

# TRENTIÈME 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.quebec.ca](http://www.inrs-eau.quebec.ca)

Décembre 1999

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

© INRS-Eau, 1999

# TABLE DES MATIÈRES

1	RAPPORT DU DIRECTEUR	1
2	RESSOURCES HUMAINES	5
3	ENSEIGNEMENT	9
	Maîtrise en sciences de l'eau	9
	Doctorat en sciences de l'eau	11
4	RECHERCHE	13
	AMYOT, Marc	13
	AUCLAIR, Jean-Christian	15
	BANTON, Olivier	15
	BERNIER, Monique	18
	BLAIS, Jean-François	21
	BOBÉE, Bernard	24
	CAMPBELL, Peter G.C.	27
	CLUIS, Daniel	30
	FORTIN, Jean-Pierre	32
	GRATTON, Yves	34
	HARE, Landis	35
	JONES, H. Gerald	36
	LACHANCE, Marius	36
	LAFRANCE, Pierre	37
	LECLERC, Michel	38
	MORIN, Guy	41
	OUARDA, Taha B.M.J.	41
	RASMUSSEN, Peter F.	42
	SASSEVILLE, Jean-Louis	43
	SECRETAN, Yves	44
	TESSIER, André	44
	TYAGI, R.D.	45
	VILLENEUVE, Jean-Pierre	46
5	PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	49
	Articles publiés dans les revues scientifiques	49
	Communications ou publications avec arbitrage	52
	Communications ou publications sans arbitrage	56
	Rapports de recherche	58
	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	60
	Publications diverses	61
	Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1998-1999	63
6	SÉMINAIRES ET COLLOQUES	65
7	SERVICES	67
	Administration	67
	Documentation	67
	Informatique	67
	Laboratoires	68
8	RAPPORT FINANCIER	71



# 1 RAPPORT DU DIRECTEUR

## Faits saillants

En 1998-1999, les activités d'enseignement se sont poursuivies au même rythme que l'année dernière. Cependant, on doit noter un léger ralentissement de l'activité de recherche en raison des difficultés financières liées au sous-financement de l'infrastructure du Centre. Encore cette année, c'est l'effort conjugué de tous les membres du Centre qui nous a permis d'atteindre nos objectifs de formation et de recherche, tout en maintenant un équilibre financier précaire. Nous avons tout mis en œuvre pour que le Centre continue d'être scientifiquement reconnu comme un pôle international en sciences de l'eau. 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.

Sur le plan des activités scientifiques, de nouveaux projets importants ont débuté au cours de l'année. Notons, entre autres, les suivants: *Détection et classification des milieux humides à partir des images Radarsat-1* (Monique Bernier); *Étude des tests de séries d'événements pour l'analyse du risque* (Bernard Bobée); *Développement de modèles pour relier l'accumulation de métaux traces chez les animaux aquatiques aux concentrations de métaux dans leur environnement: importance relative des sources métalliques ambiantes* (Landis Hare); *Influence de la matière organique dissoute (MOD) sur la bioaccumulation du Cd par un poisson juvénile (Salmo salar)* (Peter G.C. Campbell).

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). Nous avons initié la démarche d'évaluation périodique de cette programmation. Au total, plus de 104 projets de recherche étaient en cours cette année dont, entre autres, les suivants: *Impact des oscillations climatiques à basse fréquence sur les grands systèmes hydri-*

*ques du Québec* (Bernard Bobée); *Métallothionéine comme outil pour déceler des effets délétères provoqués par les métaux toxiques chez les organismes aquatiques; évaluation sur le terrain chez des organismes sentinelles indigènes* (Peter G.C. Campbell); *Regroupement des sols selon leur vulnérabilité aux pertes, suite aux apports de phosphore en relation avec leurs caractéristiques physiques et chimiques* (Daniel Cluis); *Modélisation hydrodynamique opérationnelle du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Trois-Rivières* (Michel Leclerc); *Vecteurs des métaux traces pour les organismes benthiques en milieu naturel* (André Tessier); *Le processus de bioconversion de boues en un produit à haute valeur ajoutée* (Rajeshwar D. Tyagi); *Auscultation et diagnostic des réseaux d'aqueduc et d'égout de la ville de Montréal* (Jean-Pierre Villeneuve); *Simulateurs d'écoulements en réseau* (Jean-Pierre Villeneuve).

Pour réaliser ces activités, le Centre comptait sur 19 professeurs, 34 chercheurs, 13 techniciens de recherche, 10 employés de bureau, 67 étudiants et 25 (6,5 STC) stagiaires. (Figure 1).

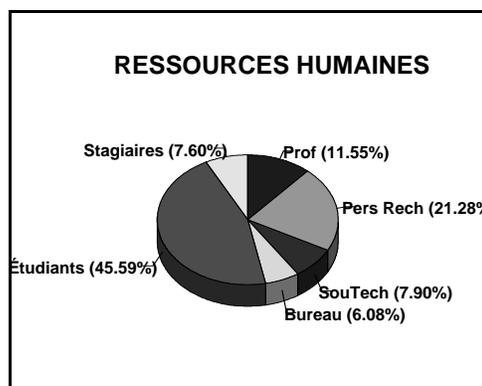


Figure 1

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, 35 étudiants au doctorat, 32 étudiants à la maîtrise et 25 stagiaires de

recherche. De ce nombre, 10 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise de recherche et 12 au doctorat. Le programme de maîtrise professionnelle a accueilli 9 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.

Les chercheurs de l'INRS-Eau ont été impliqués au cours de l'année dans plus de 35 ententes de partenariat et de coopération à travers le monde.

Cette année 1998-1999 a encore été dominée par la problématique de l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé près de 3 707 000\$. Ces sommes sont équivalentes à 63 % des dépenses de fonctionnement du Centre (Figure 2). Ces revenus extérieurs sont constitués, entre autres, de subventions pour un montant de 1 801 000\$ et de contrats de recherche pour un montant 1 582 000\$. Les principaux organismes subventionnaires qui nous ont soutenus sont le fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR), 105 000\$; le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), 815 000\$; le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 260 900\$; le U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 61 573\$ (Figure 3). Les contrats de recherche viennent de différentes sources, notons entre autres: Hydro-Québec, 381 515\$; le ministère de l'Environnement du Canada, 195 685\$; le ministère des Affaires municipales (MAM), 83 227\$; le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 171 923\$; la ville de Montréal, 57 588\$; et la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée, 115 214 \$.

Nous devons souligner l'implication et les efforts déployés par les professeurs pour défrayer une part importante des frais indirects de la recherche. Cet effort des professeurs a permis au Centre de respecter encore cette année ses engagements budgétaires. Compte tenu du contexte économique très difficile où se retrouvent la

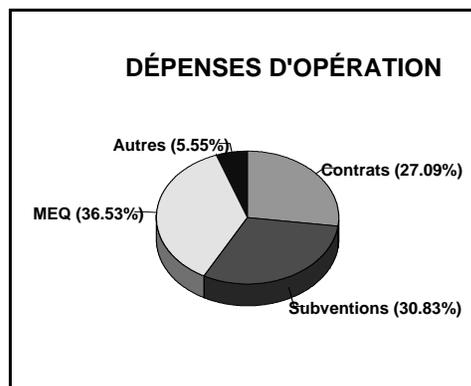


Figure 2

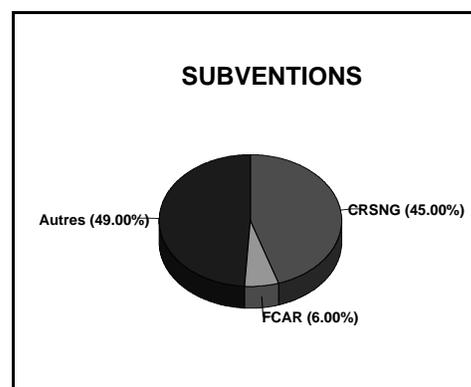


Figure 3

recherche et le développement scientifique, cet effort est particulièrement significatif. D'autant plus que le sous-financement systématique de l'infrastructure de base du Centre s'est encore amplifié. Cette charge supplémentaire s'est traduite par de nouvelles contraintes financières imposées aux activités de recherche. Il est aussi devenu de plus en plus difficile d'atteindre l'équilibre budgétaire en comptant sur une plus grande entrée de fonds externes. En effet, là aussi la rareté s'est installée, particulièrement auprès des organismes subventionnaires qui sont soumis eux aussi aux restrictions financières tout en devant répondre à un plus grand nombre de demandes. En plus d'une concurrence de plus en plus grande entre les chercheurs, cette augmentation des demandes se traduit par une diminution en valeur réelle du financement et par une diminution du nombre relatif de subventionnés.

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 est à souhaiter qu'aux autres aussi il apparaisse impératif de regrouper les chercheurs et nous espérons tous que les démarches en cours, afin de doter l'INRS-Eau de locaux adéquats, se réalisent.

## 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. 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 bio-accumulation 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 inter-programmes 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 des 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. Enfin sur le plan financier, malgré le sous-financement inacceptable de l'infrastructure du Centre, nos objectifs budgétaires ont été respectés grâce notamment aux efforts soutenus des professeurs. On doit noter que le Centre vit sur des réserves financières et que, bientôt, si des correctifs venant de l'extérieur ne sont pas apportés, le Centre aura épuisé ses surplus accumulés. Les revenus actuels ne permettent pas de couvrir le déficit structurel d'opération qui a été amplifié par l'impact des coupures gouvernementales sur la subvention de base du Centre. Cette coupure représente un recul de près de 33% par rapport à la situation de 94-95. Malgré ces difficultés, nous sommes tous enthousiastes à déployer encore plus d'efforts pour réaliser une recherche pertinente et pour en assurer un financement adéquat. Nous sommes convaincus aussi que les autorités compétentes réaliseront l'importance et la pertinence de nos activités en sciences de l'eau et qu'ainsi, ils pourront nous aider à trouver les moyens pour assurer un financement convenable à nos infrastructures.

Le directeur du centre INRS-Eau,

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  
Jean-Pierre FORTIN  
Yves GRATTON  
Landis HARE  
Marius LACHANCE  
Pierre LAFRANCE  
Michel LECLERC

Taha B.M.J. OUARDA  
Peter F. RASMUSSEN<sup>1</sup>  
Jean-Louis SASSEVILLE  
Yves SECRETAN  
André TESSIER  
Rajeshwar D. TYAGI  
Jean-Pierre VILLENEUVE

#### ***Professeurs-honoraires***

H. Gérald JONES  
Guy MORIN

#### ***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.  
Goze Bertin BÉNIÉ, Univ. de Sherbrooke  
Louis BERNATCHEZ, Université Laval  
Jacques BERNIER, retraité, EDF  
Jacques BUFFLE, Université de Genève  
Claude CAMIRÉ, Université Laval  
Georges CAVADIAS, retraité, Université  
McGill  
Bernard CHOCHAT, INSA Lyon  
Jean-Pierre DEDIEU, Université Joseph

---

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

<sup>2</sup> Responsable de service.

Fourier

Frédéric DELAY, Université de Paris VI  
 Jacques DELLEUR, Purdue University  
 Josée DUCHESNE, Université Laval  
 Lucien DUCKSTEIN, University of Arizona  
 Nassir EL-JABI, Université de Moncton  
 Vit KLEMEŠ, retraité, Environnement  
 Canada  
 James R. KRAMER, McMaster University  
 Robert LAGACÉ, Université Laval  
 Michel LAPOINTE, Université McGill  
 Pierre LAVALLÉE, ASSEAU inc.  
 Marc LAVERDIÈRE, Université Laval  
 Yvon MARANDA, Environnement et  
 Faune  
 Richard MARCEAU, École Nationale  
 d'Administration Publique (ENAP)  
 Michel NOLIN, Agriculture et Agro-  
 alimentaire Canada  
 Éric PARENT, ENGREF  
 Paul PILON, Environnement Canada  
 Gilles POREL, Université de Poitiers  
 Jose D. SALAS, Colorado State University  
 Maurice K. SÉGUIN, retraité, Université  
 Laval  
 Régis Réginald SIMARD, Agriculture  
 Canada  
 Jery R. STEDINGER, Cornell University  
 Martyn TRANTER, Université de Bristol  
 Hau Ta TRUNG, Société d'électrolyse et  
 de chimie Alcan Ltée  
 José R. VALÉRO, Centre de Foresterie  
 des Laurentides  
 Norman D. YAN, ministère de l'Environne-  
 ment et de l'Énergie (Ontario)

**Chargés de cours**

Gaston ARTEAU, MRN  
 Michel BEAULIEU, MEF  
 Gilles BRUNET, MEF  
 Ernest DE SA, Consultants De Sa & Ass.  
 Josée DUPONT, MEF  
 Bernard GABOURY, MEF  
 Yvon MARANDA, MEF  
 Francine TANGUAY, Consultants BPR  
 Luc VALIQUETTE, MEF

**Associés de recherche**

Mourad HÉNICHE  
 Alain MAILHOT  
 Alain ROUSSEAU

**Boursiers postdoctoraux**

François BORDAS<sup>1</sup>  
 Alin CÂRSTEANU  
 Laurent GIRAULT<sup>1</sup>  
 Marie LAROCQUE  
 Ramata MAGAGI  
 Dominique TAPSOBA<sup>1</sup>  
 Sheng YUE

---

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

<sup>2</sup> Responsable de service.

**Personnel de recherche**

Paul BOUDREAU  
 Myriam CHARTIER  
 Fabrice DESILES  
 Marie-Renée DOYON  
 Nadine ETONG<sup>1</sup>  
 Vincent FORTIN<sup>1</sup>  
 Yves GAUTHIER  
 Marc-André GOSSSELIN  
 Mario HACHÉ  
 Isabelle LANDRY<sup>1</sup>  
 Fang Han LI<sup>1</sup>  
 Guy MERCIER  
 Pierre PAQUET  
 Lise RANCOURT<sup>1</sup>  
 Guy ROBERGE<sup>1</sup>  
 Michel ROUX  
 Yves ROY<sup>1</sup>  
 Alain ROYER  
 Richard TURCOTTE  
 Sébastien TURGEON  
 Ymed YAHMADI<sup>1</sup>

<b>SERVICE À LA RECHERCHE ET À          L'ENSEIGNEMENT</b>
--

**Administration**

Charline BOURQUE  
 Fabienne BOUTIN  
 Dominique CANTIN  
 Jean-Léon DOYON  
**Ginette LÉGARÉ<sup>2</sup>**  
 Jacques RAYMOND

**Secrétariat**

Martyne CHARBONNEAU  
 Johanne DESROSIERS  
 Suzanne DUSSAULT  
 Lise RAYMOND  
 Diane TREMBLAY

**Laboratoire**

Paul BOISVERT  
 Pauline FOURNIER  
 Michelle GEOFFROY-BORDELEAU  
**Stéfane PRÉMONT<sup>2</sup>**  
 René RODRIGUE

Sylvie ST-PIERRE  
 Bernard VEILLEUX<sup>1</sup>

**Documentation**

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

**Informatique**

Claude BLANCHETTE  
**Jean LACROIX<sup>2</sup>**  
 Suzana KOVACEVIC  
 Alain POIRIER

**Stagiaires**

Marjolaine ARSENEAULT<sup>1</sup>  
 Jérôme ASSELIN<sup>1</sup>  
 Sylvie BOULIANE<sup>1</sup>  
 Charline BOURQUE<sup>1</sup>  
 Francis BOUCHARD<sup>1</sup>  
 François BOURGET<sup>1</sup>  
 Dave CASTEGAN<sup>1</sup>  
 Dominique CANTIN<sup>1</sup>  
 Corinne CHABOT<sup>1</sup>  
 Christine CIMON<sup>1</sup>  
 Cécile COGNET<sup>1</sup>  
 Marie-Ève CÔTÉ<sup>1</sup>  
 Jonathan DOYON  
 Sébastien DUVAL<sup>1</sup>  
 Karine FILIATREAU  
 Patrice FORTIN<sup>1</sup>  
 Sonia FOULETIER<sup>1</sup>  
 Nicolas GAGNON<sup>1</sup>  
 Sébastien GARRIGUES<sup>1</sup>  
 Stéphane Gaudreault<sup>1</sup>  
 Daniel GECHTER<sup>1</sup>  
 Gilles GUILBOT<sup>1</sup>  
 Mélanie GUILLOT<sup>1</sup>  
 Munovra HODZIC<sup>1</sup>  
 Céline HURTREZ<sup>1</sup>  
 Christian JALBERT<sup>1</sup>  
 Patrick LAGAGÉ<sup>1</sup>  
 Stéphane LAPRISE<sup>1</sup>  
 Suzanne LAVOIE<sup>1</sup>  
 Martin-Pierre LAVIGNE<sup>1</sup>  
 Iannick LÉGARÉ<sup>1</sup>  
 Manon LELIÈVRE<sup>1</sup>  
 Alain LEPAGE<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Responsable de service

<sup>3</sup> Boursier ou boursière

Dominique MAHEUX<sup>1</sup>  
 Pierre MARCOUX  
 Antoine MARTIN<sup>1</sup>  
 Bruno MARTIN<sup>1</sup>  
 Jean-François NOËL<sup>1</sup>  
 Adilson PINHEIRO<sup>1</sup>  
 Annie POULIN  
 Nicolas THÉRIAULT<sup>1</sup>  
 Philippe TOUSSIGNANT<sup>1</sup>  
 Leila TREIDI<sup>1</sup>  
 Simon TRÉPANIÉ<sup>1</sup>  
 Marie-Eve TREMBLAY<sup>1</sup>  
 Aditi TYAGI<sup>1</sup>  
 Yannick VINETTE<sup>1</sup>  
 Arnaud VONTOBEZ<sup>1</sup>

### COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE

#### Étudiants à la maîtrise

Mustapha-Kémal BABES  
 Simon BARNABÉ  
 Pierre-Yves BEAULIEU  
 Geneviève BOUCHER  
 Stéphane COSSETTE  
 Steve Côté  
 N'deye Marie DIALLO  
 Mamadou DIARRA  
 Nabil EL ABOUDI  
 Ali ELBATTAY  
 Dany FAUCHER  
 Jean-François Fiset  
 Annik GAGNÉ  
 Céline GALLON  
 Anne GANGLOFF  
 Sara-Mélissa GAUTHIER  
 Anik GIGUÈRE  
 Hugo GINGRAS  
 Claude GIRARD  
 Marie-Josée GRAVEL  
 Dominic GRENIER  
 Fatima HAMMY  
 Abdelaziz HAMZA  
 Oumar Housseynou KA<sup>3</sup>  
 Édith LACROIX  
 Catherine LAGACÉ  
 Sébastien LAVOIE  
 Marie-Line LECLERC  
 Nathalie MEUNIER  
 Caroline PAGÉ  
 Monya PELCHAT  
 Julie PHARAND  
 Catherine POMARÈS  
 Daniel RIOUX  
 Véronique SIMON

Adrian Jimenez VILLEGAS<sup>3</sup>

#### Étudiants au doctorat

Catalina ALFARO DE LA TORRE  
 Faouzi BEN REBAH  
 Samiha BENHAMMANE<sup>3</sup>  
 Marie-Noële CROTEAU<sup>3</sup>  
 Danielle DE SÈVE  
 Bernard DOYON  
 Yangguang DU  
 Marc DUCHEMIN  
 Sophie DUCHESNE  
 Sophie DUFRESNE  
 Kamal EL-HAJI  
 Youssef FILALI-MEKNASSI  
 Claude FORTIN<sup>3</sup>  
 Guillaume FORTIN  
 Éric GAUME  
 Hosni GHEDIRA  
 Jean-François GUAY  
 Rachid LABCHIR  
 Kanza LACHHAB  
 Janick LALONDE<sup>3</sup>  
 Marco LATRAVERSE  
 Alain LEPAGE  
 François MARQUIS  
 Michel MARTIN  
 Sadek MOHAMMEDI  
 Jean MORIN  
 Robin NAULET  
 Jean-Cléophas ONDO<sup>3</sup>  
 Geneviève PELLETIER  
 Luc PERREAULT<sup>3</sup>  
 Christine RIVARD<sup>3</sup>  
 Isabelle ROYER  
 Shaobo SHEN  
 André ST-HILAIRE  
 Anne TREMBLAY  
 Bernard VIGNEAULT<sup>3</sup>  
 Abderrahmane YAGOUTI



## 3 ENSEIGNEMENT

---

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

**Monique BERNIER (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.

**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 *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 système, 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).

