

**INRS-EAU**

**VINGT-QUATRIÈME RAPPORT ANNUEL**

**1ER JUIN 1992 AU 31 MAI 1993**



**VINGT-QUATRIÈME RAPPORT ANNUEL**

**Institut National de la Recherche Scientifique, INRS-Eau  
2800, rue Einstein, Case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7**

**Novembre 1993**



# TABLE DES MATIÈRES

1	RAPPORT DU DIRECTEUR .....	1
2	RESSOURCES HUMAINES .....	5
3	RECHERCHE .....	9
3.1	Hydrologie .....	9
3.1.1	Aménagement des bassins versants .....	9
3.1.2	Écoulements .....	14
3.2	Biogéochimie .....	21
3.2.1	Eaux de surface .....	21
3.2.2	Eaux souterraines .....	23
3.2.3	Eaux atmosphériques .....	27
3.2.4	Sédiments .....	28
3.2.5	Sol (bassin versant) .....	35
3.2.6	Ichtyologie - Étude et gestion des habitats .....	36
3.2	Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales .....	37
3.3.1	Boues .....	37
3.3.2	Rejets miniers .....	40
3.3.3	Contrôle .....	41
3.4.4	Métaux .....	49
4	ENSEIGNEMENT .....	51
4.1	Maîtrise en sciences de l'eau .....	51
4.1.1	Étudiants inscrits à la maîtrise en 1992-1993 .....	51
4.1.2	Étudiants diplômés en 1992-1993 (Maîtrise en sciences de l'eau) .....	54
4.2	Doctorat en sciences de l'eau .....	55
4.2.1	Étudiants inscrits au doctorat en 1992-1993 .....	55
4.2.2	Étudiante diplômée en 1992-1993 (Doctorat en sciences de l'eau) .....	59
5	PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS .....	61
5.1	Articles publiés dans des revues scientifiques .....	61
5.2	Communications avec arbitrage ou sur invitation .....	64
5.3	Communications sans arbitrage .....	71
5.4	Publications sans arbitrage .....	71
5.5	Rapports de recherche .....	72
5.6	Rapport interne .....	75
5.7	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise .....	75
5.8	Publications diverses .....	76
5.9	Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1992-1993 .....	77
6	SÉMINAIRES ET COLLOQUES .....	79
7	AUTRES ACTIVITÉS .....	81
7.1	Coopération scientifique .....	81
7.2	Collaborations externes .....	83
7.3	Participation aux activités d'autres organismes ou comités .....	84
7.4	Revue scientifique .....	86
7.4.1	Revue des sciences de l'eau .....	86
7.4.2	Participation à des comités de rédaction .....	86

7.5	Visiteurs .....	87
7.6	Associations professionnelles .....	87
7.7	Activités internes au sein de l'INRS et de l'Université du Québec .....	89
8	SERVICES .....	91
8.1	Organisation des laboratoires .....	91
8.2	Informatique et bureautique .....	92
8.3	Documentation et édition .....	94
9	RAPPORT FINANCIER .....	95

# 1 RAPPORT DU DIRECTEUR

---

## Faits saillants

Plusieurs événements significatifs ont marqué l'année 1992-1993, tant au plan de la recherche que de l'enseignement et de l'administration. À la suite de la révision de la programmation scientifique du Centre, il a été possible de finaliser notre plan de développement à court, à moyen et à long terme. Des démarches ont été entreprises pour la mise en place d'un programme de maîtrise professionnelle et de formation continue, et nous avons obtenu l'établissement d'une chaire en hydrologie statistique à l'INRS-Eau. Subventionnée conjointement par le CRSNG et par Hydro-Québec, cette chaire associe des chercheurs d'Hydro-Québec et de l'INRS-Eau sous la gouverne du professeur Bernard Bobée, titulaire de la chaire.

Par ailleurs, dans le cadre de la demande FCAR Centres de recherche, l'INRS-Eau a fait l'objet d'une évaluation positive conduisant ainsi au renouvellement de la subvention. Un tel résultat vient confirmer la pertinence de la mission du Centre et encourager les efforts de ses chercheurs. Quant au plan de développement, il a conduit à évaluer, pour l'horizon 1998, les besoins en professeurs qui seront de 29 et les besoins en locaux d'environ 10 000 m<sup>2</sup>.

