyretá Complex, Argentina*. Technical Report INRS-Eau # 586. March Secretan, Y., Y. Roy et al. (2000). *Modeleur: User's Guide 1.0a07*. Québec, INRS-Eau.

Secretan, Y., Y. Roy et al. (2000). *Modeleur: Guide d'utilisation 1.0a07*. Québec, INRS-Eau.

Secretan, Y., M. Heniche et M. Leclerc (2000). *DISPERSIM : un outil de modélisation par éléments finis de la dispersion des contaminants dans le milieu fluvial*. Pour le compte de Pêches et Océans Canada, Garde Côtière canadienne. Rapport de recherche INRS-Eau # 558. 57 pp. Mars

Villeneuve, J.-P., A. Mailhot, A.N. Rousseau, E. Salvano et M. Roux (2000). *Développement du cadre d'application de GIBSI pour le calcul d'objectifs environnementaux de rejets diffus en milieu agricole*. Rapport d'état d'avancement des travaux. Québec, INRS-Eau.

Villeneuve, J.-P., A. Mailhot, A.N. Rousseau, E. Salvano et M. Roux (2001). *Développement du cadre d'application de GIBSI pour le calcul d'objectifs environnementaux de rejets diffus en milieu agricole. Rapport d'étape no 1*. Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement. Québec, INRS-Eau.

### **Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise**

Alfaro de la Torre, C. (2001). Géochimie du cadmium dans un lac oligotrophe acide. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 164 pages.  
**Directeur : A. Tessier**

Barnabé, S. (2000). Utilisation des boues d'épuration comme substrat pour la production de biopesticides: induction abiotique de la sporulation chez *Bacillus Thuringiensis*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 151 pages.

**Directeur : R.D. Tyagi**  
**Codirecteur : J.R. Valéro**

Doyon, B. (2000). Modélisation des phénomènes d'embâcles et de débâcles à l'aide d'une méthode eulérienne-lagrangienne d'éléments discrets. (PhD). Travail comme numéricien au CRDV de Valcartier.

**Directeur : Y. Secretan**  
**Codirecteur : Dr Shen, Clarkson University**

Duchemin, M. (2000). Approche géomatique pour simuler l'érosion hydrique et le transport des sédiments à l'échelle des petits bassins versants agricoles. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 317 pages.

**Directeur : M. Lachance**  
**Codirecteurs : G. Morin, R. Lagacé**

El Abboudi, N. (2000). Modélisation des écoulements en charge. [Mémoire de

Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 138 pages.

**Directeur : J.-P. Villeneuve**

Elbattay, A. (2001). Estimation de la distribution spatiale du couvert nival dans le sud du Québec, à l'aide du capteur VEGETATION. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 141 pages.

**Directeur : J.-P. Fortin**

Fiset, J. F. (2000). Récupération de métaux en solution par adsorption sur différentes biomasses végétales: application à des effluents industriels. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 237 pages.

**Directeur : J.-F. Blais**  
**Codirecteur : R.D. Tyagi**

Fortin, C. (2000). Mécanismes de prise en charge et toxicité de l'argent chez une algue verte en relation avec la spéciation chimique. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 159 pages.

**Directeur : P.G.C. Campbell**

Gallon, C. (2001). Étude des microenvironnements créés par les animaux benthiques fouisseurs : *Sialis velata* (megaloptera) et *Hexagenia limbata* (ephemeroptera). [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 100 pages.

**Directeur : A. Tessier**

Gingras, H. (2000). Modélisation stochastique de la pluie à l'aide de modèles invariants d'échelle. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 77 pages.

**Directeur : P. Rasmussen**  
**Codirecteur : B. Bobée**

Girard, C. (2001). Estimation régionale des crues basée sur l'analyse canonique des corrélations. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 179 pages.

**Directeur : T.B.M.J. Ouarda**  
**Codirecteur : B. Bobée**

Guay, J.-C. (2000). Nouveau formalisme pour la représentation de la valeur d'habitat pour le

saumon atlantique. Boursier CIRSA. MSc passé au PhD UdeMtl.

**Cosupervision : D. Boisclair, UdeMtl**

Hammy, F. (2000). Étude comparative d'agents oxydants pour la lixiviation chimique des métaux à partir des boues d'épuration municipales. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 113 pages.