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 environne-mental,

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 système, 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, 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 1998-1999, dix (10) étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle avec mémoire et neuf (9) étudiants au profil sans mémoire ce qui porte le nombre total d'étudiants à la maîtrise à trente-deux (32). Durant la même période, douze (12) étudiants ont obtenu leur diplôme de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec, soit six (6) avec mémoire et six (6) sans mémoire.

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

**Pierre LAFRANCE**

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, en laboratoire, 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 habitats des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de système de la ressource eau, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multi-variées, 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 équivalent 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 1998-1999, douze (12) étudiants se sont inscrits au programme de troisième cycle ce qui porte le total à trente (35). Durant la même période, quatre (4) 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 projets de recherche 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.

**Marc AMYOT**

### ***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<sup>0</sup>, soit en servant de substrat à des bactéries méthy-lantes, 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'infra-structure liée à l'analyse des métaux traces dans l'environnement. L'infra-structure 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 consentis 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***

Ce projet consistera à étudier l'oxydo-réduction 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***

Le transport atmosphérique du mercure, son oxydation et sa précipitation peuvent consti-

tuer 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 d'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

**Jean-Christian AUCLAIR**

### **Biogéochimie: Eaux de surface**

#### **Étude des effets directs et indirects de la radiation UV<sub>B</sub> sur les communautés planctoniques des eaux du Bouclier canadien**

L'amincissement de la couche d'ozone augmentera le flux des rayons UV<sub>B</sub> reçu par les écosystèmes aquatiques arctiques et boréaux. L'objectif de ce programme de recherche est d'établir l'importance relative des effets directs des rayons UV<sub>B</sub> sur des organismes cibles par rapport aux effets indirects opérant sur les composantes abiotiques de l'écosystème. Parmi les effets directs, nous quantifions l'altération du taux de croissance, les mécanismes pigmentaires de photoprotection et les remplacements d'espèces ayant lieu dans les communautés naturelles planctoniques des eaux du Bouclier canadien. Parmi les effets indirects, d'une part, nous élucidons l'effet d'un accroissement de la photoréduction du fer (Fe[III] → Fe[II]) sur la croissance microbienne planctonique, et d'autre part, nous examinons le rôle oxydo-réducteur du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> qui est produit lors de la photooxydation 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]) ou à l'aide de pièges spécifiques à radicaux libres et/ou ajout d'agents complexants ou réducteurs / CRSNG

**Olivier BANTON**

### **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; 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 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 Mn dans les eaux souterraines; 2) quantifier les paramètres géochimiques représentant les processus de libération du Fe et 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 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 comprendra le développement d'une méthodologie de gestion et des outils associés. L'étape théorique conduira 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

***Développement méthodologique et application de la modélisation mathématique à la gestion des droits et conflits d'usages des eaux souterraines***

La subvention octroyée s'inscrit dans le cadre du développement d'une gestion intégrée des ressources d'eaux souterraines à l'échelle du territoire régional. Ce projet est réalisé en collaboration avec la compagnie Agéos de Montréal. La méthodologie développée et les outils qui y sont associés sont appliqués sur un contexte hydrogéologique typique du Québec, présentant un ensemble d'usages des ressources d'eau / Corporation de développement des Laurentides (MAM) / Coll.: L. Bangoy, V. Bonamy, I. Cellier, S. Chevalier, D. Duchaine, S. Dufresne, C. Hurtrez, P. Lafrance, A.C. Lavoie, R. Marceau, M. Martin, M. Rheault, D. Richard, C. Rivard, J.C. Samson, M. Séguin, D. Soucy, J. Wilson

***Modélisation du système aquifère Naya-Mirabel exploité pour les eaux embouteillées***

Les conditions d'écoulement des eaux de l'aquifère du milieu fissuré multicouche exploité pour l'embouteillage sont simulées, de même que les conditions d'apparition des concentrations en fer et manganèse. La problématique de la simulation dans les milieux hétérogènes est abordée de façon théorique et appliquée, principalement en termes de variabilité spatiale et d'incertitude. La problématique du fer et du manganèse liée aux environnements géologiques des Basses Terres du St-Laurent est abordée par la géochimie (lixiviation, rôle des micro-organismes, précipitation) et étudiée en regard des conditions d'exploitation de l'aquifère / Les Breuvages Nora / Coll.: L. Bangoy, S. Chevalier, N.M. Diallo, D. Duchaine, M. Rheault, D. Richard, C. Rivard, D. Soucy

***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

### ***Intégration de l'agriculture à l'environnement de la région du Buyo-Côte d'Ivoire***

Le projet, réalisé en collaboration avec l'Université d'Abobo-Adjamé de Côte-d'Ivoire, vise l'étude de l'écosystème fortement anthropisé du barrage de Buyo (Ouest de la Côte-d'Ivoire). La région de Buyo couvre un territoire de 11000 km<sup>2</sup>, comprenant trente-cinq (35) villages représentant environ 100 000 habitants. On étudiera particulièrement l'impact des aménagements relatifs au barrage et au développement agricole sur la santé de l'écosystème aquatique et celle de la population. Cette étude multidisciplinaire regroupe des spécialistes des sciences naturelles, humaines et de la santé / Centre de recherches pour le développement international / Coll.: I. Cellier, P. Houénou, P. Lafrance, J.P. Villeneuve

### ***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

### ***Modélisation de la contamination des eaux souterraines à la base de Bagotville***

Ce projet vise la modélisation des écoulements et du transport dans la formation aquifère sous-jacente la base de Bagotville. Dans une première étape, les propriétés du milieu doivent être décrites de façon statistique de manière à intégrer leur variabilité spatiale et l'incertitude reliée à leur connaissance. Ces propriétés sont alors utilisées dans une approche stochastique pour simuler les scénarios probables d'écoulement sur le site. Ces scénarios doivent permettre la localisation de puits d'observation de l'état de qualité des eaux souterraines. Ces scénarios permettront dans une deuxième étape de simuler le transport et la persistance des contaminants azotés potentiels, et d'optimiser les traitements in situ de décontamination / CNRC-IRB / Forces Armées / Coll.: S. Delisle, S. Fouletier, P. Lafrance, M. Larocque, C. Rivard, B. Tartakovsky

### ***Étude hydrogéologique de l'écoulement des eaux souterraines du site de la source Saint-André***

Ce projet vise la modélisation des écoulements et du transport dans la formation aquifère de la source Saint-André exploitée pour l'embouteillage d'eau. Parallèlement, on étudiera les relations hydrodynamiques entre les différents milieux géologiques (substratum cristallin, grès de Postdam, intrusif du Crétacé, argiles marines). Ceci devra s'appuyer et expliquer entre autres le chimisme des eaux souterraines dans ce secteur, particulièrement en ce qui a trait à la présence de

proches fossiles d'eau salée marine. La simulation visera les conditions optimales d'exploitation du gîte aquifère en regard de la qualité naturelle des eaux et des contaminations potentielles / Coll.: L. Bangoy, S. Chevalier, D. Duchaine, M. Rheault, D. Richard, C. Rivard

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

Ce projet vise le développement d'une méthode d'évaluation des pertes en phosphore d'origine agricole à l'environnement. La première partie conduit à la synthèse critique des études qui ont été réalisées au Québec et dans les pays de conditions pédo-climatiques 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

---

---

**Monique BERNIER**

### ***Hydrologie: Écoulements***

#### ***Développement d'algorithmes pour le suivi du couvert nival et du gel saisonnier du sol à partir des micro-ondes passives et actives dans la région de la Baie James au Québec***

Ce projet répond aux objectifs du projet pan-canadien CRYSYS et s'inscrit dans notre programme de développement de nouveaux outils de télédétection en hydrologie. Il comprend 2 objectifs: d'abord, en collaboration avec le Centre climatique canadien, développer et valider un algorithme spécifique à la région de la rivière La Grande pour extraire l'équivalent en eau du couvert nival des données micro-ondes passives du capteur SSM/I. Pour ce faire, nous proposons d'évaluer et d'adapter les algorithmes publiés, d'étudier l'impact des différentes occupations du sol (forêt boréale, tourbières, lac, brûlis) à l'intérieur d'un même pixel (25 km) sur la température de brillance, de suivre l'évolution temporelle (automne-hiver) de la température de brillance sur le terrain pour trois hivers (95-96, 96-97 et 97-98) et de réaliser et d'évaluer la précision de cartes d'équivalent en eau (lignes de neige, données météo, températures du sol).

Développer et valider une approche pour suivre le 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. Cette dernière approche pourrait éventuellement s'appliquer pour le suivi des paramètres du couvert nival. Pour ce faire, nous comptons utiliser les données SSM/I et RADARSAT déjà à notre disposition. En effet, durant la saison 1996-1997, nous avons obtenu via Environnement Canada et le programme ADRO de l'Agence spatiale canadienne, une couverture hebdomadaire du capteur SSM/I du début octobre à fin mars et trois images étalonnées du satellite RADARSAT, en mode Standard 1, prises de la fin septembre à la fin novembre et une quatrième prise en février. Nous comptons aussi utiliser les données météorologiques prises en continue à trois stations temporaires installées dans le secteur expérimental de LG4 par Hydro-Québec / Environnement Canada / Coll.: J.P. Fortin

#### ***Système de surveillance du couvert nival par télédétection***

Le suivi adéquat des conditions du couvert nival nécessite des outils de télédétection permettant une fréquence hebdomadaire et même quotidienne de prise de données et indépendante de la couverture de nuages et de l'illumination du soleil. Les capteurs travaillant dans les micro-ondes, tant passifs qu'actifs, offrent de tels avantages aux gestionnaires de la ressource en eau (Environnement Canada, Hydro-Québec, etc...). Cependant, il n'existe pas encore de méthode opérationnelle pour utiliser les données radar, spécifiquement celles du satellite canadien RADARSAT et l'approche pour les micro-ondes passives est limitée aux Prairies canadiennes. Ce programme, débuté en 1992, veut combler cette lacune en mettant au point un système de surveillance des paramètres du couvert nival, en particulier, son étendue, son humidité et son équivalent en eau. Les deux principaux objectifs sont: 1) développer des algorithmes pour estimer a) l'équivalent en eau d'un couvert nival, b) l'aire d'extension de la neige humide et c) celle du gel au sol à partir des données de RADARSAT (ou ERS-1/2) dans la région de la Baie James au Québec; 2) développer et valider un algorithme spécifique à la région de la rivière La Grande, adapté au type de couvert

végétal (forêt boréale, tourbières) et aux conditions du couvert nival pour extraire l'équivalent en eau des données micro-ondes passives du capteur SSM/I / CRSNG - Demande de subvention de recherche reliée à l'obtention d'une bourse (1993-98) du Programme Professeures-Boursières

#### ***Méthode opérationnelle d'estimation de l'équivalent en eau de la neige par imagerie RADARSAT pour la gestion des réservoirs du complexe La Grande Rivière (Equeau)***

Depuis le printemps 1998, l'INRS-Eau et Viasat Géo-technique se sont associés afin d'amener Hydro-Québec à utiliser de façon opérationnelle une méthode d'estimation de l'équivalent en eau de la neige au sol, à l'aide de l'imagerie RADARSAT (le projet Equeau). La méthode est basée principalement sur des images RADARSAT (le projet Equeau). La méthode est basée principalement sur des images radarsat, une image de référence en automne et des images d'observation des conditions hivernales. Les objectifs secondaires sont de démontrer la faisabilité opérationnelle des outils logiciels (Equeau développé dans un environnement Map Info) supportant l'utilisation d'une telle méthode en combinaison avec les méthodes actuelles de relevés de terrain; de démontrer un accroissement de la précision de l'estimation de la quantité d'eau stockée sur le territoire; de mettre en évidence les avantages économiques et stratégiques que procure l'implantation d'une telle méthode. En 1998, l'équivalent en eau a été estimé pour le sous-bassin de LG4 au début de février et à la fin mars. Pour l'hiver 1999, la moitié amont du bassin de la Rivière La Grande sera couverte, soient les sous-bassins LG4, La Forge et Canapiascau. Des images Radarsat en mode Wide et ScanSAR seront utilisées.

L'équipe de l'INRS-Eau est responsable de l'adaptation des algorithmes aux divers types d'images RADARSAT et de la vérification de leur performance (précision des estimés). Elle est aussi responsable de la cueillette des données de contrôle au sol et de leur interprétation, de la production des limites des sous-bassins ainsi que de la révision des modules de calcul du logiciel Equeau en

fonction des besoins des utilisateurs et des contraintes amenées par les divers types d'images RADARSAT. Elle formera aussi le personnel d'Hydro-Québec / VIASAT Géo-Technologie Inc. / Coll.: J.P. Fortin, Y. Gauthier, A. Roy et R. Turcotte

### ***Détection et classification des milieux humides à partir des images Radarsat-1***

Le but de ce projet est de mettre au point une approche pour inventorier les milieux humides sur tourbe du Québec à partir des images du satellite canadien RADARSAT 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 multi-temporel du signal de rétro-diffusion 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 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 temporelles dans les milieux humides pour un suivi régulier de l'étendu des exploitations commerciales de tourbe et des zones drainées; 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 St-Jean. Au total, une vingtaine d'images RADARSAT acquises à six périodes différentes de l'année, seront analysées / FCAR - Action concertée / J.P. Villeneuve, T. Ouarda, P. Buteau (Min. Ressources naturelles)

### ***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 se 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, elles 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 se faire, des 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; Min. de l'Éducation Québec / Coll.: J.F. Fortin, O. Banton, T. Ouarda, Y. Gauthier

---

## Jean-François BLAIS

### **Contrôle**

#### ***Valorisation des mâchefers de l'incinérateur de déchets municipaux de la CUQ en technique routière***

Les mâchefers, ou cendres de grilles, sont produits à un rythme d'environ 250 t/jour à l'incinérateur des déchets municipaux de la Communauté urbaine de Québec (CUQ). Ils sont actuellement enfouis au site d'enfouissement sanitaire de St-Tite-des-Caps. Ce matériau possède un potentiel de réutilisation dans la construction de routes (remplace les graviers de fondation ou en sous-fondation), comme tendent à le démontrer les expériences américaines et française. Afin de procéder à des essais dans le contexte québécois, la CUQ a initié un projet de démonstration visant la valorisation des mâchefers. Dans le cadre du programme des infrastructures municipales et en association avec plusieurs organismes, la CUQ a entrepris une étude sur cette problématique. L'aspect géotechnique est assuré par M. Konrad du Département de génie civil de l'Université Laval assisté par le Ministère des transports du Québec. La Ville de Québec participe via la construction de tronçons de rues à l'aide de mâchefers. Le rôle de l'INRS-Eau consiste en la réalisation du suivi environnemental des eaux souterraines, interstitielles et de surface. Une série d'appareils de mesure et de suivi environnemental ont été installés et l'échantillonnage, le traitement des données et l'interprétation des résultats d'analyses des eaux seront également complétés, le tout sur une période de 14 mois (juillet 97 à décembre 98). L'expertise développée dans le domaine des métaux et du traitement des cendres d'incinérateurs par l'INRS-Eau est ainsi mise à contribution au sein d'un regroupement d'équipes multidisciplinaires / Communauté urbaine de Québec / M. Konrad (Univ. Laval), Ville de Québec, CUQ, Ministère des transports / Coll.: J.P. Villeneuve, G. Mercier, G. Roberge, M. Chartier

### **Assainissement**

#### ***Contre-expertise du rapport de la Chaire Industrielle CRSNG en eau potable intitulé "Diagnostic du réseau d'aqueduc de la Ville de Jonquière: impact des inondations de juillet 1996"***

Le mandat général vise à faire une évaluation du rapport de la Chaire Industrielle CRSNG en Eau Potable de l'École Polytechnique de Montréal intitulé / "Diagnostic du réseau d'aqueduc de la Ville de Jonquière: Impact des inondations de juillet 1996" produit au mois de mars 1998. Ce rapport fait état de la contamination bactérienne (présence d'actinomycètes) du réservoir extérieur d'eau potable Arvida desservant la Ville de Jonquière lors de périodes de consommation accrue d'eau potable. Les questions soulevées par le MAM portent: 1) sur le lien entre la présence des actinomycètes et les événements de juillet 1996; 2) sur l'impact sanitaire de la présence des actinomycètes dans le réservoir et dans le réseau; 3) sur la façon d'éliminer cette contamination bactérienne / Ministère des Affaires Municipales, Gouvernement du Québec

#### ***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'électro-coagulation, la recirculation des lixiviats, ainsi que l'emploi d'une technique de précipitation améliorée.