La poursuite de deux importants projets de recherche financés par des Appels publics à l'épargne (APE) a entraîné un niveau très important d'activités. Ces travaux portent sur les boues d'épuration et les résidus miniers ainsi que sur des modèles simulant les écoulements et le transport de certains types de pollution en rivières. Ils impliquent presque la moitié des ressources humaines du Centre. Ces travaux contribuent à l'accroissement rapide de connaissances et permettent aux chercheurs concernés de se positionner à la fine pointe des transferts technologiques dans ces domaines.

Les activités de recherche se sont poursuivies dans les domaines définis dans la programmation scientifique du Centre. Une nouvelle activité prévue dans la programmation a pu démarrer rapidement, elle porte sur l'ichtyologie et sur

l'étude et la gestion des habitats de poissons. Au total, plus de 92 projets de recherche étaient en cours cette dernière année.

L'enseignement universitaire a motivé une part importante des activités réalisées à l'INRS-Eau. En effet, le Centre a accueilli 40 étudiants au doctorat et 27 à la maîtrise. De ce nombre, 14 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise, ce qui constitue le groupe le plus important depuis la création de ce programme. Le nombre d'étudiants qui a gradué a été de 11 à la maîtrise et de 1 au doctorat. La mise sur pied d'un programme de formation professionnelle adapté et souple a reçu l'aval du corps professoral. Cette formation répondra à un besoin de spécialisation de jeunes scientifiques et de ressourcement pour des scientifiques en milieu de travail.

L'année 1992-1993 a aussi été marquée par l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé la somme de 4 848 890\$. Ces sommes sont équivalentes à 61% des dépenses du Centre pour l'année 1992-1993. Ces revenus extérieurs proviennent de subventions pour un montant de 2 042 940\$ et de contrats de recherche pour un montant de 2 629 472\$. Les principaux organismes subventionnaires qui nous ont soutenus sont le fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR), 313 310\$; le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), 1 244 616\$; le ministère de l'Environnement du Québec, 217 629\$; et différents ministères et organismes fédéraux et provinciaux, 267 385\$. Les contrats de recherche viennent de différentes sources, notons entre autres: le ministère de l'Environnement du Canada, 119 996\$; Hydro-Québec, 136 348\$; la firme BPR et la Communauté urbaine de Québec, 67 735\$; SPAR-Aérospatial, 21 069\$ et F. Bernard Inc., 29 980\$.

Deux autres faits méritent d'être soulignés: d'abord l'implication des professeurs pour défrayer une part de plus en plus importante des frais indirects de la recherche a permis au Centre, une fois de plus, de terminer l'année avec un excédent significatif des revenus sur les dépenses; puis la

nomination de trois nouveaux professeurs messieurs Olivier Banton, Pierre Lafrance et Landis Hare qui se sont joints à notre équipe à titre de professeurs réguliers.

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*. Notons que la rédaction et l'édition de cette revue sont rendues possibles grâce, en particulier, à l'aide financière du fonds FCAR.

En février 1993, des espaces supplémentaires ont été acquis au Carrefour Molson (664 m<sup>2</sup>). Cependant, les besoins en espaces de laboratoire restent entiers. La séparation des équipes de recherche continue à soulever des difficultés pour un Centre dont la dynamique interne se veut essentiellement interdisciplinaire.

## 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 actuellement 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:

**A - 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 statis-

tique 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 les 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, tant au niveau local que régional ou continental. En outre, des approches comme la théorie de la décision, l'analyse du risque, le contrôle optimal et les systèmes experts ouvrent de nouvelles applications.

**B - Biogéochimie:** Les recherches dans ce programme visent (i) 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, (ii) l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances, et (iii) la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire; organisme individuel; population; communauté). Menés aussi bien au 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 d'hydrologie (modélisation des écoulements). D'autres travaux visent à définir des méthodes d'évaluation des risques liés à la présence de contaminants dans l'environnement. Il s'agit d'étudier les mécanismes de bioaccumulation des contaminants et de leur détoxification, et d'identifier des indicateurs biochimiques de "stress environnementaux". Les recherches sur la dynamique des éléments nutritifs

portent sur les cycles du soufre et de l'azote dans les écosystèmes forestiers et lacustres, milieux fortement perturbés par l'augmentation des apports atmosphériques. Des études particulières sont consacrées aux transformations de ces éléments dans la neige et le sol.