**Directeur : R.D. Tyagi**

**Codirecteur : J.-F. Blais**

Ka, O.H. (2000). Géomatique appliquée à l'étude des eaux souterraines dans la vallée du Fleuve Sénégal (Sénégal). [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 130 pages.

**Directeur : O. Banton**

Lagacé, C. (2000). Développement et validation d'une approche pour faire le suivi du gel saisonnier du sol sur le bassin de la rivière La Grande à partir de l'utilisation conjointe d'images RADARSAT et d'images SSM/I. [Mémoire de maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 164 pages.

**Directeur : M. Bernier**

Latraverse, M. (2000). Modélisation additive par polynômes locaux pour la régionalisation des quantiles de crue : approche optimale de régression par région d'influence. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 184 pages.

**Directeur : B. Bobée**

**Codirecteur : P.F. Rasmussen**

Morin, J. (2001). Modélisation intégrée du lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent) avec prise en compte des champs de macrophytes. (PhD).

**Directeur : Y. Secretan**

Pelletier, G. (2000). Impact du remplacement des conduites d'aqueduc sur le nombre annuel de bris. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 240 pages.

**Directeur : J.-P. Villeneuve**

Perreault, L. (2000). Analyse bayésienne rétrospective d'une rupture dans les séquences de variables aléatoires hydrologiques. [Thèse de Doctorat es

Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 200 pages.

**Directeurs : B. Bobée, E. Parent**

Rioux, D. (2000). Contribution à la validation physique de la modélisation des microhabitats en 2D pour le saumon atlantique (*Salmo salar*) de la rivière Sainte-Marguerite. [Mémoire de maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 150 pages.

**Directeur : M. Leclerc**

St-Hilaire, A. (2000). Modélisation de la température de l'eau et des solides dissous en rivière sur un petit bassin versant forestier. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 166 pages.

**Directeur : G. Morin**

**Codirecteur : N. El-Jabi**

Tremblay, A. (2000). Traitement biologique des eaux usées riches en nutriments, provenant de l'industrie agro-alimentaire, dans un réacteur biologique séquentiel. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 243 pages.

**Directeur : R.D. Tyagi**

**Codirecteur : Y. Comeau**

Vigneault, B. (2000). Interactions des substances humiques dissoutes avec les algues unicellulaires - Mécanismes et implications. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 166 pages.

**Directeur : P.G.C. Campbell**

Villegas Jiménez, A. (2000). Solubilité du plomb dans les eaux anoxiques : Estimation du produit de solubilité de la galène et des constantes de formation des (bi) sulfures de plomb. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec, 80 pages.

**Directeur : A. Tessier**

*Statistiques des publications et communications  
publiées durant l'année 2000-2001*

Rapport annuel	1
Articles publiés dans des revues scientifiques	70
Communications ou publications avec arbitrage	75
Communications ou publications sans arbitrage	5
Rapports de recherche	43
Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	24
<b>TOTAL</b>	<b>218</b>



## 6 SÉMINAIRES ET COLLOQUES

---

En 2000-2001, le professeur Marius Lachance s'est occupé de l'organisation des séminaires, colloques et conférences de l'INRS-Eau. 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-Eau figure ci-dessous.