Dans le cadre de ce projet, les travaux de pré-traitement 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) / Coll.: Alex-Sol, Groupe Soprin-Dessau, Centre de Recherches Minérales, CEMRS

### **Décontamination des boues d'épuration municipales et industrielles**

Une proportion importante des boues d'épuration générées lors du traitement des eaux usées sont contaminées 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 produit 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 bio-production 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<sup>3+</sup>, du TRH et du contenu en solides). Par la suite, le procédé optimisé sera testé à l'échelle du pilote pré-industriel / FCAR - Programme 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'incinérateur. L'objectif général de ce projet est de tester et optimiser, à l'échelle du banc d'essai en laboratoire et du pilote pré-industriel, 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 bio-production 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 au 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 au laboratoire

complétées, le projet vise également à tester le procédé optimisé à l'échelle du pilote pré-industriel / CRSNG - Subvention de recherche

### ***Système de spectrophotométrie UV/visible***

Cette demande de subvention vise l'acquisition d'un système d'analyse spectrophotométrique. UV/visible, lequel constitue un équipement de base indispensable à la réalisation des travaux de recherche menés par plusieurs chercheurs de notre centre de recherche. Le spectrophotomètre UV/visible demandé est indispensable pour le suivi par colorimétrie (méthode à la phénanthroline) de l'état d'oxydation du fer (Fe 2+ et Fe 3+) lors de l'opération de nos technologies de décontamination de boues d'épuration, de cendres volantes d'incinérateur, ainsi que de sols et sédiments contaminés en métaux toxiques. De plus, l'utilisation de cet appareil est requise pour le suivi de la demande chimique en oxygène lors des études de développement de procédés d'assainissement (lisier de porc, effluents de papetière et agro-alimentaire), ainsi que de conditionnement et déshydratation de boues municipales et industrielles. Le spectrophotomètre servira également à mesurer les concentrations de substances humiques dans le cadre de nos études sur les interactions des métaux avec les organismes aquatiques, ainsi que sur la spéciation et la biodisponibilité de métaux trace dissous dans les eaux naturelles. Un autre usage de cet équipement consistera à la mesure des concentrations de sulfures lors d'études sur les processus qui affectent les métaux traces dans les sédiments lacustres. Cet appareil servira aussi à la mesure des activités enzymatiques dans le cadre de nos études sur la bioaccumulation de certains métaux toxiques chez la faune aquatique ainsi que la détoxification de ceux-ci au niveau cellulaire. De même, dans le cadre de nos études sur l'atténuation et le transport des contaminants organiques dans le sol et l'eau souterraine, cet équipement servira à l'analyse de composés nutritifs du sol et de composts tels que le carbone organique soluble du sol, les nitrates et l'ammonium. Également, celui-ci servira au suivi des tensioactifs biologiques (tous des

rhamnolipides), utilisés pour la mobilisation d'hydrocarbures adsorbés au sol / CRSNG - Subvention d'appareillage / Coll.: P.G.C. Campbell, P. Lafrance, A. Tessier, R.D. Tyagi

### ***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'applications 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-ci 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 pré-industriel en utilisant l'usine pilote de l'INRS-Eau / CRSNG - Stratégique et Alex Cendre Inc./ Coll.: M. Amyot, P.G.C. Campbell, R.D. Tyagi

<b>Bernard BOBÉE</b>
----------------------

## **Hydrologie: Écoulements**

### **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 avisier:

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 hydro-électriques, 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.

#### **Thème 1.1: Méthodologie de validation des apports naturels (mai 1998- mai 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 (Hydro-Québec)

#### **Thème 1.2: Évaluation des besoins en données et gestion des réseaux hydrométéorologiques (mai 1999 - mai 2000)**

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 mesure de débit et les différents réseaux météorologiques / Coll.: T. Ouarda; C. Gignac (chargé de projet Hydro-Québec); M. Haché, J. Gaudet; R. Gauthier, 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.

***Thème 2.1: Étude de nouvelles méthodes de prévision (mai 1998 - mai 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. A. Cârsteanu; M. Durocher (chargé de projet Hydro-Québec); T. Ouarda, M. Slivitzky; D. Tremblay (Hydro-Québec), V. Fortin (IREQ)

***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.

***Thème 3.1: Modélisation des apports énergétiques (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.: A. Cârsteanu; D. Tremblay (chargé de projet Hydro-Québec); M. Haché, J. Gaudet, M. Slivitzky; G. Brosseau, P. Bruneau, N. Kang (Hydro-Québec)

***Thème 3.2: Construction des hydrogrammes-types annuels (mai 1998 - mai 2000)***

Les hydrogrammes-types servent de base au dimensionnement des évacuateurs de crues. En effet, le dimensionnement d'un évacuateur de crue à un site dépend de nombreux paramètres hydrologiques qui définissent la forme de l'hydrogramme tels que le débit maximum annuel, le volume maximum, la pointe de printemps, la pointe d'automne ou la durée de la crue. La technique utilisée actuellement à Hydro-Québec considère un nombre restreint de paramètres hydrologiques qui sont combinés de façon relativement empirique et intuitive. Cette méthodolo-

gie introduit alors différentes incertitudes qui peuvent être plus importantes que celles dues à la variabilité du phénomène lui-même et que celles engendrées par les analyses statistiques utilisées (ajustements de lois de probabilité, par exemple). Il importe donc d'effectuer une étude complète sur le sujet permettant de justifier objectivement les choix en vue d'améliorer la méthodologie employée à Hydro-Québec / Coll.: T. Ouarda; P. Legendre (chargé de projet Hydro-Québec); S. Yue; P. Bruneau (Hydro-Québec)

### ***Thème 3.3: Analyse fréquentielle locale (mai 1999 - 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.: M. Haché; P. Bruneau (chargé de projet Hydro-Québec); T. Ouarda; C. Gignac (Hydro-Québec)

### ***Estimation ponctuelle et régionale des caractéristiques hydrologiques extrêmes***

Il est important, en pratique, pour la construction d'ouvrages ou la gestion des réservoirs, d'estimer les débits de crues ( $Q_T$ ) de période de retour donnée (centenaire, millénaire, ...). On vise à: i) poursuivre les travaux déjà entrepris sur les distributions de Halphen. Ces distributions présentent des

propriétés intéressantes (estimation optimale des paramètres) et sont encore peu utilisées en raison de la complexité du calcul de leur fonction de distribution; ii) établir des modèles d'estimation régionale de crue en considérant la notion de zone d'influence récemment introduite et de distribution régionale (on étudiera l'utilisation d'une loi régionale de Halphen); iii) examiner la transposition des approches et modèles développés en A et B pour les crues aux débits d'étiage / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: P.F. Rasmussen

### ***Modélisation de l'incertitude en sciences de l'eau***

Ce projet de recherche a pour but de développer et d'appliquer des techniques mathématiques et statistiques avancées pour la modélisation des incertitudes (analyse bayésienne, méthode de Dempster-Shafer, approche floue) et en particulier, à leur potentiel dans le cadre de la gestion des systèmes hydriques du Québec. Plusieurs techniques sont déjà fréquemment utilisées dans d'autres domaines (tels que l'économie, le génie des systèmes, la santé, etc.) mais sont encore relativement peu utilisées dans le domaine de l'eau. Il importe donc de faire la revue des méthodes existantes pour modéliser les incertitudes et d'identifier leur complémentarité ainsi que leur potentiel pour résoudre différents types de problèmes reliés aux sciences de l'eau / FCAR - Équipe / P.F. Rasmussen, T.B.M.J. Ouarda, É. Parent

### ***Impact des oscillations climatiques à basse fréquence sur les grands systèmes hydriques du Québec***

Les objectifs de l'étude de faisabilité sont: i) revue de littérature des produits et des méthodes disponibles pour la modélisation de la relation entre les oscillations climatiques et l'hydraulicité; ii) identification des besoins d'Hydro-Québec et des retombées potentielles pour Hydro-Québec en matière de modélisation et de prévision de l'hydraulicité; iii) proposition d'une méthodologie adaptée aux besoins d'Hydro-Québec pour étudier l'impact des oscillations climatiques à basse fréquence sur l'hydraulicité; iv) application de cette méthodologie aux données

de quelques systèmes hydriques d'Hydro-Québec; v) évaluation des coûts et des besoins en données reliés à la réalisation plus complète de cette étude d'impact / Hydro-Québec / Coll.: P.F. Rasmussen; R. Roy (Hydro-Québec); J.F. Guay, M. Slivitzky; V. Fortin (IREQ)

### **Étude des tests de séries d'événements pour l'analyse du risque**

L'objectif général du projet est d'étudier les processus ponctuels (e.g. processus de Poisson) comme modèle d'occurrence des événements hydrologiques. En particulier, on veut: i) effectuer une revue des différents types processus ponctuels, des tests statistiques qui peuvent être utilisés pour les différencier, et des logiciels disponibles sur le marché pour effectuer les analyses statistiques correspondantes; ii) identifier les processus ponctuels et les tests qui s'appliquent à des séries de plusieurs types d'événements, par exemple pour modéliser la notion de durée d'un événement (e.g. les étiages); iii) définir des indices de risque adaptés à différents types d'événements. Il s'agit d'une étude préalable au développement d'un logiciel adapté à l'analyse statistique des séries d'événements à l'aide de processus ponctuels / CRDV / Coll.: T. Ouarda; I. Abi-Zeid (chargé de projet CRDV); A. Yagouti.

---

**Peter G.C. CAMPBELL**

### **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 prendre en compte la spéciation du métal ainsi que 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 de l'Ion Libre" (MIL, ou "Free-Ion Model"), compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire, dans des milieux artificiels. Il s'agit ici de tester les limites du MIL dans des conditions réalistes, notamment en ce qui concerne le pH, la salinité, la présence de ligands organiques naturels, et la présence de métabolites de poids moléculaire faible.

Cette validation du modèle fait appel à des expériences de prise en charge ("uptake"), où 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. CRSNG - Subvention pour projet de recherche concerté / Environnement Canada (Plan vert - subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT) / Coll.: B. Hale (U. Guelph), F. Denizeau (UQAM), É. Pelletier (INRS-Océanologie), A. Boudou (U. Bordeaux), É. Dufourc (CRPP - Bordeaux); O. Errecalde, L. Girault, C. Fortin, B. Vigneault

### **Problématique de la santé des écosystèmes**

Les principaux objectifs sont: le développement de la recherche et consolidation d'un réseau à l'Université du Québec en écotoxicologie; l'amélioration de la qualité de la formation aux 2e et 3e cycles en sciences environnementales, par le biais d'échanges de professeur et d'étudiants entre les constituantes et les laboratoires impliqués, et de modifications apportées aux programmes de l'INRS, de l'UQAM et de l'UQAR pour en accroître la complémentarité; le renforcement de l'image de l'Université du Québec

dans le domaine de l'environnement; accroissement de sa compétitivité auprès des candidats aux études avancées et, finalement, le renforcement du réseau de la coopération internationale.

Au sein de l'Université, il existe déjà des collaborations fructueuses entre chercheurs s'intéressant à l'écotoxicologie des métaux. Le présent programme vise à consolider et à compléter ces collaborations, et à les étendre dans une perspective écosystémique. Une telle approche implique nécessairement l'élargissement du champ d'intérêt, pour y intégrer des aspects biogéochimiques et écotoxicologiques et pour prendre en compte une plus grande gamme de contaminants (y compris des contaminants organiques). De plus, grâce aux contacts fréquents avec nos collaborateurs français et suédois, ce programme fait accroître la dimension internationale de nos programmes d'études (stages à l'étranger pour nos étudiants; cours d'appoint donnés par des professeurs visiteurs). Notre objectif ultime est nul autre que de faire de l'Université du Québec, dans ce domaine, la référence québécoise au plan de l'enseignement et de la recherche / UQ-FODAR / Coll.: L. Hare, A. Tessier; É. Pelletier, B. Sundby (INRS-Océanologie); M.R. Laflèche (INRS-Géoressources); S. de Mora, J. Pellerin-Massicotte (Université du Québec à Rimouski); F. Denizeau, M. Fournier, A. Hontela, N. Houde, J. Lafont, F. Sarhan (Université du Québec à Montréal); A. Boudou, E. Dufourc (Bordeaux); H. Tjalve (Uppsala)

### ***Évaluation de l'impact sur la rivière Saguenay des quantités d'aluminium rejetées dans les effluents provenant de l'usine Vaudreuil de la Société d'Électrolyse et de Chimie Alcan Ltée (SECAL)***

La société d'électrolyse et de chimie d'Alcan Ltée opère plusieurs installations dans la région Saguenay - Lac St-Jean. Les installations Alcan à Jonquière et Arvida rejettent des effluents contenant de l'Al dans la rivière Saguenay. La charge en Al totale a été estimée à environ 500 kg/j, dans un volume de 67,000 m<sup>3</sup>/j. L'aluminium rejeté se trouve à la fois en solution et sous forme

particulaire, les proportions relatives variant selon le pH. La concentration moyenne de l'Al dans les effluents serait d'environ 7-8 mg/L.

L'objectif principal de la présente étude est de répondre aux préoccupations de l'Alcan concernant l'impact de ses rejets sur la rivière Saguenay. Le projet implique: i) détermination de la spéciation de l'aluminium dans des échantillons provenant du milieu récepteur (en aval et en amont des installations) et du milieu de référence; ii) la simulation au laboratoire du mélange des effluents avec de l'eau de la rivière Saguenay, et suivi de la spéciation de l'Al après ce mélange; ces essais sont réalisés au laboratoire, en respectant le taux de dilution observé sur le terrain; iii) l'évaluation de la toxicité chronique de l'eau provenant du milieu récepteur en aval des installations (échantillons prélevés dans le panache de l'effluent) / BAR Environmental Inc. / Coll.: R. Roy (Bar Environmental Inc.); S. Prémont

**Métallothionéine comme outil pour déceler des effets délétères provoqués par les métaux toxiques chez les organismes aquatiques; évaluation sur le terrain chez des organismes sentinelles indigènes**

Ce projet vise la mise au point d'un outil qui permettra de prévoir l'apparition, chez des organismes aquatiques indigènes, d'effets délétères provoqués par des métaux toxiques. Les objectifs généraux de ce projet sont: i) d'évaluer l'état de santé des populations d'un organisme sentinelle (*Pyganodon grandis*, mollusque d'eau douce) dans une région fortement influencée par les activités minières, à l'aide de mesures faites à différents niveaux d'organisation biologique (individu; population); et ii) d'élucider des liens entre cet état de santé et la répartition subcellulaire de métaux chez les organismes indigènes, adultes et juvéniles (c.-à-d., leur "metallothionéine status" - rapport  $(\frac{[M]_c - [M]_{mt}}{[M]_c})$ ). L'hypothèse clé à tester est qu'il existe un lien entre la spéciation intracellulaire des métaux (phénomène de "débordement", où la vitesse de bioaccumulation du métal dépasse le taux de

biosynthèse de la métallothionéine et le métal se lie à d'autres sites intracellulaires) et l'apparition d'effets écotoxicologiques délétères aux niveaux des organismes individuels (physiologie) et de la population (reproduction).

La méthodologie retenue implique des études sur le terrain, dans une série de lacs situés le long d'un gradient de contamination en métaux. Dans chaque lac on détermine i) la qualité de l'habitat disponible pour l'organisme sentinelle choisi, *Pyganodon grandis*; ii) l'état de santé de la population indigène de cette espèce; et iii) l'efficacité apparente de la détoxification des métaux chez les organismes adultes, ainsi que les juvéniles (larves), telle que reflétée par la distribution cytosolique des métaux.

Résultats escomptés. Ces travaux permettront d'évaluer le potentiel qu'offrent les métallothionéines comme outil de gestion des risques de la contamination environnementale en métaux pour diverses espèces animales clé de l'écosystème aquatique / CRSNG - projets stratégiques; CANMET; Noranda / Coll.: L. Hare, B. Pinel-Alloul (Université de Montréal), Y. Couillard, A. Giguère

**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 (i) l'exposition aux métaux (Cd, Zn), (ii) la prise en charge de métaux (foie, rein, branchies); (iii) la spéciation intracellulaire des métaux (complexation par la métallothionéine ou par d'autres ligands cytosoliques), (iv) la physiologie des poissons (fonctionnement du système endocrinien), (v) la croissance des

poissons (bilan bioénergétique), et (vi) les effets au niveau de la population (succès reproducteur). À l'INRS-Eau on s'occupe des aspects (i) -> (iii); le secteur (iv) relève du Dr Alice Hontela (UQAM), alors que le domaine (v) est sous la responsabilité du Dr Joseph Rasmussen (McGill). Ce projet, tout comme notre projet portant sur le rôle des mollusques comme espèces bio-sentinelles (CRSNG-Stratégique), devra nous permettre de mieux appréhender les effets réels des métaux comme le Cd et le Zn sur les animaux aquatiques / Association canadienne minière / Ontario-Hydro / (Plan vert - subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT) / Coll.: A. Hontela (UQAM); J. Rasmussen (McGill)

#### ***Biogéochimie: Sédiments***

##### ***Évaluation de la disposition sous l'eau comme option pour stabiliser les résidus miniers sulfureux (Mine Louvicourt)***

La Mine Louvicourt, située près de Val d'Or, est entrée en opération au cours de l'été 1994. Environnement Québec a autorisé la mine à disposer de ses résidus miniers sous l'eau, dans un réservoir artificiel aménagé à cette fin. Afin d'explorer différentes options de fermeture de l'éventuel parc à résidus, on a construit deux cellules expérimentales, sur le bord du réservoir. Ces cellules ont été remplies de résidus miniers dès le début des opérations (été 1995), pour simuler les conditions qui existeront à la fin des opérations minières (~2010). Les deux cellules contiennent des résidus bruts (recouverts de l'eau). Notre équipe est appelée à suivre les réactions géochimiques d'altération qui se produisent à l'interface entre les résidus miniers et l'eau sus-jacente / Golder Associés, Noranda Ltée, Tek Ltée et Ressources naturelles Canada / Coll.: A. Tessier, R. de Vitre, S. Prémont, B. Vigneault

---

#### **Daniel CLUIS**

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

##### ***Regroupement des sols selon leur vulnérabilité aux pertes, suite aux apports de phosphore en relation avec leurs caractéristiques physiques et chimiques***

Le projet vise à exploiter les cartes pédologiques numériques au 1/20000 de la Basse-Yamaska et les descripteurs physico-chimiques qu'elles contiennent. La région considérée comporte 320 unités cartographiques de sols provenant, selon la classification SYScan, de 4 ordres, de 12 grands groupes, de 7 sous-groupes et de 12 classes de granulométrie de sols, ce qui constitue une bonne diversité de situations, représentatives de la Plaine de Montréal. Les descripteurs seront complétés par des nouvelles analyses effectuées sur les échantillons conservés par le Centre de Recherche sur les Terres et les Ressources Biologiques pour caractériser plus précisément la rétention du phosphore. Les résultats seront validés au champ sur 12 fermes choisies, où des mesures spécifiques de fertilité des sols et des pertes en phosphore seront réalisées.