**C - 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'accent 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", il existe ici des liens inter-programme importants. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons de nouveau le lien avec le programme B. 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 qui touchent 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 et d'égouts sanitaires.

## Conclusion

Le Centre INRS-Eau a connu une excellente année en termes d'activités scientifiques et d'enseignement. Nous avons maintenu comme objectif prioritaire, l'application de nos travaux à la solution des problèmes qui touchent notre société et nous avons continué nos efforts pour la formation de chercheurs et de spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement. Nous avons procédé à l'élaboration de la programmation scientifique du Centre. Les projets d'APE ont amené une activité fébrile en R&D et transfert technologique. Nous avons aussi réussi, grâce aux efforts soutenus des chercheurs, à dépasser nos objectifs budgétaires. Il demeure toujours une ombre majeure au fonctionnement harmonieux du Centre: la localisation du personnel du Centre en deux lieux différents et le manque d'espace de recherche. Au cours de la prochaine année nous poursuivrons nos efforts pour la solution du problème des locaux et nous planterons le programme de maîtrise professionnelle.

Le directeur du centre INRS-Eau

Jean-Pierre VILLENEUVE



## 2 RESSOURCES HUMAINES

---

### **Directeur**

Jean-Pierre VILLENEUVE

Jacques BUFFLE

Université de Genève, Suisse

### **Professeurs réguliers**

Jean-Christian AUCLAIR

Olivier BANTON

Bernard BOBÉE

Peter G.C. CAMPBELL

Richard CARIGNAN

Daniel CLUIS

Denis COUILLARD

Pierre COUTURE<sup>1</sup>

Jean-Pierre FORTIN

Landis HARE

H. Gerald JONES

Marius LACHANCE

Pierre LAFRANCE

Michel LECLERC

Guy MORIN

Marcel OUELLET

Jean-Louis SASSEVILLE

Michel SLIVITZKY

Jean STEIN

André TESSIER

Rajeshwar D. TYAGI

Jean-Pierre VILLENEUVE

Georges CAVADIAS

Consultant pour organismes internationaux,  
Montréal

Lucien DUCKSTEIN

University of Arizona

Donald M. GRAY

University of Saskatchewan

Dieter KLUEPFEL

Centre de recherche en microbiologie appli-  
quée, Institut Armand-Frappier

James R. KRAMER

McMaster University, Hamilton

Pierre LAVALLÉE

ASSEAU Inc., Montréal

Gendron Lefebvre, Consultants, Montréal

Richard MARCEAU

ENAP, Sainte-Foy

Alain R. PESANT

Agriculture Canada, Lennoxville

Réjean SAMSON

Institut de recherche en biotechnologie-CNRC

Régis R. SIMARD

Agriculture Canada, Sainte-Foy

Ivo TOROMANOFF

Lulea University of Technology, Sweden

### **Chargé de cours**

Jean-François MARTIN

Université Laval

### **Associés de recherche contractuels**

Jean-François BLAIS

Richard De VITRE

### **Professeur émérite**

Michel SLIVITZKY

### **Professeurs sous octroi**

Louis BERNATCHEZ

Monique BERNIER

### **Chercheur universitaire**

Peter Funder RASMUSSEN

### **Professeurs ou chercheurs invités**

Christian AMBLARD

Université Blaise-Pascal, France

Fahim ASHKAR

Université de Moncton, Nouveau-Brunswick

Jacques BERNIER

Ancien ingénieur en chef, EDF, Consultant

---

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

Denis GRATTON<sup>1</sup>  
 Danielle MARCEAU<sup>1</sup>  
 Louis MATHIER  
 Francisco PADILLA  
 Yves SECRETAN

**Agents de recherche contractuels**

Louis-Marie BARRETTE  
 Jérôme BENOIT<sup>1</sup>  
 Jacynthe LAREAU  
 Marie-Josée L'HEUREUX  
 Guy MERCIER  
 Pierre PAQUET  
 Luc PERREAULT