- J. VESELY**, Czech Geological Survey  
History of metal pollution - paleolimnology of lakes in the Bohemian Forest Pollution in the 19th and 20th centuries, in the Middle Ages, in Roman time, and probably in the Bronze Age)  
27 septembre
- J. DELLEUR**, Purdue University  
Processus ponctuels par grappes de Neyman-Scott appliqués aux pluies et aux débits  
27 septembre
- J. BERNIER**, professeur invité INRS-Eau  
Plaidoirie pour les hydrologues bayésiens  
28 septembre
- R. KRZYSZTOFOWICZ**, Univ. of Virginia  
Bayesian theory of probabilistic forecasting via deterministic hydrological model  
29 septembre
- J. BECHARA**, Univ. Nationale du Nord Est  
Les impacts du barrage Yacyretá, fleuve Paraná (Argentine), sur les communautés de poissons subtropicales en aval.  
27 octobre
- L. VINCENT, X. ZHANG**, Environnement Canada  
Climate change and variability in Canada : what do we know, what do we understand  
Can we rely on historical climate observations for the analysis of climate change?  
10 novembre
- T. PEDERSEN**, Univ. of British Columbia  
The Past Isn't Over Yet : PAGES, Paleoclimate, and Our Uncertain Future  
24 novembre
- J. PAINCHAUD**, Env. Québec  
Qualité des rivières au Québec  
1 décembre
- M. HUERTA-DIAZ**  
Elemental concentrations in different species of seaweeds from Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico : Implications for the geochemical control of metals in algal tissue  
15 décembre
- P. ARIYA**, Univ. McGill  
Interaction of atmospheric halogen and sulfur cycles : Impact on the formation of particulate matter  
16 février
- R. CARIGNAN**, Univ. de Montréal  
La balance production-respiration dans les grands fleuves  
23 février
- E. N. ANAGNOSTOU**, Univ. of Connecticut  
Overland precipitation estimation from combination of satellite active and passive microwave sensors  
16 mars
- K. C. BOWLES**, Univ. McMaster  
The How, What, Why, When and Where of Metal Sulfides in oxic waters  
28 mars
- L. A. WARREN**, Univ. McMaster  
Bacteria as geochemically reactive solids : implications for trace metal behaviour  
30 mars
- J. BLAIS**, Univ. of Ottawa  
Cold-condensation of organochlorine pesticides and PCBs to high latitudes and altitudes  
27 avril

## 7 SERVICES

---

### **Administration**

L'année 2000-2001 s'est déroulée dans un contexte de restrictions budgétaires. Comme par le passé, nous avons continué d'investir des efforts dans le contrôle serré des dépenses afin de permettre au Centre de se positionner avantageusement pour les années futures.

Nous avons porté une attention spéciale à la facturation des projets et au recouvrement des comptes à recevoir. Les efforts déployés dans ce sens se sont avérés satisfaisants.

Enfin, tout en continuant de fournir toute l'aide nécessaire aux équipes de recherche et plus particulièrement, aux professeurs, nous avons commencé à préparer le terrain en vue du regroupement avec le Centre Géoressources; gestion du personnel, gestion administrative et financière.

### **Documentation**

En 2000-2001, les activités de réseautage et de regroupement des services documentaires INRS ont occupé la place la plus importante de nos activités. Un site web collectif des services a été lancé afin de permettre immédiatement aux chercheurs d'accéder aux collections électroniques acquises à travers divers achats en consortium (PCLSN, ERPAC, etc.).

L'INRS ayant été choisi par les directeurs des bibliothèques de l'Université du Québec comme premier site d'implantation du nouveau module de catalogage Manitou, nous avons dû procéder à diverses opérations de redressement de données, incluant principalement la fusion des diverses banques INRS en une seule entité en mai 2001. Nous avons également débuté la renumérotation de la collection afin de permettre cette fusion.

Enfin, tout comme par les années passées, le service de la documentation a prêté son support technique aux activités et événements scientifiques touchant des chercheurs du centre : répertoires, colloques, publications, support technique, distribution de la Revue des sciences de l'eau, etc. De plus, diverses modifications et

enrichissements ont été apportés aux différents sites web dont la gestion relève de notre service.

### **Informatique**

Le Service informatique a pour mandat la gestion des télécommunications du Centre, le support informatique et bureautique auprès des équipes de recherches, des étudiants et des services à la recherche.

Il assure notamment le développement et le support du réseau de télécommunication, la sécurité d'accès au réseau informatique, le contrôle du courrier électronique et branchement Internet, la gestion des plates-formes informatiques communes, la gestion et le support du laboratoire informatique des étudiants, 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.

L'équipe informatique comprend quatre membres réguliers et ponctuellement des stagiaires. Le responsable s'occupe entre autres de la gestion des télécommunications et de l'implantation de la base de données; un analyste en informatique est responsable de la gestion et du support du courrier électronique, des stations UNIX et des plates-formes NT du sous-réseau des étudiants. Un technicien est responsable du support informatique auprès des services du Centre et des chercheurs; assure la gestion de serveurs NT, génère des rapports pour la facturation des services rendus. Enfin, une agente de secrétariat assure le lien entre les usagers et le service, au niveau des demandes, gère l'accès au photocopieurs et télécopieurs, prépare les documents pour la facturation, participe au soutien de la base de données du Centre. Deux stagiaires ont participé au cours de l'été au développement de projets.