Pour établir des regroupements des sols en classes de comportements semblable quant à leur vulnérabilité aux pertes de phosphore vers les eaux de surface, les étapes suivantes seront réalisées: - établir les capacités de fixation du P sur les échantillons de séries de sols agricoles caractéristiques, couvrant une gamme étendue de textures, tels que recueillis sur les échantillons conservés par le Centre de Recherche sur les Terres (Agriculture Canada) au cours des travaux de cartographie des sols de la région de la Plaine de Montréal. Cette capacité de fixation sera mesurée par contact avec des solutions de teneurs croissantes de phosphore inorganique ou organique et calculée avec l'équation de Langmuir ou par un autre modèle plus approprié selon l'allure des données. Des liens seront établis avec des équations déjà établies pour dégager le

% de saturation des sites. Des équations distinctes seront établies pour les apports de P organique et inorganique; - pour un certain nombre de sols et de classes de richesse en P, évaluer P et Al. Mehlich 3, P. Bray 2, P. Olsen, etc. de façon à établir des courbes de correspondance, spécifiques à chaque sol, permettant d'exploiter l'ensemble des données de fertilité acquises à partir des résultats des tests de sols recueillis historiquement et géo-référencés; - sur 12 fermes, procéder à la mesure des pertes en P par lessivage dans les drains agricoles, par érosion et par ruissellement. Également, effectuer une caractérisation détaillée de la fertilité du site, du niveau de saturation en P, des rendements des cultures et des propriétés physiques pertinentes à l'écoulement préférentiel. Procéder à la caractérisation de la répartition des pertes, en terme de charges (kg/ha), reliés au ruissellement et au lessivage; - identifier les descripteurs pédologiques (texture, aluminium, matière organique, structure) susceptibles de discriminer les classes de comportement des sols à la vulnérabilité des pertes en phosphore vers les eaux de surface. Une analyse discriminante, permettant d'éliminer les caractéristiques non significatives, sera effectuée. Des analyses numériques de classification des sujets (cluster) permettront de séparer les sols en groupes de comportements similaires; - à partir des régressions multiples pertinentes dérivées des caractéristiques chimiques et physiques des sols (discriminants), établir les relations permettant d'évaluer la saturation en P pour l'ensemble des sols supportant des grandes cultures (Tabi et al., 1990) et mettre en relation avec des mesures sur des fermes représentatives des pertes de phosphore par lessivage, érosion et ruissellement; - dans la région de la Basse-Yamaska (Saint-Hyacinthe, Richelieu) où les cartes pédologiques numériques au 1/20 000 existent et ont été intégrées géographiquement avec leurs fichiers de caractérisation des sols, établir la carte du vulnérabilité des sols, en termes de pourcentage de saturation de la capacité de fixation du P / CORPAQ / Coll.: R. Simard, M. Nolin (Agriculture et Agroalimentaire Canada); C. Bernard (CRRS, Agriculture Québec), M.E. Quentin, M.L. Leclerc (CORPAQ, Conseil de recherches en Pêches et Agro-alimentaire du

Québec

***Bilans des flux et des stocks de N et de P comme aide à la gestion intégrée d'un bassin versant agricole: le cas de la rivière Boyer***

En concertation avec les démarches actuelles de restauration de la rivière Boyer, le but du projet est d'effectuer, à partir des caractéristiques physique du bassin et de son utilisation du territoire au niveau des parcelles, une évaluation des intrants phosphorés et azotés, des pertes et des extrants permettant, par la méthode des bilans, d'évaluer l'état des stocks (couche de labour, eaux souterraines, etc...) et des flux, ainsi que les trajets suivis vers les cours d'eau récepteurs. En bref, il s'agit de colliger les données nécessaires et suffisantes pour obtenir une représentation réaliste du mode de fonctionnement du bassin agricole considéré.

Le projet comporte 2 étapes: 1) l'acquisition de données nouvelles, à partir des séries de sol et de systèmes culturaux représentatifs; les pertes en azote et en phosphore sous forme soluble ou associées avec les particules solides exportées à l'extérieur des champs; 2) l'intégration de toutes les données en un bilan annuel vertical et latéral des charges et des flux en éléments nutritifs pour l'ensemble des parcelles culturales (échelle cadastrale) et le développement d'un schéma de transport amont-aval de ces charges vers le cours d'eau et l'intégration géomatique des résultats. La définition des zones les plus vulnérables et l'établissement de scénarios d'intervention / CORPAQ / Coll.: M. Laverdière (Univ. Laval); C. Bernard, S. Tran (MAPAQ); R. Simard (Agriculture Canada)

***Écoulements***

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

Ce projet vise à résoudre, à moyen terme, trois groupes de problèmes: i) dans le

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

---

---

**Jean-Pierre FORTIN**

### ***Hydrologie: Écoulements***

#### ***Estimation de variables de surface au niveau sous-pixel comme entrées à des modèles hydrologiques ou climatiques***

Les objectifs généraux de l'étude sont a) l'estimation de variables de surface à partir de données acquises par un capteur satellitaire de résolution spatiale moyenne mais de fréquence d'acquisition élevée, et b) l'amélioration du positionnement spatial pour des analyses de données multi-temporelles.

En découlent les objectifs spécifiques suivants: a) estimation du pourcentage d'occupation de couvertures du sol variées sur chaque pixel; b) estimation au niveau sous-pixel de la distribution spatiale du couvert de neige au sol et d'autres variables physiques de surface, correspondant à chaque couvert du sol à l'intérieur du pixel, l'albédo par exemple; c) positionnement aussi précis que possible des images pour des entrées multitemporelles dans un modèle hydrologique distribué et utilisant des données géocodées.

Le projet se déroulera en deux phases. Avant le lancement du satellite, les travaux porteront sur des données simulées des capteurs VGT et HRVIR à partir de données TM. Dans la phase post-lancement, les données réelles de ces capteurs seront analysées et comparées en plus avec les données AVHRR, afin d'évaluer les avantages du capteur VGT sur le capteur AVHRR / VEGETATION International Users committee / Coll.: M. Bernier

#### ***Mise au point et utilisation du modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mississipi en Ontario***

Suite à la décision de J.F. Sabourin Associés Inc. de recommander à la Mississipi Valley Conservation Authority l'utilisation du modèle HYDROTEL pour la prévision des crues sur cette rivière de l'Ontario, l'INRS-Eau collabore avec la firme à l'adaptation et à

l'étalonnage du modèle HYDROTEL en vue de préparer les prévisions de débits en différents points de la rivière. Des données obtenues de radars météorologiques et de capteurs sur satellites s'ajouteront aux données aux stations comme données d'entrée au modèle / J.F. Sabourin & Associés Inc. / Coll.: R. Turcotte, A. Royer

***Simulation de crues maximales probables et prévision des apports sur le bassin de la rivière Mitis par le modèle HYDROTEL***

Le projet a comme objectifs a) d'étalonner le modèle HYDROTEL sur le bassin de la rivière Mitis, à des fins d'estimation des crues maximales probables de printemps et d'été-automne et b) prévisions des apports en divers points du bassin de la rivière Mitis au printemps 2000. Ce projet constitue la phase 1 d'un projet devant permettre d'appliquer le modèle HYDROTEL pour la préparation de prévisions hydrologiques sur les bassins gérés par Hydro-Québec / 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 l'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: a) l'observation et la mesure des paramètres de surface affectant le ruissellement et l'érosion sur les sols nus avec les données RADARSAT; b) 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; c) l'observation, l'identification et la cartographie des pratiques culturales 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 aviseur 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

---

---

**Yves GRATTON**

### ***Dynamique des fluides géophysiques***

#### ***Transports sédimentaires par les vagues de surface***

L'objectif de ce projet est de développer un modèle numérique simple et peu coûteux des transports sédimentaires et de la formation des barres sableuses d'avant-côte par le champ de vagues de surface. Nous avons choisi une approche quadri- 3D en appliquant un modèle 2-D le long des rayons du champ de houle. Le problème peut alors être résolu sur un simple ordinateur personnel / CRSNG / Coll.: S. Senneville, B. Karakjewicz (ISMER-UQAR)

#### ***Circulation et mécanismes d'échange dans le fjord du Saguenay***

Les données d'une campagne de mesures menée pendant l'été 1998 sont utilisées pour étalonner un modèle 3-D de la circulation et des processus d'échange dans le fjord du Saguenay. Une des applications sera de calculer les seuils de re-suspension des sédiments dans la baie des Ha! Ha! Et dans le bras nord, suite aux dépôts de nouveaux sédiments amenés par la crue éclair de juillet 1996 / 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. Ce projet est une des composantes JGOFS-France. / 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)

## Landis HARE

### **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 bio-indicateurs. Pour ce faire, il suffit de déterminer la relation entre la concentration du métal dans le milieu et dans le bio-indicateur. Les relations les plus "polyvalentes" sont basées à partir de modèles rationnels, c'est-à-dire de modèles construits à partir de faits biologiques et géo-chimiques, par opposition aux modèles purement empiriques. L'objectif majeur de nos recherches est de développer de tels modèles qui permettent de prédire l'état de contamination des lacs à partir de plusieurs espèces d'invertébrés aquatiques (*Chaoborus*, *Sialis*, etc...). Nos objectifs de recherche spécifiques sont: i) d'expliquer la faible bioaccumulation du Cd dans les lacs hautement acides; ii) de déterminer l'importance relative de l'eau et de la nourriture comme source de métaux traces pour les animaux, iii) d'évaluer l'influence du type de nourriture sur les concentrations en métaux chez le consommateur; iv) 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 / U.S. Environmental Protection Agency / Coll.: A. Tessier

#### **Métaux traces sédimentaires: biodisponibilité, bioaccumulation et toxicité**

L'objectif est d'estimer les contributions relatives de l'eau interstitielle et de l'eau surnageante dans l'accumulation des métaux traces par les organismes benthiques. Cet objectif sera atteint en appliquant deux modèles développés récemment aux mesures effectuées sur le terrain (concentrations de métaux dans l'eau surnageante et interstitielle, dans les

sédiments et les organismes). Le premier modèle (modèle d'AVS) suppose que les organismes benthiques n'accumulent les métaux dans l'eau interstitielle que lorsque la concentration de ces métaux dans les sédiments anoxiques dépasse celle des sulfures volatilisés en acide (AVS). Ce modèle est proposé par l'*Environmental Protection Agency* des EU comme base pour fixer les critères de qualité des sédiments. Le deuxième modèle, développé à l'INRS-Eau, permet de prédire la concentration des métaux dans les organismes benthiques à partir de variables sédimentaires reliées aux concentrations de métaux traces dans l'eau surnageante. Nous nous servons de bacs contenant des sédiments contaminés avec différentes concentrations de métaux (Cd ou Pb / *Environmental Protection Agency* des EU / Coll.: A. Tessier

#### **Processus pour l'accumulation des métaux dans les invertébrés aquatiques**

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 - Association Minière et Hydro-Ontario / Coll.: A. Tessier

**H. Gerald JONES*****Biogéochimie: Eaux atmosphériques******Le rôle du couvert de neige dans les échanges sol-atmosphère***

Cette étude vise à établir le rôle de la neige dans les cycles de l'eau et de l'azote afin d'évaluer l'influence du changement global du climat sur ce rôle. La méthodologie comprend la détermination des mécanismes physiques, chimiques et microbiologiques qui exercent un contrôle majeur sur la transformation et le transfert des composés azotés entre le sol et l'atmosphère, en hiver. Les travaux visent en particulier la dynamique de  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$  et N-organique aux interfaces atmosphère-neige et sol-neige. Les processus physiques présentement à l'étude sont l'évolution thermique du système sol-neige-atmosphère et métamorphisme du couvert de neige, l'interaction neige-vent et la ventilation du couvert, et l'influence de la radiation solaire. Les processus chimiques et microbiologiques comprennent les flux de composés entre l'atmosphère et la neige ( $NO_2$ ,  $HNO_3$  et N-organique, dépôts secs et humides) et entre le sol et la neige ( $N_2O$ ,  $N_2$ ,  $NO$  et émissions gazeuses) en périodes froides et l'activité des populations d'algues pendant la fonte. La méthodologie fait appel aux expériences sur le terrain en milieux forestier et agricole, et en laboratoire avec des simulateurs de couvert de neige / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: T. Davies (Univ. De l'East Anglia, Angleterre); J. Pomeroy, P. Marsh (NHRI, Environnement Canada), M. Tranter (Univ. De Bristol, Angleterre) N.E. Peters (USGS, Atlanta), E. van Bochove (Min. Agriculture et Agroalimentaire Canada

**Marius LACHANCE*****Biogéochimie: Sol (bassin versant)******La minéralogie des sols du RESEF et la solution de sol***

L'augmentation des dépôts atmosphériques acides de sulfates et de nitrates, au cours des 30 dernières années, serait un des facteurs explicatifs du dépérissement de certaines forêts du Québec. Le lessivage accru et l'appauvrissement subséquent en bases conduiraient à une acidification du sol et à une mobilisation accrue de l'aluminium pouvant mener à des conditions adverses de croissance. Récemment le Ministère des Ressources naturelles a évalué, à partir de modèles chimiques (PROFILE et SMB), les charges critiques et dépôts de N et S aux différentes stations du Réseau d'Étude et de Surveillance des Écosystèmes Forestiers (RESEF) du Québec. Cette étude a montré que la charge critique est dépassée dans le sud-ouest et le centre du Québec, suggérant que cette surcharge serait à l'origine d'une diminution de la croissance de l'épinette noire et de l'érable à sucre.

Le projet de recherche consiste donc à vérifier si, dans les érablières du RESEF, les résultats obtenus de la modélisation peuvent être confirmés par des observations effectuées directement sur la solution de sol, la minéralogie et les taux d'altération. Plus particulièrement, le projet de recherche a pour objectifs de: - caractériser la composition de la solution de sol de l'horizon organique et de l'horizon minéral de surface; - déterminer la minéralogie des horizons B et C du sol; - quantifier la solubilité de la matrice minérale afin d'estimer les taux d'altération minérale et de libération des éléments nutritifs; - évaluer l'incidence de la minéralogie du sol sur la composition de la solution de sol et la nutrition des arbres; - confronter les résultats avec ceux produits par modélisation / Min. des Ressources Naturelles du Québec / Coll.:

C. Camiré, J. Duchesne (Univ. Laval);  
R. Ouimet (Min. des Ressources Naturelles)

**Pierre LAFRANCE**

### ***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 bio-géochimie 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 bio-disponibilité); 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

#### ***Analyse hydrogéochimique d'une série chronologique de dosages réalisés sur l'eau***

Le projet vise l'interprétation chimique d'une série chronologique d'analyses d'eaux souterraines prélevées dans des puits de la région de Montréal. Le suivi quotidien de la qualité de ces eaux a été réalisé par la mesure du pH, de la conductivité électrique, des ions caractérisant la salinité d'une eau (sodium et chlorures) ainsi que d'autres anions et cations. Les travaux réalisés sont; 1) vérification de la justesse des dosages réalisés par l'évaluation de l'électroneutralité et du rapport conductivité électrique/100;

2) discussion sur l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau des puits, et; 3) contribution à l'interprétation hydro-géochimique de la composition des eaux / AGEOS

---

---

**Michel LECLERC**

## **Hydrologie: Écoulements**

### **Modélisation du lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent) en vue de la restauration de l'écosystème et des usages de l'eau**

Le projet consiste à implanter un modèle hydrodynamique sur ce milieu en vue d'analyser les schémas de propagation des contaminants d'origine industrielle ou urbaine. Une modélisation lagrangienne (suivi de particules) sera mise en oeuvre en utilisant les résultats hydrodynamiques et en tenant compte de la position des émissaires et des charges rejetées au milieu. Le lac Saint-François présente des conditions d'hydraulicité très particulières dues à la présence de macrophytes en abondance, d'une bathymétrie complexe et à l'influence des ouvrages de génie. Le projet doit tenir compte aussi de l'apport multidisciplinaire (social, économique, biologique, chimique, etc...) des autres équipes participantes / Plan vert en collaboration avec l'Institut de recherche en environnement et économie de l'Université d'Ottawa (programme des 3 conseils du CNRC) / Coll.: Y. Secretan, P. Boudreau

### **Étude hydrodynamique à deux dimensions en conditions de crue de la rivière Montmorency dans le secteur Des llets**

Le projet vise à analyser le transfert des crues dans la rivière Montmorency, dans le secteur de la prise d'eau municipale Des llets de la ville de Beauport. Une étude géomorphologique permettra d'évaluer les taux historiques d'érosion et de recul des berges. Des crues de référence standard (20 ans, 100 ans) et un événement extrême semblable à ceux survenus au Saguenay en juillet 1996 seront étudiées à l'aide du simulateur HYDROSIM. Une étude statistique basée sur les séries partielles de débit permettra d'appliquer le concept de risque. Des scénarios de prévention, d'atténuation et de remédiation seront

considérés / Ville de Beauport / Coll.: B. Doyon, P. Boudreau, M. Heniche, Y. Secretan; M. Lapointe (Université McGill); T. Ouarda

### **Modélisation d'interventions pour la réhabilitation de la Baie de la Faim, lac Saint-François**

Le projet vise à optimiser un concept de réhabilitation des berges submergées de la Baie de la Faim dans le lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent). Les sédiments sableux de la baie ont été massivement érodés par les forts courants fluviaux suite à la construction du canal de Beauharnois au milieu de ce siècle. Aujourd'hui, le fond constitué d'argiles consolidées de la mer de Champlain continue de s'éroder si bien qu'il est devenu impératif de stopper ce processus. Une première étude avait recommandé l'implantation de deux épis dont le rôle était de dévier les courants vers le large en plus de créer des contre-circulation pouvant favoriser la sédimentation. Des difficultés d'implantation liées aux droits de propriété ont entraîné le rejet de la solution. Une nouvelle option à un seul épi prolongé sera étudiée au cours de ce projet / Hydro-Québec / Coll.: P. Boudreau, J. Morin

### **Nouvelles applications environnementales d'hydraulique numérique fluviale**

Le projet consiste à développer des modèles numériques des écoulements à surface libre gravitationnels et/ou induits par le vent dans les lacs et les cours d'eau. Quatre thèmes sont proposés: i) modèle eulérien de transport-diffusion; ii) modèle langragien de transport-diffusion; iii) modélisation des microhabitats; iv) méthodes numériques reliées à ces modèles.