**Stagiaires postdoctoraux**

José BÉCHARA  
 Juan Antonio GARCIA  
 Laurent GRANIER  
 Nassiba HAMMOU  
 Miguel Angel HUERTA-DIAZ<sup>1</sup>  
 Salvador JORDANA  
 Rabia LEB CIR  
 Alain MAILHOT  
 Jean-Philippe RABOUD  
 T.R. SREEKRISHNAN  
 Louise ST-CYR<sup>1</sup>  
 Milutin STOJANOVIC  
 Panchabi VAITHIYANATHAN<sup>1</sup>

**Professionnels réguliers**

Jean LACROIX  
 Lise POTVIN  
 Stéfane PRÉMONT  
 Christiane RENAUD  
 Jocelyne ROBERGE  
 Wanda SOCHANSKI

**Professionnels contractuels**

Claude BLANCHETTE  
 Jean-Daniel BOURGAULT

**Assistants de recherche contractuels**

Michel BOIES<sup>1</sup>  
 Paul BOUDREAU  
 Jacques BOURGET  
 Myriam CHARTIER  
 Pierre CHOUNARD  
 Josée FITZBACK

Stéphane FORTIER  
 Céline GAUTHIER  
 Yves GAUTHIER  
 Guy GENEST  
 François GINGRAS  
 André HOUDE  
 Marc HUGHES  
 Marie LAROCQUE  
 Bernard LEBLANC  
 Eleine LEBLANC  
 Ronxuang LI  
 Khalil MAMOUNY  
 Serge MASSICOTTE  
 Nathalie MEUNIER  
 Martin MONTMINY  
 Jean NOLET  
 Pierre PAQUET  
 France PELLETIER  
 Hugues PERRON  
 Serge PROULX  
 Emmanuelle QUENTIN  
 Guy ROBERGE  
 Peter ROHAC<sup>1</sup>  
 Esther SALVANO  
 Denis SIMARD<sup>1</sup>  
 Daniel TESSIER  
 Cyrille THILLOY  
 Guy TREMBLAY  
 Pascale VACHON

**Agent technique de laboratoire**

Paul BOISVERT

**Techniciens réguliers**

Denise DOYON-PAQUET  
 Pauline FOURNIER  
 Michelle GEOFFROY  
 André PARENT  
 Bernard VEILLEUX

**Techniciens contractuels**

Claude BÉDARD  
 Danielle BOULANGER  
 Martin LANGLOIS<sup>1</sup>  
 Yves MARCHAND  
 Chantal PAQUIN  
 Brigitte PATRY  
 René RODRIGUE  
 Sylvie ST-PIERRE

**Agent métiers et services**  
André VILLENEUVE

**Agents de bureau réguliers**  
Elaine PARENT  
Alain POIRIER  
Lise RAYMOND  
Isabelle ST-JACQUES

**Agents de bureau contractuels**  
Johanne DESROSIERS  
Jean-Léon DOYON  
Suzanne DUSSAULT  
Ginette LÉGARÉ  
Lucie MERCIER  
Claire MIGNEAULT

**Stagiaires de recherche contractuels**  
Marie-Renée DOYON  
Langis GAGNON  
Céline GAUTHIER  
Isabelle LÈVESQUE  
Gaétan ROY<sup>1</sup>

**Stagiaires de recherche externes**  
Stéphanie BAZIN  
Hakim CHAMBAZ  
Sandrine GARDET  
Vanthona OUY  
Guy PAYEUR<sup>1</sup>  
Fabienne SURATEAU

**Stagiaires étudiants d'été**  
Sophie BÉDARD  
André BERNIER  
Charline BOURQUE  
Sophie CANTIN  
Linda CARPENTIER  
Angelo CHOUINARD  
Dominique DOYON  
Lise DUPUIS  
Dominique FILION  
Nicolas GRAVEL  
Martin HANDFIELD  
Elizabeth MARCEAU  
Christian MARCOUX  
Carl MATHIEU  
Jean MORIN  
Dany PIGEON  
Kathleen POULIOT

Martine PROULX  
Elizabeth RAINVILLE  
Marie ROY  
Yves ROY  
Christine SAUVAGEAU  
Nathalie SAVARD  
Patrick VERVONDEL  
Bernard VIGNEAULT  
Yi WANG