Au bilan des réalisations, signalons les points suivants. En télécommunications, mise en

service du réseau de fibre optique entre l'Université du Québec, le Carrefour Molson et le complexe scientifique; remplacement de routeurs et concentrateurs par des commutateurs à 100 Mbp. En informatique, implantation de serveurs et accès contrôlé aux bases de données. Enfin, début d'implantation d'un site intranet local avec formulaires en ligne reliés à la base de données. Dans le sillage de la fusion annoncée des centres INRS-Eau et INRS-Géoressources, le prochain défi sera l'intégration des réseaux informatiques des deux centres, en complémentarité avec le réseau de la CGC, partenaire incontournable.

### **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.

Un agent technique de recherche voit à l'achat, l'installation, l'entretien et la répartition des appareils et du matériel de laboratoire. Il assure aussi le suivi des

commandes et participe à l'aménagement des locaux et à la construction de montages.

Les techniciens participent au développement des méthodes d'analyse ainsi qu'à l'entraînement des étudiants gradués et effectuent la plupart des travaux d'analyse chimique et biologique requis par les projets de recherche.

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 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. L'INRS-Eau 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 d'analyses 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 2001

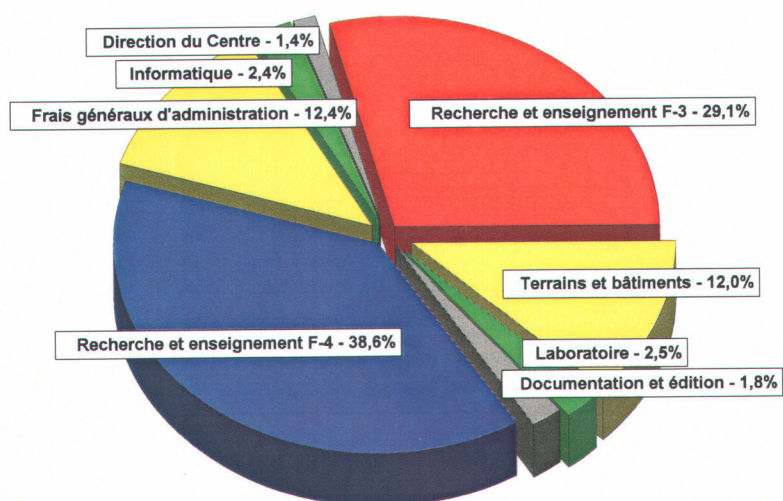
<b>REVENUS</b>		
Total des revenus institutionnels		4735
Autres revenus		267
Subventions de recherche		
CRSNG	1111	
FCAR	340	
Autres sources	1164	
Total des subventions		2614
Contrats de recherche		1377
<b>TOTAL DES REVENUS</b>		<b>8993</b>
<b>DÉPENSES</b>		
Recherche et enseignement		5516
Soutien à la recherche et à l'enseignement		
Frais généraux d'administration	543	
Documentation et édition	205	
Direction du Centre	110	
Informatique	165	
Laboratoire	234	
Terrains et bâtiment	1017	
Total soutien à la recherche et à l'enseignement		2274
<b>TOTAL DES DÉPENSES</b>		<b>7790</b>
<b>SURPLUS (DÉFICIT)</b>		<b>1203</b>

## DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x1000)

Pour l'exercice terminé le 31 mai 2001

	Salaires, avantages sociaux et bourses	Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel	Services professionnels, contractuels et publics; loyer	TOTAL
Recherche & enseignement F-3	1928	58	37	2023
F-4	2150	1073	271	3493
Frais généraux d'administration	370	106	67	543
Documentation et édition	188	13	4	205
Direction du Centre	103	4	3	110
Informatique	119	4	38	192
Laboratoires	172	38	24	234
Terrains et bâtiments	0	0	1017	1017
<b>TOTAL</b>	<b>5030</b>	<b>1296</b>	<b>1464</b>	<b>7790</b>

## DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE



« Rivière Cap-Rouge, Québec »  
© Amiel Boullemant, 2001  
Reproduit avec la permission du photographe



Université du Québec

**Institut national de la recherche scientifique**