Le projet s'inscrit dans le développement du code HYDREAU, développé au sein de notre groupe. La portée socio-économique du projet est surtout liée aux diverses activités d'aménagement du milieu hydrique / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: Y. Secretan, P. Boudreau, M. Heniche

### **Logiciel Hydrosim (simulateur hydrodynamique)**

Le but du projet est de développer un

simulateur hydrodynamique du milieu fluvial et estuarien comportant les fonctionnalités ou qualités suivantes: couvrant-déouvrant; non-stationnaire, résolution stable, robuste, précise; peu gourmand de mémoire; rapide sur P.C.; utilisant la méthode des éléments finis / Coll.: M. Héniche, P. Boudreau

### **Projet MÉTRIQUE**

Les interventions du type "grandes rivières" s'inscrivent dans le cadre de problématiques touchant la pollution des eaux fluviales et estuariennes, ainsi que les modifications physiques et physico-chimiques affectant les habitats à poisson. Plus précisément, les modèles et les logiciels développés comprennent les modules d'analyse suivants: i) l'advection-diffusion bidimensionnelle eulérienne pour l'analyse de la propagation des eaux de tributaires importants dans une masse fluviale (ex: Yamaska dans le fleuve Saint-Laurent) (*DISPERSIM*); ii) l'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour l'analyse de la propagation d'eaux d'effluents industriels ou urbains dans un cours d'eau (*PANACHE*); iii) la représentation des habitats ichtyofauniques pour la définition de régimes hydrologiques adaptés à leur conservation (*HABIOSIM*).

Ces logiciels sont développés "indépendants de plateforme" selon la philosophie "orientée-objet" avec le langage C++ / Coll.: Y. Secretan, Y. Roy, M. Héniche

### **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. Héniche, 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 Ste-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 Ste-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

***Modélisation intégrée de l'habitat des plantes, des vagues et de l'hydrodynamique en vue de la réhabilitation des berges de l'île aux Chats, lac Saint-François***

Le projet vise à établir un concept de restauration des berges submergées de l'île aux Chats dans le lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent). Les sédiments sont contaminés par le fer à cet endroit et un recouvrement (capage) est prévu afin de soustraire ces sédiments à l'action érosive du fleuve. Le concept proposé est basé sur la modélisation des micro-habitats dans laquelle interviennent les variables abiotiques comme les courants et les vagues. Ces variables sont produites numériquement pour des débits de référence considérés comme structurants pour la présence des sédiments. L'élaboration du concept d'aménagement tient compte de l'objectif d'établissement de conditions abiotiques diversifiées en vue de favoriser la biodiversité future des lieux. Les espèces végétales aquatiques potentielles ont été identifiées dans les secteurs environnants / TecSult / Coll.: J. Morin, P. Boudreau

***Relations dommages-profondeur de submersion pour différentes conditions d'hydraulicité sur les rivières Chicoutimi***

***et aux Sables et lac Kénogami***

Le projet vise à établir une relation fonctionnelle entre les débits et les niveaux d'eau d'une part et les dommages d'inondation en crue sur l'ensemble du réseau hydrographique, plus particulièrement, le lac Kénogami, la rivière Chicoutimi en amont du barrage Chute-Garneau et la rivière aux Sables en amont de Jonquière. Les dommages se limitent au parc résidentiel. Le but ultime est l'établissement d'un plan de gestion pour le lac Kénogami / Ministère Environnement et Faune / Coll.: M. Heniche, Y. Secretan, T. Ouarda, J. Marion

---

---

**Guy MORIN**

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

#### ***Modèle de quantité et de qualité CEQUEAU: passage de l'an 2000***

Modifications du modèle de qualité CEQUEAU pour le passage de l'an 2000 et pour l'adapter à la version 4 du modèle de quantité / Hydro-Québec / Coll.: P. Paquet

### ***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 qualité du modèle hydrologique CEQUEAU pour utiliser quatre chiffres 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 faite à la phase 1 et 2 du projet avec ALCAN. Cet ajustement des paramètres sera faite 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

---

---

**Taha B.M.J. Ouarda**

### ***Hydrologie: Écoulements***

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

### ***Serveur NT-4 avec système Raid***

Acquisition d'un serveur NT-4 à disques durs de stockage de données ainsi que des stations de calculs (workstations) nécessaires pour assurer le déroulement des activités de recherche du candidat et de ses étudiants. En effet, cet appareillage ne représente pas simplement un outil informatique, mais l'appareillage de recherche même, sur le même plan que les installations de laboratoire pour les chercheurs dans d'autres domaines. L'appareillage est utilisé dans le cadre du programme de recherches portant sur l'estimation régionale des variables hydrologiques. Le sujet de l'estimation régionale est d'une importance cruciale au Canada à cause de la grande étendue du pays, de sa diversité physiographique et climatique, et de la faible densité du réseau de mesure / CRSNG - appareillage / Coll.: B. Bobée, M. Haché

---

---

**Peter F. RASMUSSEN**

### ***Hydrologie: Écoulements***

#### ***Modélisation paramétrique et non paramétrique de séries chronologiques en hydrologie***

Pour effectuer une gestion adéquate des ressources hydriques, il est généralement nécessaire de connaître le comportement stochastique des apports. Selon les objectifs, on s'intéresse aux apports journaliers, hebdomadaires, mensuels ou annuels. Le choix de technique de modélisation dépend de l'échelle du temps. Dans ce projet de recherche, on aborde différents sujets reliés à la modélisation, la simulation et la prévision des apports d'eau. On s'intéresse notamment aux points suivants: i) modélisation de séries chronologiques saisonnières; ii) modélisation de séries chronologiques par des méthodes non paramétriques; iii) modélisation de séries chronologiques non autocorrélées / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: B. Bobée, T.B.M.J. Ouarda, M. Haché

**Jean-Louis SASSEVILLE**

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

***Transfert technologique: mise en chantier d'un véhicule complet de développement et de transfert de technologies environnementales (Fonds privés)***

Ce programme de recherche-action en est à sa quatrième année, il s'agit de concevoir et d'implanter un véhicule complet de développement et de transfert rapide de technologies porteuses de développement durable. Ce projet comporte un volet recherche technologique, un volet évaluation technologique ainsi qu'un volet de R&D portant sur les méthodes organisationnelles et financières requises pour soutenir le développement de technologies en demande sur le marché et d'enclencher leur diffusion commerciale. Les travaux ont porté au cours de l'année 1998-99 sur l'évaluation de plusieurs technologies (i.e. système de lecture à distance de consommation d'eau, de gaz et d'électricité, système de distribution et de conservation d'eau potable, ainsi que plusieurs technologies informatiques à haut potentiel de diffusion). Des travaux préliminaires de démonstration visant la mise en place d'une vitrine technologique pour les technologies Metix ont été réalisés et ont donné lieu à un contrat de 250 000\$ avec la Communauté urbaine de Montréal. Enfin l'effort principal a été mis sur le développement de méthodes organisationnelles et financières visant le financement des activités de commercialisation des technologies environnementales / Fonds privés / Coll.: J.P. Villeneuve, J.F. Blais, R.D. Tyagi; M. Grondin La Fe inc.); M. Lounès, S. Lachapelle, M. Lemoine (La FST inc.); L. Barré (Mabarex) et al.

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

Ce ensemble d'activités de recherche est réalisé en vue de préparer un programme structuré de recherche sur le développement

et l'implantation de modèles d'administration publique de l'eau et de politiques de développement durable. Les sujets abordés au cours de l'année 1998-99 ont porté sur le contrôle de la pollution agricole de l'eau, sur la gestion de l'eau par bassin, sur l'efficacité énergétique dans le contrôle de la pollution et sur les usages conflictuels de l'eau en Afrique sub-saharienne. Ce projet a donné lieu à une subvention de 250 000\$ du CRDI sur les usages conflictuels de l'eau en Afrique, projet piloté en collaboration par L'IE inc / Fonds privés / Coll.: Y Maranda (MEF); N. Kibi (Ressources Expert Plus); R. Tremblay (L'IE inc.) et al.

---

---

**Yves SECRETAN**

### **Hydrologie: Écoulements**

#### **Système de modélisation hydro-écologique; développement de logiciels scientifiques**

Le projet permettra de doter les gestionnaires scientifiques de l'environnement oeuvrant dans le secteur privé ou dans les agences gouvernementales d'un outil numérique et intégré pour: i) supporter efficacement la planification, l'évaluation, l'analyse, la mise en oeuvre et/ou le contrôle des interventions sur l'environnement aquatique à l'échelle de tronçons de rivières, fleuves ou estuaires, ii) résoudre localement les conflits d'usages, actuels ou potentiels.

Le projet a pour objectif de compléter le développement et de rendre opérationnelles les composantes logiciels déjà existantes, certaines étant relativement avancées, alors que d'autres sont à l'état embryonnaire / FRDTE - PREE / Coll.: M. Leclerc, P. Boudreau

#### **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

**André TESSIER**

### **Biogéochimie: Sédiments**

#### **Géochimie d'éléments traces dans les sédiments lacustres récents**

On propose d'améliorer un modèle qui permet de prédire la distribution des éléments traces entre les sédiments oxiques et l'eau surnageante. Des mesures *in situ* sont effectuées dans des lacs le long d'un gradient de pH; ces mesures nous permettent d'obtenir des constantes conditionnelles globales de sorption de ces éléments traces sur la matière organique et les oxyhydroxydes de Fe et Mn, en faisant intervenir des concepts de complexation de surface. Ces constantes conditionnelles sont confrontées avec celles calculées à partir de la géochimie des lacs étudiés et des caractéristiques d'adsorption des oxyhydroxydes de Fe et Mn synthétique. Une concordance entre les deux indique quelles phases synthétiques sont les plus utiles pour prédire l'association des éléments traces avec les sédiments lacustres / CRSNG / Subvention de recherche

#### **Vecteurs des métaux traces pour les organismes benthiques en milieu naturel**

Deux modèles sont actuellement considérés par les organismes gouvernementaux pour développer des critères de qualité des sédiments qui soient d'application générale; ce sont le modèle d'AVS (AVS=Acid Volatile Sulfide) qui suggère que le sédiment est la source de métal pour les organismes et le modèle EqP (EqP= Equilibrium partitioning) qui suggère que c'est l'eau surnageante. L'objectif du projet est de déterminer *in situ* lequel de ces deux modèles est le plus approprié pour prédire l'accumulation de Cd et Pb dans des organismes benthiques. Pour rencontrer l'objectif, on contamine artificiellement des sédiments lacustres avec différentes quantités de Cd ou Pb (pour créer un gradient de métal sédimentaire), on les replace au fond du lac et on les laisse coloniser pendant une année par les organismes benthiques du milieu; la concentration des métaux dans l'eau surnageante demeure faible et constante, le

lac agissant comme réservoir infini pour les métaux qui s'échappent des sédiments. En mesurant les concentrations de métaux dans les organismes à la récolte, on peut déterminer la source des métaux / CRSNG-stratégique / Coll.: L. Hare

**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 Pb dans le milieu aquatique et ainsi à évaluer le risque de la contamination du milieu aquatique par ces métaux. 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 petites et dont la fonction est de contrôler la flux de métal de la solution externe jusqu'à la résine. On veut: i) mieux caractériser le transport à travers le gel diffusif; ii) varier la porosité du gel diffusif de façon à obtenir des informations sur la spéciation des métaux; iii) vérifier, l'applicabilité de la technique DGT pour prédire l'accumulation de Cd et Pb par un organisme aquatique *Hyalella azteca* / Initiative de recherche sur les substances toxiques / Coll.: M. Twiss

**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 post-dépositionnelle 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 voltammétriques 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

**Rajeshwar D. TYAGI**

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

**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 erlenmeyers 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)

**Jean-Pierre VILLENEUVE**

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

#### ***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 impliqué 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 Tariim. Les résultats de ces travaux seront utilisés pour élaborer différents scénarios de gestion des eaux. L'équipe du Professeur Villeneuve est en collaboration avec les professeurs: Fortin, Banton et Ouarda 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.: INRS-Eau: J.P. Villeneuve, A.N. Rousseau, A. Mailhot, O. Banton, J.P. Fortin, 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; Saskwate: W. Dybvig

#### ***Modèles mathématiques appliqués***

Les travaux proposés répondent aux préoccupations actuelles concernant les besoins de modélisation et de simulation liés au suivi et au transport des polluants en bassin versant, à l'évolution de l'état des infrastructures urbaines et au contrôle des débordements de réseau d'égout par temps de pluie. Ils ont pour objectif le développement d'outils et d'approches permettant une utilisation optimale des ressources actuellement disponibles tout en assurant la protection de l'environnement.

Les travaux antérieurs ont porté sur le développement d'un outil d'analyse et de simulation de la pollution à l'échelle du bassin versant, sur l'analyse du pouvoir prédictif des modèles, 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

#### ***Gestion intégrée de l'eau des bassins versants à l'aide d'un système informatisé (GIBSI-I)***

GIBSI est un outil informatique qui permet aux gestionnaires de l'eau d'explorer divers scénarios de gestion à l'échelle du bassin versant. Cet outil informatique d'aide à la gestion comprend une base de données (spatiales et attributs), un système d'information géographique (SIG), une base de données relationnelle (BD) et des modèles mécanistes de simulation (hydrologie, érosion des sols et en rivières, transport et transformations de l'azote, du phosphore et de pesticides dans les sols et qualité de l'eau dans les rivières et les lacs). Cet outil permet au gestionnaire d'estimer quantitativement l'impact de différents scénarios d'aménagements du territoire.

Ces outils permettront de juger de la capacité de support des cours d'eau, d'évaluer l'efficacité de programmes d'assainissement, de permettre l'affectation de la ressource hydrique, d'identifier les priorités d'intervention, d'évaluer les bénéfices de programmes de contrôle et d'optimiser les processus de contrôle de pollution diffuse et ponctuelle. Parmi les types de scénarios considérés mentionnons les scénarios agricoles (types d'épandage, cheptel, types de rotation, etc...), de rejets ponctuels (modifications des attributs de rejets, ajout ou élimination de rejets, etc...), de modifications de l'occupation du sol (changements de cultures, déforestation, urbanisation, etc...) et hydrauliques (ajouts ou élimination de barrages, irrigation, etc...) / Ministère de l'Environnement et de la Faune / Coll.: O. Banton, J.P. Fortin, P. Lavallée, G. Morin, Y. Secretan, A. Mailhot, A.N. Rousseau, J.F. Tremblay, R. Turcotte, P. Bolduc, M. Duchemin, M. Roux

### ***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.: M. Leclerc, A. Mailhot, C. Blanchette

## ***Écoulements***

### ***Technologies de l'eau et de l'environnement***

Ce projet de coopération canado-tunisienne a pour objectif le renforcement de la capacité professorale et scientifique de l'équipe d'enseignement et de recherche de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) afin de pouvoir répondre plus adéquatement aux besoins plus spécifiques du secteur privé. Des experts canadiens dans les domaines de l'eau et de l'environnement seront dépêchés en Tunisie afin de collaborer à l'élaboration d'un certain nombre de cours et de matériel pédagogique. Les interventions se feront à trois niveaux: 1) formation initiale; 2) formation continue et 3) stage de professeurs et d'étudiants tunisiens au Canada / ACCC et AUCC / Coll.: O. Banton, M. Bernier, B. Bobée, J.P. Fortin, H.G. Jones, P. Lafrance, M. Leclerc, G. Morin, T. Ouarda, P. Rasmussen, Y. Secretan, A. Mailhot, A.N. Rousseau, autres chercheurs de d'autres universités

## ***Eaux souterraines***

### ***Évaluation de la contamination des eaux souterraines par des sources diffuses en milieu agricole***

Le projet vise à établir une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et à développer les outils nécessaire à son application. Les thèmes suivants sont abordés dans le cadre de ces travaux: 1) étude des processus d'atténuation des contaminants, vérification d'hypothèses sur la mobilité et sur la persistance, 2) méthodes de caractérisation des environnements hydrogéologiques et de la variabilité spatiale des paramètres physiques et hydrodynamiques de la zone non saturée des aquifères, 3) développement d'outils pour l'évaluation de la vulnérabilité,

modélisation du transport dans la zone non saturée et cartographie de la vulnérabilité, 4) intégration des résultats et des outils de gestion développés pour les eaux souterraines à la problématique de la gestion des ressources en eau des bassins versants et interactions entre eaux de surface et souterraines / Fonds FCAR / Coll.: O. Banton, P. Lafrance, P.G.C. Campbell.

### ***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'épinet-te (*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 ont 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

### ***Contrôle***

#### ***Contrôle des débordements des réseaux d'égouts par temps de pluie***

En période d'orage, la gestion en temps réel des réseaux d'égouts apparaît comme une voie efficace et économique pour limiter les débordements de ces réseaux et, par conséquent, limiter la pollution des milieux récepteurs. Les travaux de recherche portent sur: 1) l'introduction d'un modèle hydraulique dans SWIFT capable de simuler la mise en charge des conduites, 2) l'impact des incertitudes sur la prévision de la pluie sur la performance de la gestion et 3) l'utilisation d'éventuelles mesures de débit

en temps réel dans le réseau, afin d'augmenter la robustesse du simulateur-optimisateur SWIFT. Enfin, il est prévu, dans une phase ultérieure, de regrouper les connaissances développées dans un système d'aide à la décision devant aider les gestionnaires de réseaux à utiliser le modèle de simulation et l'assister dans la prise de décision dans la réalisation d'aménagements / CRSNG Stratégique / Coll.: O. Banton, M. Leclerc, A. Mailhot, C. Blanchette, A. Bilodeau, S. Duchesne, E. Marceau, L. Vescovi, A. Ceciu, J.C. Deutsch, P. Lavallée, C. Marcoux

#### ***Contrôle de l'opération des ouvrages d'interception de la Communauté Urbaine du Québec (CUQ)***

Ce projet réalisé conjointement par les Consultants BPR et l'INRS-Eau vise à doter la Communauté Urbaine de Québec (CUQ) d'un système de contrôle des réseaux d'interception et des stations d'épuration qui permette de minimiser les charges polluantes déversées aux cours d'eau en réduisant les débordements des réseaux en temps de pluie et en optimisant le rendement des stations d'épuration. Pour ce faire, divers outils seront développés afin de prévoir les conditions conflictuelles et adverses d'opération, d'identifier et de valider les stratégies d'exploitation permettant de parer à ces situations et de mettre en place, à l'intention de l'opérateur, un outil d'aide à la décision / Communauté Urbaine de Québec (Les Consultants BPR) / Coll.: C. Blanchette, A. Mailhot, P. Lavallée, C. Marcoux

### ***Infrastructures municipales***

#### ***Auscultation et diagnostic des réseaux d'aqueduc et d'égout de la ville de Montréal***

Le projet consiste à identifier l'ampleur des besoins en réhabilitation des réseaux d'aqueduc et d'égout de Montréal et les besoins financiers qui y sont associés. Les principaux objectifs du projet sont: 1) connaître l'état actuel des ouvrages, tant sur le plan fonctionnel que structural, 2) sélectionner les méthodes les plus efficaces d'auscultation et d'appréciation du diagnostic fonctionnel des ouvrages, 3) faire l'évaluation budgétaire des

travaux de remplacement et de réhabilitation, y incluant l'identification du surcoût possible ou des économies potentielles associées à des méthodes innovatrices et 4) établir une planification des travaux à réaliser à court (0-5 ans), moyen (5-10 ans) et long terme (10-20 ans) / Ville de Montréal (CERIU) / Coll.: Les Consultants BPR

---

## 5 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

---

### **Articles publiés dans les revues scientifiques**

Amyot, M., J.D. Lalonde, L. Poissant et D.R.S. Lean (1999).