**Étudiants à la maîtrise**

François AUBÉ, boursier CRSNG  
Suzie BÉLANGER  
Sylvie BRASSARD  
Miroslav CHUM  
Édouard CISHAHAYO, boursier Burundi  
Isabelle COTÉ, boursière CRSNG  
Pierre D'ARCY  
Ginette DEVARENNES  
Vincent FORTIN, boursier CRSNG  
Pierre GAGNÉ, boursier FCAR  
Stéphan GAGNON  
Martin GAMACHE, boursier FCAR  
Jean GAUTHIER  
Joël GAUTHIER, boursier FCAR  
Marie-Claude GUIMOND, boursière CRSNG  
Mario HACHÉ, boursier CRSNG  
Suzanne LAVOIE, boursière CRSNG  
Sylvain MARTINEAU  
Catherine MUNGER, boursière CRSNG  
Jacinthe PAQUET  
Lise RANCOURT, boursière CRSNG  
André VACHON  
Pascale WENDLING

**Étudiants libres (maîtrise)**

Marc AMYOT (Université de Montréal)<sup>1</sup>  
Bernard ANGERS (Université de Montréal)  
Joël DÉSY (Université de Montréal)  
Christiane FLESSAS (Université de Montréal)<sup>1</sup>

**Étudiants au doctorat**

Irène ABI-ZEID, boursière FCAR  
Djilali BENMOUFFOK  
Hamel BENMOUSSA  
Paul BOUDREAULT, boursier FCAR  
Bernard BOULANGER, boursier CRSNG  
Oscar CAMARA-DURAN  
Raynald CHASSÉ, boursier FCAR  
Yves COUILLARD, boursier CRSNG

Albert CRAIG  
Louise DESCHÊNES, boursière FCAR  
Marie-Hélène DE SÈDE  
Marième DIALLO, boursière Francophonie  
Bernard DOYON  
Yangguang DU  
Marc DUCHEMIN  
Mohammed ESSADAoui  
Diane FOURNIER, boursière Eco-Recherche  
Daniel HOULE, boursier FCAR  
Julien HOUNTIN  
Nlombi KIBI  
Riva KUNDE  
Rachid LABCHIR  
Claude LABERGE, boursier CRSNG-FCAR  
René LAFLEUR

Yves LEFEBVRE, boursier FCAR  
Yvon MARANDA  
Patrick MARCEAU  
Michel MARTIN, boursier FCAR  
Hacène MESSAOUDI  
Jocelyn OUELLET  
B.R. RAVISHANKAR  
Agnès RENOUX  
René ROY  
Robert ROY, boursier FCAR  
Frédéric SHOONER  
Maria de Lourdes TIRADO MONTIEL  
Michael TWISS, boursier CRSNG-FCAR  
Éric VAN BOCHOVE  
Fenghai WANG  
Kevin WILKINSON, boursier FCAR

## 3 RECHERCHE

---

Dans le cadre de la programmation sexennale de l'INRS-Eau pour la période 1988-1994, des orientations et axes de recherche sont définis pour mieux refléter la réalité des activités du Centre. Les activités scientifiques sont regroupées en trois grands domaines de recherche:

- l'hydrologie
- la biogéochimie;
- l'assainissement, contrôle de la pollution et 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.

### 3.1 Hydrologie

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 des

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, tant au niveau local que régional ou continental.

#### 3.1.1 Aménagement des bassins versants

##### 3.1.1.1 Mise au point de techniques de caractérisation standardisées pour les effluents d'élevage

Responsable: Daniel CLUIS

Collaborateurs: F. BERNARD  
ANALEX  
Khalil MAMOUNY

Description et objectifs: Il s'agit d'un projet soumis en réponse à un appel d'offres du MENVIQ dans le cadre de PARDE-3. Il touche les régies des élevages intensifs, les pertes à l'environnement dans la chaîne des bilans N-P-K, les méthodes analytiques de mesures et les plans d'échantillonnage des entreposages pour créer une banque de données documentées et standardisées.

Financement: Ministère de l'Environnement du Québec (assainissement agricole) et F. Bernard inc.