Mercury in lake Ontario and St. Lawrence river. *Great Lakes Research Review*, 4 (2): 1-4.

Baghdadi, N., C.E. Livingstone et M. Bernier (1998).

Airborne C-band SAR measurements of west snow-covered areas. *IEEE Trans. Geosci. Remot. Sen.*, 36 (6): 1977-1981.

Ballay, D. et J. F. Blais (1998).

Le traitement des eaux usées / Wastewater treatment. *Rev. Sci. Eau*, 11 (no spécial): 77-86.

Bargaoui, Z.K., V. Fortin, B. Bobée et L. Duckstein (1998).

Une approche floue pour la détermination de la région d'influence d'une station hydrométrique / A fuzzy approach to the delineation of region of influence for hydrometric stations. *Rev. Sci. Eau*, 11 (2): 255-282.

Benmoussa, H., R.D. Tyagi et P.G.C. Campbell (1998).

Étude conjointe de la biolixiviation et de la stabilisation de boues de station d'épuration en bioréacteurs de type colonne: effet de la concentration en solides / Simultaneous sewage sludge digestion and metal leaching using an internal loop reactor: Effect of suspended solids concentration. *Water Res.*, 32 (8): 2373-2390.

Bernier, M., J.P. Fortin, Y. Gauthier, R. Gauthier, J.L. Bisson et P. Vincent (1999). Estimation de l'équivalent en eau du couvert nival au moyen d'images radar satellitaires / Estimation of the water equivalent of a snow-pack using spaceborne radar images. *Rev. Sci. Eau*, 12 (2): 407-423.

Bilodeau, A., A. Mailhot et J.P. Villeneuve (1998).

Impact des erreurs de prédiction de la pluie sur le contrôle en temps réel des réseaux d'égouts unitaires. *Can. J. Civ. Eng.*, 25 (5): 844-853.

Charbonneau, P. et L. Hare (1998).

Burrowing behavior and biogenic structures of mud-dwelling insects. *J. N. Amer. Benthol. Soc.*, 17 (2): 239-249.

Craig, A., L. Hare et A. Tessier (1999).

Experimental evidence for cadmium uptake via calcium channels in the aquatic insect *Chironomus staegeri*. *Aquat. Toxicol.*, 44(4): 255-262.

Delay, F., O. Banton et G. Porel (1998).

Modèle d'aide à la gestion des eaux souterraines (MAGES). 1- Théorie du modèle numérique de transport des contaminants / A model to advise on groundwater evaluation and survey (MAGES). 1- Theory of the numerical method for the transport of contaminants. *Comptes rendus de l'Académie des sciences Serie II Fascicule A Sciences de la terre et des planètes*, 327 (4): 253-258.

Delay, F., G. Porel et O. Banton (1998).

An approach to transport in heterogeneous

- porous media using the truncated temporal moment equations: Theory and numerical validation. *Transport in Porous Media*, 32 (2): 199-232.
- Dupont, J., J. Smitz, A.N. Rousseau, A. Mailhot et G. Gangbazo (1998). Utilisation des outils numériques d'aide à la décision pour la gestion de l'eau / Use of digital decision support system tools for water management. *Rev. Sci. Eau*, 11 (no spécial): 5-18.
- Durrans, S.R., T.B.M.J. Ouarda, P.F. Rasmussen et B. Bobée (1999). Treatment of zeroes in tail modeling of low flows. *J. Hydr. Eng. - ASCE*, 4 (1): 19-27.
- El-Awar, F.A., J.W. Labadie et T.B.M.J. Ouarda (1998). Stochastic differential dynamic programming for multi-reservoir system control. *Stoch. Hydrol. Hydraul.*, 12 : 247-266.
- Fortin, C. et P.G.C. Campbell (1998). An ion-exchange technique for free-metal ion measurements ( $Cd^{2+}$ - $Zn^{2+}$ ): applications to complex aqueous media. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 72 (3): 173-194.
- Fournier, D., R. Lemieux et D. Couillard (1998). Essential interactions between *Thiobacillus ferrooxidans* and heterotrophic microorganisms during a wastewater sludge bioleaching process. *Environ. Pollut.*, 101 (2): 303-309.
- Gauthier, Y., M. Bernier et J. P. Fortin (1998). Aspect and incidence angle sensitivity in ERS-1 SAR data. *Int. J. Remote Sens.*, 19 (10): 2001-2006.
- Grenier, L., P. Lafrance et P.G.C. Campbell (1999). An experimental design to probe the interactions of dissolved organic mater and xenobiotics: bioavailability of pyrene and 2,2',5,5' - tetrachlorobiphenyl to *Daphnia magna*. *Chemosphere*, 38 (2): 335-350.
- Haché, M, L. Perreault, L. Rémillard et B. Bobée (1999). Une approche pour la sélection des distributions statistiques: application au bassin hydrographique du Saguenay - Lac St-Jean. *Can. J. Civ. Eng.*, 26 (2) : 216-225.
- Hare, L. et A. Tessier (1998). The aquatic insect *Chaoborus* as a biomonitor of trace metals in lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 43 (8): 1850-1859.
- Kibi, N., J.L. Sasseville, D. Couillard et J.F. Blais (1998). Modélisation multicritère pour l'amélioration de l'efficacité énergétique électrique dans les stations d'épuration des eaux usées municipales. *Vecteur Environnement*, 30 (5): 40-48.
- Lafrance, P. et M. Lapointe (1998). Mobilization and co-transport of pyrene in the presence of *Pseudomonas aeruginosa* UG2 biosurfactants in sandy soil columns. *Ground Water Monit. Remed.*, 18 (4): 139-147.
- Lapointe, M.F., Y. Secretan, S.N. Driscoll, N. Bergeron et M. Leclerc (1998). Response of the Ha! Ha! River to the flood of July 1996 in the Saguenay Region of Quebec: Large-scale avulsion in a glaciated valley. *Water Resour. Res.*, 34 (9): 2383-2392.
- Larocque, M., O. Banton et P. Lafrance (1998). Simulation par le modèle AgriFlux du devenir de l'atrazine et du dééthylatrazine dans un sol du Québec sous maïs sucré / Simulating the fate of atrazine and deethylatrazine in a Quebec soil planted with corn - Application of the AgriFlux model. *Rev. Sci. Eau*, 11 (2): 191-208.
- Marquis, F., C. Camiré et M. Lachance (1999). Distribution des cations basiques et de l'aluminium dans la solution de sol de l'horizon humifère d'une érablière fertilisée: représentativité des extraits de sol saturé à l'eau / Basic cation and Al distribution in Ahe soil solution of fertilized maple stand: representativeness of saturation extracts. *Can. J. Soil Sci.*, 79 (1): 47-55.
- Marsden, R.F. et Y. Gratton (1998).

- Surface pulses in the Lower St. Lawrence Estuary. *Atmos. Ocean*, 36 (3): 271-295.
- McNicol, D.K., M.L. Mallory, C. Laberge et D. Cluis (1998).  
Recent temporal patterns in the chemistry of small acid-sensitive lakes in central Ontario, Canada. *Water Air Soil Pollut.*, 105: 343-351.
- Moisan, Y., M. Bernier et J.M. Dubois (1999).  
Détection des changements dans une série d'images ERS-1 multitudes à l'aide de l'analyse en composantes principales. *Int. J. Remote Sens.*, 20 (6): 1149-1167.
- Morel, F.M.M., A.M.L. Kraepiel et M. Amyot (1998).  
The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 29: 543-566.
- Morin, J. et M. Leclerc (1998).  
From pristine to present state: hydrology evolution of Lake Saint-François, St-Lawrence river. *Can. J. Civ. Eng.*, 25 (5): 864-879.
- Munger, C., L. Hare, A. Craig et P.M. Charest (1999).  
Influence of exposure time on the distribution of cadmium within the cladoceran *Ceriodaphnia dubia*. *Aquat. Toxicol.*, 44: 195-200.
- Ouarda, T.B.M.J., P.F. Rasmussen, J.F. Cantin, B. Bobée, R. Laurence, V.D. Hoang et G. Barabé (1999).  
Identification d'un réseau hydrométrique pour le suivi des modifications climatiques dans la province de Québec / Identification of a hydrometric data network for the study of climate change over the province of Quebec. *Rev. Sci. Eau*, 12 (2): 425-448.
- Ouarda, T.B.M.J., M. Lang, B. Bobée, J. Bernier et P. Bois (1999).  
Synthèse de modèles régionaux d'estimation de crue utilisés en France et au Québec. *Rev. Sci. Eau*, 12 (1): 155-182.
- Ouarda, T.B.M.J., P.F. Rasmussen, B. Bobée et J. Bernier (1998).  
Utilisation de l'information historique en analyse hydrologique fréquentielle / Use of historical information in hydrologic frequency analysis. *Rev. Sci. Eau*, 11 (no spécial): 41-49.
- Perreault, L., M. Haché, M. Slivitzky et B. Bobée (1999).  
Detection of changes in precipitation and runoff over eastern Canada and U.S. using a Bayesian approach. *Stoch. Env. Res. Risk Ass.*, 13 (3): 201-216.
- Porel, G., F. Delay et O. Banton (1998).  
Modèle d'aide à la gestion des eaux souterraines (MAGES). 2- Validation numérique du modèle de transport / A model to advise on groundwater evaluation and survey (MAGES). 2- Numerical validation of the transport model. *Comptes rendus de l'Académie des sciences Serie II Fascicule A Sciences de la terre et des planètes*, 327 (4): 661-667.
- Sasseville, J.L. et G. de Marsily (1998).  
Les sciences de l'eau : présent et futur / The water sciences : present and future. *Rev. Sci. Eau*, 11 (no spécial): 223-241.
- St-Hilaire, A., D. Caissie, N. El-Jabi et G. Morin (1998).  
Évaluation de l'applicabilité d'une méthode statistique aux variations saisonnières des relations concentration-débit sur un petit cours d'eau / Evaluation of the applicability of a statistical technique for determining seasonal variations in concentration-discharge relations in a small watercourse. *Rev. Sci. Eau*, 11 (2): 175-190.
- Twiss, M.R. et P.G.C. Campbell (1998).  
Scavenging of <sup>137</sup>Cs, <sup>109</sup>Cd, <sup>65</sup>Zn and <sup>153</sup>Gd by plankton of the microbial food web in pelagic Lake Erie surface waters. *J. Great Lakes Res.*, 24 (4): 776-790.
- Twiss, M.R. et P.G.C. Campbell (1998).  
Trace metal cycling in the surface waters of Lake Erie: linking ecological and geochemical fates. *J. Great Lakes Res.*, 24 (4): 791-807.
- Vescovi, L., A.N. Rousseau, A. Mailhot et J.P. Villeneuve (1999).  
Modélisation hydro-biochimique du bassin versant de la rivière Saint-Charles: 1. Hydrologie. *Water Qual. Res. J. Canada*, 34 (2): 317-334.

- Vescovi, L., A.N. Rousseau, A. Mailhot et J.P. Villeneuve (1999).  
Modélisation hydrobiologique du bassin versant de la rivière Saint-Charles: 2. Qualité de l'eau. *Water Qual. Res. J. Canada*, 34 (2): 335-360.
- Villeneuve, J.P., P. Hubert, A. Mailhot et A.N. Rousseau (1998).  
La modélisation hydrologique et la gestion de l'eau / Hydrological modeling and water management. *Rev. Sci. Eau*, 11 (no spécial): 19-39.
- Wang, D., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et P. Jolicoeur (1999).  
Changes in subcellular metal partitioning in the gills of freshwater bivalves (*Pyganodon grandis*) living along an environmental cadmium gradient. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56: 774-784.
- Wang, F., D. Couillard, J.C. Auclair et P.G.C. Campbell (1998).  
Effects of alum-treated waste water sludge on barley growth. *Water Air Soil Pollut.*, 108: 33-49.
- Wang, F., A. Tessier et J. Buffle (1998).  
Voltammetric determination of elemental sulfur in pore waters. *Limnol. Oceanogr.*, 43 (6): 1353-1361.
- Warren, L.A., A. Tessier et L. Hare (1998).  
Modelling cadmium accumulation by benthic invertebrates in situ: the relative contributions of sediment and overlying water reservoirs to organism cadmium concentrations. *Limnol. Oceanogr.*, 43 (7): 1442-1454.
- Communications ou publications avec arbitrage**
- Alfaro, C.T., P.Y. Beaulieu et A. Tessier (1999).  
Mesure de Cd, Ni et Cu en milieu lacustre selon la technique DGT. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.
- Alfaro, C.T., L. Hare et A. Tessier (1998).  
Influence of body size on trace metal concentration in the insect *Chaoborus*. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.
- Allan, R., P.G.C. Campbell, B. Conard, G.C. Edwards, B. Hale, A. Hoffer, R.G. Garrett, R. Pierce, R. Prairie, K. Puckett et L. Ritter (1998).  
Metals in the environment (MITE): a research program. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.
- Amyot, M. (1999).  
Changements d'état d'oxydation du mercure dans les écosystèmes aquatiques. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.
- Amyot, M., D.R.S. Lean et G. Mierle (1998).  
Elemental mercury cycling in lake Erie. *IAGLR'98 - 41st Annual Conference on Great Lakes Research*. McMaster University, Hamilton, Ontario, Buffalo, USA, International Association of Great lakes Research.
- Amyot, M., F.M.M. Morel et A.M.L. Kraepiel (1999).  
Effect of surfaces and chloride ions on the oxidation of elemental Hg in water. *V International Conference on Mercury as a Global Pollutant*. Rio de Janeiro, Brésil, 23-28 mai 1999.
- Bernier, M., J.P. Fortin, Y. Gauthier, J. Fitzback, F. Gendron, A. Royer, R. Gauthier, L. Dube et P. Vincent (1998).  
EQ-Eau: an operational monitoring prototype for snow-water equivalent estimation from RADARSAT images. Dans: *PIERS'98: 4ièmes Journées internationales de la polarimetric radar*. Palais des congrès, Nantes, France, 13-17 juillet 1998.

Bernier, M., J.P. Fortin, Y. Gauthier, R. Gauthier, R. Roy et P. Vincent (1999). Méthode opérationnelle d'estimation de l'équivalent en eau de la neige par imagerie RADARSAT pour la gestion des réservoirs du complexe la grande rivière. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux : au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

Blais, J.F. et G. Mercier (1998). Bio-procédés pour l'enlèvement des métaux de divers rejets industriels et urbains. *14e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE) / 21e Symposium international sur le traitement des eaux usées, Réseau Environnement*. Québec, Québec, 26-27 octobre 1998.

Bobée, B. (1999). [Conférencier invité]. Estimation des événements extrêmes de crue par l'analyse fréquentielle: une revue critique. Dans: *Colloque d'Hydrotechnique, 160ième session du Comité Scientifique et Technique - Crues de la normale à l'extrême, précipitations - infiltrations ruissellement, entraînements*, pp. 157-166. Lyon, France, Société Hydro-technique de France, 10-11 mars 1999.

Bobée, B., L. Perreault et P.F. Rasmussen (1999). The Halphen distribution system. *NATO Advanced Research Workshop on Stochastic Models of Hydrological Processes and their Applications to Problems of Environmental Preservation (SM&EP)*, pp. 5-9. Moscou, Russie, 23-27 novembre 1998.

Bordas, F., P. Lafrance, E. Déziel et R. Villemure (1999). Remobilisation du pyrène en colonnes de sol contaminé à l'aide de composés tensioactifs biologiques (rhamnolipides). Dans: *Américana 1999, Salon des technologies environne-mentales des Amériques, Session*

*biotechno-logie environnementale*. Palais des congrès de Montréal, Montréal, Québec.

Campbell, P.G.C. (1998). [Conférencier invité]. Reflections on the state of ecotoxicological research - challenges for the next century. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.

Campbell, P.G.C. (1999). [Conférencier invité]. Évaluation écotoxicologique des effets du cadmium du cuivre et du zinc sur les organismes aquatiques indigènes: étude de cas dans la région de Rouyn-Noranda. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux : au delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

Cantin, S., P. Lafrance, L. Côté et D. Potvin (1998). Caractérisation de l'évolution d'un compost de feuilles mortes et d'herbe de tonte contenant des herbicides. *8th Annual National Conference of the Composting Council of Canada*. Ottawa, Ontario.

Cantin, S., P. Lafrance, D. Potvin et L. Côté (1998). Évolution de caractéristiques chimiques de résidus papetiers lors du compostage en bioréacteurs: effet de l'ajout de lisier de porc. Dans: *Congrès AQSSS-NEFSC*. Université Laval, Ste-Foy, Québec.

Couillard, Y., O. Perceval, A. Giguère, P.G.C. Campbell, L. Hare et B. Pinel-Alloul (1998). Metallothionein as a biomarker for metal contamination and toxic effects in freshwater bivalves: field validation with *Pyganodon grandis* in Abitibi lakes. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.

Coulibaly, P., F. Anctil et B. Bobée (1998). Real time neural network-based forecasting system for hydropower reservoirs. *First International Conference on New Information Technologies for Decision Making in Civil*

*Engineering*, pp. 1001-1011. Montréal, Québec, 11-13 octobre 1998.

Coulibaly, P., P.F. Rasmussen, F. Anctil et B. Bobée (1999).