##### 3.1.1.2 Évaluation régionale et locale de la contribution des activités agricoles en matières fertilisantes provenant des fumiers et lisiers

Responsable: Daniel CLUIS

Collaboratrice: Emmanuelle QUENTIN

**Description et objectifs:** Introduire et développer la géomatique au Service de l'assainissement agricole:

- acquisition et installation de la station de travail;
- acquisition et installation de données cartographiques;
- réalisations techniques de l'année financière 1990-1991.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE)

### 3.1.1.3 Effet à long terme de l'épandage de fumier sur le potentiel de rétention du phosphore des sols

**Responsable:** Daniel CLUIS

**Collaborateurs:** Régis SIMARD<sup>1</sup>  
Alain PESANT<sup>1</sup>  
Emmanuelle QUENTIN

**Description et objectifs:** Ce projet de recherche vise à établir et cartographier l'état actuel de saturation en phosphore des sols du bassin de la rivière Beauvillage sur lesquels des déjections animales ont été épandues à des taux élevés depuis de nombreuses années, de modéliser le potentiel de rétention du phosphore par le sol et d'évaluer son niveau dans les sédiments de la rivière.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE)

### 3.1.1.4 PROGERT, Projet de recherche pour l'observation et la gestion des ressources terrestres

**Responsable:** Jean-Pierre FORTIN

**Collaborateurs:** Danielle MARCEAU  
Denis GRATTON

**Description et objectifs:** PROGERT est un projet mobilisateur de recherche et développement dont le but est de mettre au point et commercialiser un ensemble d'outils de télédétection et de géomatique pour faciliter la gestion des ressources terrestres, en priorité la forêt. Cet ensemble d'outils servira à recueillir des données au moyen de satellites, de capteurs aéroportés et de relevés terrestres, à analyser, traiter et interpréter les images et finalement intégrer le tout dans un système d'information géographique.

Divers participants industriels, universitaires et gouvernementaux assureront la réalisation des sous-projets de PROGERT. L'INRS-Eau contribue à la réalisation des sous-projets suivants:

- sp. 11: Analyse des besoins et des techniques existantes (télédétection et géomatique).
- sp. 14: Cueillette de données d'expérimentation.
- sp. 16: Formation.
- sp. 20: Exigences techniques des capteurs.
- sp. 22: Identification des résolutions spatiales optimales.
- sp. 39: Développement des méthodes d'accentuation d'images.

**Financement:** Fonds de développement technologique du Québec, SNC, SPAR AÉROSPATIALE, HAUTS-MONTS RECHERCHE

### 3.1.1.5 Méthodes statistiques multidimensionnelles dans l'étude des phénomènes hydrologiques

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Description et objectifs:** Les objectifs du programme de recherche sont:

- 1) développer et adapter des méthodes statistiques multidimensionnelles au domaine de l'environnement aquatique et analyser la complémentarité de certaines méthodes d'analyse de

<sup>1</sup> Voir la liste des collaborateurs classée par organisme à la page 50.

données (analyses factorielles, analyses en composantes principales et classification hiérarchique);

- 2) mettre au point des méthodes comportant un système d'aide à la décision permettant d'effectuer une ordination et une classification de données environnementales et éventuellement de modéliser des phénomènes présentant une structure temporelle (données longitudinales) ou spatiale, ou les deux à la fois.

Pour atteindre le premier objectif, on procédera à une étude comparative des méthodes multidimensionnelles (méthodes françaises et américaines) en abordant les aspects opérationnels des méthodes (vérification des hypothèses, validité des modes de représentation, influence des transformations préalables) et leur applicabilité aux données environnementales. Entre autres, on poursuivra une étude comparative des méthodes d'analyse de tableaux à trois dimensions. Pour la réalisation de l'objectif 2, on procédera aux activités suivantes: élaboration de différents algorithmes de contrainte de voisinage; intégration de ces algorithmes dans des programmes de classification existants; élaboration d'un certain nombre de règles d'inférence guidant l'utilisateur dans les méthodes de classification; couplage d'un programme de système expert avec un programme de classification; rodage et validation du modèle.

Les retombées de ce programme de recherche se traduiront par la mise à la disposition d'utilisateurs ou de gestionnaires en environnement de méthodes statistiques adéquates et mieux adaptées à la solution de problèmes de synthèse et d'analyse de vastes ensembles de données et de rationalisation de l'acquisition de l'information. Les méthodes de classification qui seront développées auront de nombreuses applications notamment en télédétection, en foresterie et en océanographie, etc...