A recurrent neural networks approach using indices of low-frequency climatic variability to forecast annual runoff. *Annual Meeting of Canadian Geophysical Union*. Banff, Alberta, 9-13 mai 1999.

De Sève, D., M. Bernier, J.P. Fortin et A. Walker (1998).

Spatio-temporal analysis of microwave radiometry of snow cover with SSM/I data in a taïga area. Dans: *Proceedings of the 27th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Tromsø, Norvège, 8-12 juin 1998.

Ferro-Famil, L., T. Landeau, E. Pottier, J. Saillard, J.P. Dedieu, M. Bernier, J.P. Fortin et Y. Durand (1998).

Classification of snow scattering behavior using polarimetric decomposition theorems. Dans: *PIERS'98 : 4ième Journées internationales de la polarimetric radar*. Palais des congrès, Nantes, France, 13-17 juillet 1998.

Fortin, C. et P.G.C. Campbell (1998).

Interactions of silver with a unicellular alga: transport mechanisms through the cell wall and the plasma membrane in relation to chemical speciation. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.

Fortin, C. et P.G.C. Campbell (1998).

Interactions of silver with a unicellular alga: transport mechanisms through the cell wall and the plasma membrane in relation to chemical speciation. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.

Fortin, C. et P.G.C. Campbell (1999).

Prise en charge de l'argent par une algue verte en fonction de la spéciation chimique en présence de chlorures: un cas d'exception au modèle de l'ion libre. Dans: *67e*

*Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

Fortin, J.P., M. Bernier, N. Baghdadi, Y. Gauthier, J.P. Dedieu, R. Gauthier et P. Vincent (1998).

Study of snowpack conditions limiting application of the developed SAR algorithms for water equivalent and wet snow mapping from observed and simulated ERS-1 and RADARSAT backscattering coefficients. Dans: *PIERS'98 : 4ième Journées internationales de la polarimetric radar*. Palais des congrès, Nantes, France, 13-17 juillet 1998.

Fortin, J.P., M. Bernier, Y. Gauthier et R. Turcotte (1999).

Utilisation d'images RADARSAT et VÉGÉTATION comme données d'entrée au modèle hydrologique HYDROTEL pour la prévision des crues de printemps. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

Gamache, M., J.F. Blais, R.D. Tyagi et N. Meunier (1998).

Simultaneous sewage sludge digestion and metal leaching: characterization of heterotrophic microorganisms. *Water Quality International '98, IAWPRC 19th Biennial Conference & Exposition, Proceedings*. Vancouver, Colombie britannique, 21-26 juin 1998.

Giguère, A., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et J. Pellerin (1999).

Validation de la métallothionéine comme indicateur d'effets toxiques chez une moule d'eau douce (*Pyganodon grandis*) en réponse à un gradient de concentration en cadmium dans dix lacs de l'Abitibi. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

- Giry, G., G. Guibaud, L. Chabol, J. Ayele, M. Baudu et P. Lafrance (1998). Évaluation de la mobilité des herbicides simazine et diuron dans un sol. Partie 1: Étude au laboratoire des produits purs et des formulations commerciales. *21e Symposium sur les eaux usées, Forum national sur l'eau potable et les eaux usées*. Québec, Québec.
- Guibaud, G., G. Giry, J. Ayele, M. Baudu, L. Chabol et P. Lafrance (1998). Évaluation de la mobilité des herbicides simazine et diuron dans un sol. Partie 2: Étude sur un site de pomiculture. *21e Symposium sur les eaux usées, Forum national sur l'eau potable et les eaux usées*. Québec, Québec.
- Hare, L. et A. Tessier (1998). [Conférenciers invités]. Importance of burrowing behavior in predicting cadmium accumulation and toxicity to benthic animals. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.
- Hare, L. et A. Tessier (1998). Importance of burrowing behavior in predicting cadmium accumulation and toxicity to benthic organisms. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.
- Hare, L. et A. Tessier (1998). Use of aquatic invertebrates to evaluate bioavailable metal concentrations in lakes. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.
- Laflamme, J.S., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et A. Hontela (1998). Impaired physiological response to stress and high levels of metallothionein in Perch (*Perca flavescens*) from lakes contaminated by heavy metals. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.
- Lafrance, P. (1998). Organic contaminants in runoff and drainage from agricultural practices. *Water : Integrated management of Drainage Basin, Reservoir and Reservoir Fisheries*. University of Toledo, Toledo, Parana, Brésil.
- Lafrance, P. et O. Banton (1999). Influence de pratiques agricoles et de conditions pédoclimatiques sur le rapport dééthylatrazine/atrazine dans les eaux. *Actes du 29e Congrès du Groupe français des pesticides*, (sous presse). Périgueux, France, 17-19 mai 1999.
- Lafrance, P., C. Bernard, N. Drolet et M.A. Simon (1998). Efficacité de différentes largeurs de bandes enherbées pour diminuer les pertes d'herbicides par ruissellement en culture de maïs: premiers résultats. Dans: *Congrès AQSSS-NEFSC*. Université Laval, Ste-Foy, Québec.
- Martin, D., M. Bernier et J.L. Sasseville (1998). A decision making tool for remote sensing technology transfer. Case study: snow cover monitoring for an optimal management of hydroelectric reservoirs. Dans: *Proceedings of the 27th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Tromsø, Norvège, 8-12 juin 1998.
- Munger, C., L. Hare et A. Tessier (1998). *In situ* and laboratory experiments to determine the importance of food as a cadmium source to the aquatic insect *Chaoborus*. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.
- Nolin, M.C., R.R. Simard, A.N. Cambouris, S. Beauchemin et D. Cluis (1998). Variabilité spatiale intraparcélaire de quelques caractéristiques liées à la capacité de fixation du phosphore des sols argileux de la plaine de Montréal (Québec) / Within-field spatial variability of selected P sorption characteristics of clay soils of the Montreal

- Lowlands area (Quebec). *16e Congrès mondial de science du sol*, symposium no 17, enregistrement scientifique no 1441, poster. Montpellier, France, 20-28 août 1998.
- Ouarda, T.B.M.J., B. Bobée et P.F. Rasmussen (1998).  
Étude de la variabilité spatiale des régimes hydrologiques: comparaison de différents modèles d'homogénéité régionale. Dans: *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century - Proceedings of the Abidjan'98 Conference*, E. Servat, D. Hughes, J. M. Fritsch et M. Hulme, (Eds.), pp. 199-205. Abidjan, Côte d'Ivoire, 16-19 novembre 1998. Wallingford, Oxfordshire, U.K., AISH, publication no 252.
- Perreault, L., É. Parent et B. Bobée (1999).  
Bayesian analysis for water resources management: An application of a change-point in hydrometeorological time series. *NATO Advanced Research Workshop on Stochastic Models of Hydrological Processes and their Applications to Problems of Environmental Preservation (SM&EP)*, Moscou, Russie, 23-27 novembre 1998.
- Poissant, L., M. Amyot, M. Pilote et D. Lean (1999).  
Mercury water-air exchange over the Upper St. Lawrence river and the lake Ontario. *V International Conference on mercury as a Global Pollutant*. Rio de Janeiro, Brésil, 23-28 mai 1999.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, R. Turcotte, M. Duchemin, C. Blanchette, M. Roux, N. Etong, J. Dupont et J.P. Villeneuve (1998).  
GIBSI - An integrated modelling system for sustainable river basin management. *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters International Conference*. Vienne, Autriche, 9-11 novembre 1998.
- Roy, R.L., J. Labrie, P.G.C. Campbell, S. Prémont, G. St-Pierre et A. Ayotte (1998).  
Caractérisation de l'aluminium dans la rivière Saguenay. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.
- Royer, I., R.R. Simard et D. Cluis (1998).  
Dynamics of Cu and Zn in a slit loam and in water as affected by hog manure. Dans: *90th Annual meeting ASA/CSSA/SSSA*, pp. 283, div. S11, soils and environmental quality. Baltimore, Maryland, 18-22 octobre 1998.
- Secretan, Y. et M. Leclerc (1998).  
MODELEUR: a 2D hydrodynamic G.I.S. and simulation software. Dans: *Hydroinformatics 98*. Copenhague, Danemark, 24-26 août 1998.
- Tessier, A., L. Hare et L. Warren (1998).  
Cadmium source for benthic invertebrates inferred from an *in situ* experiment: implication for the AVS model. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.
- Tran, T.S., R.R. Simard, G. Barnett et D. Cluis (1998).  
Étude du bilan de l'azote de l'engrais 15N et du lisier de bovins dans les champs sous prairie. Dans: *Congrès AQSSS-NEFSC*. Université Laval, Ste-Foy, Québec, 3-7 août 1998.
- Turcotte, R., A.N. Rousseau, A. Mailhot, J.P. Villeneuve et J. Dupont (1999).  
GIBSI - An integrated modelling system for sustainable watershed management. Dans: *Environmental Permitting Symposium Air & Waste Management Association Symposium & Courses*. Research Triangle Park, Caroline du Nord, 17-19 février 1999.
- Twiss, M.R., J.C. Auclair et M.N. Charlton (1999).  
[Conférenciers invités]. Iron-stimulated productivity in the surface water of eastern and central lake Erie during thermal stratification: an investigation using trace metal clean techniques. Dans: *American Society of Limnology and Oceanography 99*. Santa Fe, Nouveau Mexique, 1-5 février 1999.
- Vescovi, L., A.N. Rousseau, A. Mailhot et J.P. Villeneuve (1998).  
Water quality modeling of the moderately urbanized Saint Charles River basin, Quebec. *Water Quality International '98, IAWPRC 19th Biennial Conference & Expo-*

sition, *Proceedings*. Vancouver, Colombie Britannique, 21-26 juin 1998.

Vigneault, B. et P.G.C. Campbell (1998). Influence of dissolved organic matter (DOM) on the bioavailability of dissolved metals. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.

Vigneault, B., R. de Vitre, A. Tessier et P.G.C. Campbell (1999). Suivi géochimique de résidus miniers sulfureux submergés en réservoirs artificiels contenant une faible profondeur d'eau. Dans: *67e Congrès de l'ACFAS - Sciences et réseaux: au-delà des frontières*. Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, 10-14 mai 1999.

Vigneault, B., A. Percot, M. Lafleur et P.G.C. Campbell (1998). Interactions of humic substances with model biological membranes and phytoplankton surfaces. Dans: *25e Aquatic Toxicity Workshop*. Québec, Québec, 18-21 octobre 1998.

Wang, F., C.T. Alfaro et A. Tessier (1998). Polysulfide and metal speciation in lake porewaters. *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 19th Annual Meeting*. Charlotte, Caroline du Nord, 15-19 novembre 1998.

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

Abi-Zeid, I. et B. Bobée (1999). Modélisation stochastique des étiages par les processus ponctuels. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.

Amyot, M. (1998). Biogéochimie of metals in aquatic systems. *Séminaire*. Regina, Saskatchewan.

Amyot, M. (1998).

The fate of elemental mercury in the St. Lawrence River. Dans: *Conference on the St. Lawrence, St. Lawrence River Institute for Environmental Studies*. Cornwall, Ontario.

Amyot, M. (1998). Light and mercury. Dans: *Desert STORM II: International workshop on natural mercury emissions*. Guelph, Ontario.

Bobée, B. et T.B.M.J. Ouarda (1999). Introduction théorique aux méthodes de détermination des voisinages hydrologiques. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.

El Adlouini, S., B. Bobée, A. Bouziane, M.D. Hasnaoui et T.B.M.J. Ouarda (1999). Estimation des débits de crues. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.

Foreman, M.G.G. et Y. Gratton (1998). Physical oceanography in Canada 1995-1998: A review for the International Union of Geodesy and Geophysics. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, pp. 29.

Gratton, Y., L. Prieur et C. Lafleur (1999). Mesoscale variability in the eastern Alboran Sea in december 1997-january 1998. Dans: *CMOS XXXIII annual meeting*. Montréal, Québec.

Gratton, Y., L. Prieur et C. Lafleur (1999). Variabilité synoptique en mer d'Alboran pendant Almofront 2. Marseille, France.

Hare, L., A. Tessier, C. Munger, M.N. Croteau et I. Roy (1998). Development of theoretically based models for relating metal accumulation by aquatic animals to trace metal concentrations in the environment. Dans: *4th International Workshop in Environmental Sciences "Water Quality and ecotoxicological Risks in St. Lawrence River and Biwa Lake"*. Montréal, Québec.

Joundi, S., T.B.M.J. Ouarda, B. Bobée,

- A. Bouziane, M.D. Hasnaoui et A. Hihl (1999).  
Estimation régionale des débits de crues par la méthode d'analyse canonique des corrélations. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.
- Marsden, R.F. et Y. Gratton (1999).  
Surface pulses in the Lower St. Lawrence Estuary. Dans: *CMOS XXXIII annual meeting*. Montréal, Québec.
- Ouarda, T.B.M.J., M. Haché et B. Bobée (1999).  
Application de l'analyse canonique des corrélations pour la régionalisation des volumes de crues dans le bassin de la rivière Saint-Maurice. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.
- Ouellet, M., Y. Gratton et L. Prieur (1999).  
Characterization of inertial oscillations in the eastern Alborean Sea. Dans: *CMOS XXXIII annual meeting*. Montréal, Québec.
- Poissant, L., M. Pilote, M. Amyot et D. Lean (1999).  
Mercury water-air exchange over the upper St. Lawrence river and the lake Ontario. Dans: *6th Annual International Conference : Sharing knowledge - linking sciences : Transitions in the St-Lawrence River*.
- Riad, S., B. Bobée, A. Bouziane, M. El Youssi, M.D. Hasnaoui et T.B.M.J. Ouarda (1999).  
Détermination des régions homogènes par la méthode des régions d'influence. Dans: *Atelier sur l'estimation des crues et des étiages*. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT), Tunis, Tunisie.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, R. Turcotte, M. Duchemin, C. Blanchette, J. Roux, J. Dupont et J. P. Villeneuve (1998).  
GIBSI : an integrated modelling system for river sustaivalbe river basin management. *Water : Integrated management of Drainage Basin, Reservoir and Reservoir Fisheries*. University of Toledo, Toledo, Parana, Brésil.
- Savenkoff, C., A.F. Vézina, Y. Gratton, D. Blasco et J.P. Chanut (1998).  
Distribution of microplankton assemblages in relation to mesoscale variations in the lower St. Lawrence Estuary (June-July 1990). *Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences*, pp. 26.
- St-Hilaire, S., D. Caissie, N. Eljabi et G. Morin (1999).  
Modelling of dissolved solids in Catamaran Brook. *Atelier sur le ruisseau Catamaran*. Université de Moncton, Moncton, Nouveau Brunswick.
- Villeneuve, J.P., S. Duchesne, A. Mailhot, E. Musso et G. Pelletier (1998).  
État des infrastructures d'eau au Québec. Dans: *Salon des technologies environnementales du Québec 1998, Congrès annuel AQTE/AESEQ*, pp. 68. Réseau environnement.
- Zakardjian, B., Y. Gratton, Y. Lu, I.A. McLaren, S. Plourde, J.A. Runge, J. Sheng et K. Thompson (1999).  
Coupling of the life-cycle of *Cananus finmarchicus* with the hydrodynamics of the Gulf of St. Lawrence-Scotian Shelf System. Vancouver, Colombie-Britannique.
- Zakardjian, B., Y. Gratton, Y. Lu, I.A. McLaren, S. Plourde, J.A. Runge, J. Sheng et K. Thompson (1998).  
Coupling of the life-cycle of *Cananus finmarchicus* with the hydrodynamics of the Gulf of St. Lawrence-Scotian Shelf System. *CMOS annual meeting*. Halifax, Nouvelle-Écosse.

## **Rapports de recherches**

- Asselin, J., T. M. B. Ouarda, V. Fortin et B. Bobée (1999).  
*Une procédure bayésienne bivariée pour détecter un décalage de la moyenne*. Québec, INRS-Eau, 35 pages.
- Bernier, M., J. P. Fortin, Y. Gauthier, A. Royer et M. Lelièvre (1998).  
*Suivi du couvert nival à l'aide des données de RADARSAT - Rapport d'étape 2*. Québec, INRS-Eau, 34 pages.

- Bernier, M., J. P. Fortin, Y. Gauthier, R. Turcotte et A. Royer (1998). *Suivi du couvert nival à l'aide des données de RADARSAT - Rapport d'étape 3*. Québec, INRS-Eau, 45 pages.
- Bernier, M., J. P. Fortin, Y. Gauthier, R. Turcotte et A. Royer (1999). *Méthode opérationnelle d'estimation de l'équivalent en eau de la neige par imagerie RADARSAT. Rapport d'étape 1*. Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple).
- Bernier, M., J. P. Fortin, Y. Gauthier, R. Turcotte et A. Royer (1999). *Suivi du couvert nival à l'aide des données de RADARSAT - Rapport final*. Québec, INRS-Eau, 56 pages.
- Blais, J. F. (1998). *Étude préliminaire du procédé SRABIOX pour le pré-conditionnement et la stabilisation des boues d'épuration municipales*. Québec, INRS-Eau, 102 pages.
- Blais, J. F. (1998). *Étude préliminaire du procédé SRABIOX pour le pré-conditionnement et la stabilisation des boues secondaires de papetières*. Québec, INRS-Eau, 74 pages.
- Boudreau, P., M. Leclerc, J. Morin et D. Bouchard (1998). *Optimisation de la solution à épi visant la restauration de la plage de Baie de la Faim, lac Saint-François*. Québec, INRS-Eau, 45 pages.
- Fortin, J. P., M. Bernier, S. Lapointe, Y. Gauthier, D. De Sève et S. Beaudoin (1998). *Estimation of surface variables at the sub-pixel level for use as input to climate and hydrological models*. Québec, INRS-Eau, 96 pages.
- Fortin, V., J. Bernier et B. Bobée (1998). *Détermination des crues de conception*. Québec, INRS-Eau, 103 pages.
- Fortin, V., M. Haché, F. Désiles et B. Bobée (1999). *Manuel d'utilisation du logiciel HYFRAN-Pro 1.0*. Québec, INRS-Eau, 46 pages.
- Guay, J. F., P. F. Rasmussen, M. Slivitzky et B. Bobée (1998). *Les oscillations climatiques à moyenne fréquence: causes possibles, mécanismes et effets connus au Canada et au Québec*. Québec, INRS-Eau, 74 pages.
- Haché, M., A. Bouchard, J.F. Cantin et B. Bobée (1998). *Pré-validation des données hydrométriques horaires en temps réel*. Québec, INRS-Eau, 36 pages.
- Heniche, M., Y. Secretan et M. Leclerc (1999). *Projet MÉTRIQUE: Système de modélisation hydroécologique à l'échelle de tronçons de rivière pour la gestion intégrée de la qualité de l'eau, des usages et de l'écosystème aquatique. Guide d'utilisation de Modeleur/Hydrosim, document Hydrosim 1.0a06*. Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple)
- Larocque, M., O. Banton, A. N. Rousseau, R. Labchir, P. Lafrance, F. Granger et J. Bédard (1999). *Évaluation des pertes en phosphore agricole à l'environnement*. Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple).
- Leclerc, M., B. Doyon, M. Heniche, Y. Secretan, M. Lapointe, S. Driscoll, J. Marion et P. Boudreau (1998). *Simulation hydrodynamique et analyse morpho-dynamique de la rivière Montmorency en crue dans le secteur des Îlets*. Québec, INRS-Eau, 134 pages.
- Ondo, J.C., T.B.M.J. Ouarda et B. Bobée (1999). *Revue de littérature des procédures bayésiennes pour la détection d'observations singulières*. Québec, INRS-Eau, 123 pages.
- Ouarda, T.B.M.J., M. Haché et B. Bobée (1998). *Régionalisation des événements hydrologiques extrêmes*. Québec, INRS-Eau, 1 volume, 181 pages. *Rapport confidentiel*.
- Ouarda, T.B.M.J., M. Haché, P. Rasmussen et B. Bobée (1998). *Risque et fiabilité en hydrologie*. Québec, INRS-Eau, 153 pages. *Rapport confidentiel*.

- Rasmussen, P. F., V. Fortin, M. Slivitzky et B. Bobée (1999).  
*Impact des oscillations climatiques à basse fréquence sur les apports des rivières québécoises: étude statistique exploratoire.* Québec, INRS-Eau, 62 pages, 1 annexe. Rapport confidentiel.
- Rasmussen, P.F., M. Haché, B. Bobée et L. Fagherazzi (1998).  
*Modélisation stochastique des apports naturels.* Québec, INRS-Eau, 136 pages. Rapport confidentiel.
- Roy, Y. et Y. Secretan (1999).  
*Projet MÉTRIQUE : Système de modélisation hydroécologique à l'échelle de tronçons de rivière pour la gestion intégrée de la qualité de l'eau, des usages et de l'écosystème aquatique. Guide d'utilisation de Modeleur/Hydrosim, document Modeleur 1.0a06.* Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple)
- Secretan, Y. et M. Leclerc (1998).  
*Projet MÉTRIQUE : bilan scientifique, rapport d'étape no 4: Système de modélisation hydroécologique à l'échelle de tronçons de rivière pour la gestion intégrée de la qualité de l'eau, des usages et de l'écosystème aquatique. Note technique: Efficient ILU preconditioning and inexact-Newton-GMRES to solve the 2-D steady shallow.* Québec, INRS-Eau, 53 pages.
- Villeneuve, J. P., J. Baudrant, A. Martin, A. N. Rousseau, A. Mailhot, R. Turcotte, C. Blanchette, M. Duchemin, M. Roux, N. Etong, S. Trépanier et D. Maheu (1998).  
*Projet GIBSI : Guide de l'utilisateur du logiciel GIBSI, juillet 1998.* Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple) .
- Villeneuve, J. P., J. F. Blais, M. Chartier, G. Mercier et G. Roberge (1998).  
*Valorisation du mâchefer de l'incinérateur de déchets municipaux de la CUQ en technique routière. Suivi environnemental du mâchefer de l'incinérateur de la Communauté urbaine de Québec - Rapport d'étape no 3.* Québec, INRS-Eau, 34 pages, 6 annexes.
- Villeneuve, J. P., J. F. Blais, M. Chartier, G. Mercier et G. Roberge (1999).  
*Valorisation du mâchefer de l'incinérateur de déchets municipaux de la CUQ en technique routière. Suivi environnemental du mâchefer de l'incinérateur de la Communauté urbaine de Québec - Rapport final préliminaire.* Québec, INRS-Eau, 94 pages, 3 annexes.
- Villeneuve, J. P., J. F. Blais, M. Chartier, G. Mercier et G. Roberge (1999).  
*Valorisation du mâchefer de l'incinérateur de déchets municipaux de la CUQ en technique routière. Suivi environnemental du mâchefer de l'incinérateur de la Communauté urbaine de Québec - Rapport final.* Québec, INRS-Eau, 124 pages, 5 annexes.
- Villeneuve, J.P., C. Blanchette, M. Duchemin, N. Etong, D. Maheu, A. Mailhot, A. N. Rousseau, M. Roux, S. Trépanier et R. Turcotte (1998).  
*Projet GIBSI: Rapport synthèse, juillet 1998.* Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple) .
- Villeneuve, J.P., C. Blanchette, M. Duchemin, A. Mailhot, A.N. Rousseau, M. Roux, S. Trépanier et R. Turcotte (1998).  
*Projet GIBSI: Document relatif aux commentaires du Comité de suivi du projet, décembre 1998.* Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple) .
- Villeneuve, J. P., S. Duchesne, A. Mailhot, E. Musso et G. Pelletier (1998).  
*Évaluation des besoins des municipalités québécoises en réfection et construction d'infrastructures d'eaux (Rapport final).* Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple) .
- Villeneuve, J. P., S. Duchesne, A. Mailhot, E. Musso et G. Pelletier (1998).  
*Synthèse des rapports INRS-Urbanisation et INRS-Eau sur les besoins des municipalités québécoises en réfection et construction d'infrastructures d'eaux.* Québec, INRS-Eau, 50 pages.
- Yagouti, A., T.B.M.J. Ouarda et B. Bobée (1999).  
*Étude des tests de séries d'événements pour l'analyse du risque.* Québec, INRS-Eau, 94 pages.

Yagouti, A. (1998).  
*Heuristiques et biais dans la prise de décision*. Québec, INRS-Eau, 34 pages.

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

Beaulieu, P.Y. (1999).  
*Vérification d'une méthode DGT pour mesurer les métaux traces et son utilisation in situ comparée à la dialyse in situ* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 98 pages  
**Directeur: André Tessier**

Cantin, S. (1998).  
*Caractérisation de l'évolution de composts et de lixiviats: relations avec le processus de compostage et la qualité des eaux* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 184 pages  
**Directeur: Pierre Lafrance**

Craig, A. (1998).  
*La bioaccumulation du cadmium chez la larve de l'insecte aquatique Chironomus staegeri Lundbeck: Distribution interne et mécanisme d'entrée*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 116 pages  
**Directeur: Landis Hare**  
**Co-directeur: André Tessier**

Duchaine, D. (1998).  
*Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution (par l'intégration d'un SIG), de la télédétection et d'un modèle mathématique* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 83 pages  
**Directeur Olivier Banton**  
**Co-directrice: Monique Bernier**

Faucher, D. (1999).  
*Estimation non paramétrique des quantiles de crue par la méthode des noyaux* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 164 pages  
**Directeur: P.F. Rasmussen**  
**Co-directeur: B. Bobée**

Hamza, A. (1999).  
*Estimation régionale des débits d'étiage de la province de Québec* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 157 pages  
**Directeur: B. Bobée**  
**Co-directeur: T. Ouarda**

Landry, I. (1998).  
*Analyse par géomatique des bilans et des flux d'azote et de phosphore dans un bassin versant agricole: le cas de la rivière Boyer* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 139 pages  
**Directeur: D. Cluis**

Lapointe, S. (1999).  
*Traitement subjectif de l'incertitude par la théorie des possibilités: Application à la prévision et au suivi des crues* [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 231 pages.  
**Directeur: B. Bobée**  
**Co-directeur: P.F. Rasmussen**

Marcotte, C. (1998).  
*Déshydratation des cendres traitées et de résidu métallique lors de la décontamination des cendres volantes d'incinérateur de déchets municipaux* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 136 pages.  
**Directeur: D. Couillard**  
**Co-directeur: J.F. Blais**

Martin, D. (1998).  
*Outil d'aide à la décision dans les transferts de technologies satellitaires - Étude de cas: suivi du couvert nival pour la gestion des réservoirs hydroélectriques* [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 2 parties  
**Directrice: M. Bernier**  
**Co-directeur: J.L. Sasseville**

Martin, M. (1999).  
*Estimation de la valeur économique des ressources en eaux souterraines de la région située au nord de Montréal* [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 203 pages  
**Directeur: R. Marceau**  
**Co-directeur: O. Banton**

Meunier, N. (1999).

*Évaluation du potentiel de production de protéases bactériennes à partir de boues d'épuration municipales* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 168 pages

**Directeur: R.D. Tyagi**

Munger, C. (1999).

*La nourriture comme source de cadmium chez la larve de l'insecte Chaoborus (Diptera) en milieu aquatique* [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 151 pages

**Directeur: L. Hare**

Néron, R. (1999).

*Effets des UV-B sur la cinétique de libération des métaux traces (Cd) complexés par la matière organique* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 88 pages

**Directeur: J.C. Auclair**

Roy, I. (1998).

*Importance relative de l'eau et de la nourriture comme source de cadmium chez la larve de l'insecte Sialis Velata (Megaloptera)* [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)], Québec, Université du Québec. 51 pages

**Directeur: L. Hare**

### ***Publications diverses***

Blais, J.F., N. Meunier, J.L. Sasseville, R.D. Tyagi et G. Mercier (1999).

*Procédé hybride de décontamination des boues d'épuration municipales*. Québec, INRS-Eau, 1 volume (pagination multiple).

Brimley, B., J.F. Cantin, D. Harvey, M. Kowalchuk, P. Marsh, T.B.M.J. Ouarda, B. Phinney, P. Pilon, M. Renouf, B. Tassone, R. Wedel et T. Yuzyk (1999).

*Establishment of the reference hydrometric basin network (RHBN)*. Québec, Environnement Canada, 41 pages.

Rousseau, A.N. et A. Trudel (1998).

*Conservation and sustainable utilisation of natural resources in the Tarim river basin project, China Progress reports and action items: WBS 310 - water uses, 321-325 water resources database, WBS 330 - water resources management model*. Québec, INRS-Eau, 9 pages, 2 appendix.

Rousseau, A. N. et A. Trudel (1999).

*Conservation and sustainable utilisation of natural resources in the Tarim river basin project, China - Mission progress report and action items for WBS 300*. Québec, INRS-Eau, 7 pages, 4 appendix.

***Statistiques des publications et communications  
publiées durant l'année 1998-1999***

Rapport annuel	1
Articles publiés dans des revues scientifiques	47
Communications ou publications avec arbitrage	56
Communications ou publications sans arbitrage	22
Rapports de recherche	33
Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	15
Publications diverses	4
<b>TOTAL</b>	<b>178</b>



## 6 SÉMINAIRES ET COLLOQUES

---

En 1998-1999, 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" (présentée 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. BERNIER**

"Le modèle linéaire statistique: essai de réponse à quelques objections faites à son encontre dans les études d'environnement"  
17 septembre

### **M. GARMOUMA**

"Étude du transfert des herbicides et de certains métabolites sur le bassin versant de la Marne (France), modalités et essai de bilan"  
23 octobre

### **P. LUNDAHL**

"Étude d'impact du canal Cayor au Sénégal"  
30 octobre

### **C. GOBEIL**

"L'abondance relative des isotopes stables du plomb comme traceur dans la zone côtière canadienne"  
27 novembre

### **A. BARDOSSY**

"L'application de la méthode floue en hydrologie"  
22 janvier

### **L. POISSANT**

"Substances toxiques aéroportées dans la vallée du Fleuve Saint-Laurent"  
12 février

### **C. MARCOUX**

"L'application du contrôle temps réel pour la gestion des réseaux"  
26 février

### **R. KOZEL**

"Présence de l'herbicide atrazine dans les eaux souterraines en Suisse (situation générale et étude des cas)"  
9 avril

### **M. BENOIT**

"Questions de recherche et méthodes pour la maîtrise des lixiviations nitriques d'origine agricole"  
9 avril

### **J. NICELL**

"Enzyme catalyzed polymerization and precipitation of phenols from industrial wastewaters"  
16 avril

### **M. HOEPFFNER**

"Utilisation des prévisions saisonnières des pluies en Afrique tropicale pour améliorer la gestion des aménagements hydrauliques et développer la production agricole"  
20 avril

### **E. ELTAHIR**

"Recent progress in long-range hydrologic forecasting"  
23 avril

### **R.Y. SURAMPALLI**

"Pathogen and pathogen indicator reduction in municipal biosolids systems"  
30 avril



## 7 SERVICES

---

### ***Administration***

L'année 1998-99 s'est déroulée dans un contexte de restriction financière et a été marquée par des difficultés de plus en plus grandes à financer les projets de recherche du Centre. Ces difficultés ont des conséquences sur les activités du service de l'administration. Entre autres, on doit faire face à un plus grand mouvement de personnel nécessitant un suivi plus important des contrats d'employés, à un contrôle serré des dépenses et à la production et à l'évaluation périodique des états financiers de projets.

De plus, la situation financière précaire de certains de nos commanditaires nous oblige à porter une attention spéciale au recouvrement des comptes à recevoir. À cet effet, des efforts additionnels ont été déployés pour recouvrir les sommes dues et les résultats se sont avérés satisfaisants.

Enfin, mentionnons que le service de l'administration a réussi à améliorer sa performance en réduisant le temps de travail nécessaire pour effectuer toutes les tâches du service ce qui s'est traduit par une réduction du personnel. L'amélioration constante des méthodes de travail a sans doute contribué à cette réduction.

### ***Documentation***

En 1998-1999, "réseautage" et efficience accrue ont été les mots d'ordre au Service de la documentation. Signalons par exemple, la continuation des efforts de concertation entre les services de documentation de l'INRS, principalement par la coordination du comité INRSDOC, et la représentation de ces services auprès, soit du Comité des bibliothèques de l'Université du Québec, soit de l'équipe de développement de SV3. Nous avons aussi collaboré à la mise sur pied d'un regroupement des bibliothèques spécialisées du Parc Technologique du Québec métro-politain (PTQMBIB). Cette association a pour objectif de mettre en commun les compétences et expériences,

ainsi que de permettre un meilleur accès documentaire sur une base locale.

D'autre part, le service a mis en route au printemps 1999, un audit interne pour revoir son fonctionnement et les genre et qualité des services qu'il offre en fonction des besoins des chercheurs et des budgets disponibles. Cette opération s'étendra sur plusieurs mois et devrait déboucher sur une optimisation des ressources humaines et informationnelles.

Parmi les autres projets d'importance, signalons notre collaboration à la gestion du site web d'un symposium international sur la nordicité, tenu à Québec en février 1999.

### ***Informatique***

Le Centre offre aux équipes de recherche divers réseaux de télécommunication inter-reliés, adaptés aux besoins évolutifs des chercheurs, une gamme de serveurs, de plate-formes de développement performantes et diversifiées, un accès au courrier électronique et à Internet, l'accès à deux sites Web ainsi qu'à diverses banques d'information tant internes qu'externes. Il offre aussi des services modernes de bureautique et de téléphonie.

Le Service informatique assure notamment le développement et le support des réseaux de télécommunication, la gestion des plate-formes informatiques communes et des accès à celles-ci, la gestion et le support du laboratoire informatique des étudiants, la gestion du système téléphonique, des photocopieurs et des télécopieurs (FAX). 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, quoique restreinte, est très polyvalente. Outre le responsable, qui s'occupe entre autre de la gestion des télécommunications et de l'implantation de la base de données, un analyste en

informatique, qui oeuvre aussi au sein d'une équipe de recherche, est responsable de la gestion et du support du courrier électronique, des stations UNIX et des serveurs NT4. Un agent de bureau est responsable du support informatique auprès des services du Centre et des chercheurs du Carrefour Molson: installation, mise-à-jour et support des logiciels courants, modification et entretien des postes de travail; il s'occupe aussi de la facturation des services rendus. Un agent technique offre les mêmes services, sur une base ponctuelle, aux usagers du complexe scientifique. 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, en plus de participer activement à l'entrée des données dans la base. Sur une base temporaire, une technicienne en informatique voit au développement des modules de la base de données du Centre. La fonction bureautique est assurée par trois secrétaires rattachées aux équipes de recherche et deux oeuvrant dans les services du centre.

Au bilan des réalisations, notons l'implantation de Windows NT4 sur les postes de travail des différents services du Centre et l'ajout de deux serveurs NT. La base de données s'est enrichie de modules de gestion touchant l'informatique et les télécommunications. Côté Internet, l'installation de la fibre optique entre l'Université du Québec, le Complexe scientifique et le Carrefour Molson, autant que le fractionnement du trafic sur les réseaux locaux ont pris un peu de retard, mais nous avons bon espoir que les solutions seront mises en place à l'automne qui vient.

Concernant la conformité des équipements et logiciels à l'an 2000, la phase de recherche des maillons faibles est terminée, les équipes de recherches ont été sensibilisées et les solutions sont dans plusieurs cas en voie de réalisation. Le tout sera complété dans les délais requis.

## **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 inter-laboratoires 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

radioiso-topes, 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 1999

<b>REVENUS</b>		
Total des revenus institutionnels		3115
Autres revenus		324
Subventions de recherche		
CRSNG	814	
FCAR	105	
Autres sources	882	
Total des subventions		1801
Contrats de recherche		1582
<b>TOTAL DES REVENUS</b>		<b>6822</b>
<b>DÉPENSES</b>		
Recherche et enseignement		4631
Soutien à la recherche et à l'enseignement		
Frais généraux d'administration	632	
Documentation et édition	217	
Direction du Centre	104	
Informatique	200	
Laboratoire	261	
Terrains et bâtiment	984	
Total soutien à la recherche et à l'enseignement		2398
<b>TOTAL DES DÉPENSES</b>		<b>7029</b>
<b>SURPLUS (DÉFICIT)</b>		<b>-207</b>

## DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x1000)

Pour l'exercice terminé le 31 mai 1999

		Salaires, avantages sociaux et bourses	Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel	Services professionnels, contractuels et publics; loyer	TOTAL
Recherche & enseignement	F-3	1772	49	62	1883
	F-4	1721	525	502	2748
Frais généraux d'administration		291	94	247	632
Documentation et édition		168	43	6	217
Direction du Centre		98	5	1	104
Informatique		149	4	47	200
Laboratoires		205	29	27	261
Terrains et bâtiments		0	3	981	984
<b>TOTAL</b>		<b>4404</b>	<b>752</b>	<b>1873</b>	<b>7029</b>

## DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE