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.1.6 Développement de cartes thématiques sur l'habitat du poisson aux Iles-de-la-Madeleine

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Collaborateurs:** Marc CRISPIN  
Ghislain VERREAULT<sup>c</sup>

**Description et objectifs:** Le projet consiste à élaborer et à mettre en opération un système informatisé d'aide à la décision (SIAD) permettant une planification intégrée de la gestion de l'habitat du poisson et des ressources halieutiques. La méthodologie sera appliquée au milieu littoral du secteur des Iles-de-la-Madeleine.

On intègre, dans un système d'information géographique (SIG) un ensemble d'informations concernant les ressources halieutiques et les caractéristiques environnementales du milieu. On développe et met au point un système expert permettant d'intégrer ces données et de fournir de l'information thématique sur l'habitat du poisson. Cette méthodologie conduit à la production d'un plan de zonage permettant de définir les modes d'intervention (conservation, protection, restauration) du milieu aquatique.

**Financement:** Ministère des Pêches et Océans du Canada

### 3.1.1.7 Validation des données relatives aux concentrations de métaux dans l'eau des rivières du Québec

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Collaborateur:** Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** Le mandat du présent projet est de réaliser un traitement statistique des données concernant les métaux et de rédiger un rapport faisant état de la validité de ces dernières. Il s'agit plus précisément:

- d'utiliser un fichier de base (stations témoins et principales, environ une cinquantaine couvrant la période de 1978 à 1992) fourni par la DQCE et incluant les résultats d'analyse des métaux (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn);
- de faire un historique de l'évolution des méthodes analytiques utilisées et de leurs limites de détection;

- de présenter graphiquement l'évolution globale dans le temps des limites de détection et des résultats d'analyse pour l'ensemble des stations et ce, pour chaque métal;
- de réaliser l'analyse des tendances temporelles pour chaque métal, dans un premier temps pour l'ensemble des stations et, dans un deuxième temps, pour les stations regroupées par région hydrographique;
- et, donner un avis scientifique sur la validité des méthodes et des résultats d'analyse.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec

### 3.1.1.8 Synthèse et analyse des connaissances relatives aux ressources naturelles du parc marin du Saguenay

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Description et objectifs:** Les objectifs du projet consistent à:

- à produire un document résumant les connaissances sur le milieu naturel et les usages du territoire susceptible d'influencer son évolution naturelle;
- de produire un document de gestion identifiant les priorités de conservation, permettant d'orienter le zonage, la mise en valeur et les interventions sur le milieu;
- de procéder à une saisie numérique des entités géographiques et produire des cartes thématiques synthétisant l'information spatiale.

**Financement:** Environnement Canada et Argus Groupe-Conseil Inc.

### 3.1.1.9 Élaboration d'une méthodologie d'analyse de données écologiques

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Description et objectifs:** Le mandat consiste à développer un outil statistique fonctionnel d'analyse et de classification des polygones cartographiques issus de la cartographie écologique. Cette procédure repose sur les méthodes multidimensionnelles d'analyse des données (analyse factorielle multiple, classification ascendante hiérarchique). La procédure développée permet un regroupement objectif des polygones cartographiques en unités écologiques et facilite le découpage précédemment effectué en utilisant un processus manuel.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec

### 3.1.1.10 Projet Sainte-Marguerite - avant projet phase I - étude des répercussions du détournement de la rivière aux Pékans sur le saumon de la Rivière Moisie

**Responsable:** Michel LECLERC

**Description et objectifs:** Le projet vise à analyser numériquement l'impact d'une réduction éventuelle du débit de la rivière Moisie sur la disponibilité d'habitat pour le saumon atlantique. Cette réduction serait consécutive au détournement de la rivière aux Pékans vers la rivière Sainte-Marguerite. La méthodologie utilisée est du type "modélisation des micro-habitats". Dans le cas présent, celle-ci s'appuie sur les résultats d'un modèle numérique aux éléments finis couvrant-découvrant appelé MEFLU, modèle qui a été développé conjointement avec la firme TAO Simulations et l'Université Laval.

Le projet consiste à:

- choisir des sites représentatifs de la Moisie et implanter MEFLU sur ceux-ci;
- procéder à une analyse de sensibilité à l'hydraulicité du cours d'eau;
- traduire les données physiques en données de biota selon la valeur du milieu pour le saumon atlantique en phase de croissance juvénile et de frai;

- établir la relation entre la disponibilité d'habitats (aires acceptables) et l'hydraulicité du cours d'eau;
- définir la récurrence statistique actuelle et future des débits pertinents aux fonctions biologiques de référence.

**Financement:** Hydro-Québec - Direction Environnement - collaboration avec TAO Simulations inc. et Gilles Shooner et Associés (consultant principal)

### 3.1.1.11 Modèle prédictif de quantité et qualité de l'eau en rivière comme support à la gestion environnementale

**Responsable:** Guy MORIN

**Collaborateurs:** Denis COUILLARD  
Daniel CLUIS                      H. Gerald JONES  
Wanda SOCHANSKI              Daniel NOLIN

**Description et objectifs:** L'objectif de cette recherche est de développer des sous-modèles mathématiques permettant d'estimer l'évolution dans le temps et dans l'espace, de certains paramètres de qualité de l'eau pour des conditions naturelles ou aménagées d'un bassin versant. Les sous-modèles de qualité seront couplés au modèle hydrologique CEQUEAU. Les paramètres à modéliser sont la température de l'eau, les solides en suspension, les solides dissous, l'azote total, le phosphore total, les sulfates et le mercure. La présente étude portera principalement sur les grands bassins versants du nord québécois.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Hydro-Québec)

### 3.1.1.12 Processus d'infiltration de l'eau de fonte de la neige dans un bassin couvert d'une sapinière

**Responsable:** Jean STEIN

**Collaborateur:** Serge PROULX

**Description et objectifs:** L'objectif du programme est de comprendre les processus hydrologiques qui déterminent le positionnement des eaux de fonte printanière pour des bassins de tête forestiers situés en forêt boréale. L'objectif du projet est de déterminer l'effet du refroidissement nocturne de la température de l'air sur l'infiltration de l'eau de fonte sur l'hydrogramme.

**Hypothèse de recherche:** La couverture de la neige, réduite par les conditions atmosphériques printanières, ne protège pas suffisamment le sol contre le gel causé par les basses températures nocturnes (<-10°C). L'eau gelée à la surface du sol diminue la capacité d'infiltration, et par conséquent, l'écoulement de l'eau augmente à la surface. Un sous-modèle de transfert de la masse et de la chaleur va être utilisé pour simuler les effets dynamiques du gel-dégel sur l'infiltrabilité du sol. Les effets du gel-dégel sur les propriétés hydrologiques et thermiques du sol seront déterminés *in situ*. Les données recueillies *in situ* permettront de développer et de vérifier le modèle.

**Importance:** Cette recherche devrait améliorer les connaissances hydrologiques nécessaires au développement d'un modèle mathématique (mécanismes) qui pourra simuler et prédire le cheminement d'eau pendant la fonte printanière à l'échelle du bassin versant. La simulation va servir d'infrastructure de prédiction d'un modèle géochimique, applicable à la forêt boréale. La combinaison du modèle mathématique avec les processus chimiques permettra d'évaluer l'impact de la fonte des neiges sur la faune aquatique et l'écosystème forestier. Par conséquent, nous serons capables de mieux répondre à ces questions:

- 1) Quel est l'impact des dépôts atmosphériques sur la qualité de l'eau d'une forêt boréale?
- 2) Quel est le niveau acceptable des dépôts atmosphériques pour l'écosystème aquatique d'une forêt boréale?

Le processus chimique de la fonte des neiges est affecté par les différents milieux où l'eau s'écoule avant d'atteindre un lac. Pour pouvoir prédire l'impact des pluies acides sur l'écosystème, il est

aussi nécessaire de connaître le cheminement de l'eau de la fonte des neiges.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.1.13 Modélisation de l'écoulement

**Responsable:** Jean STEIN

**Collaborateurs:** Pierre BERNIER

Donald M. GRAY Denis LÉVESQUE

André P. PLAMONDON Serge PROULX

**Description et objectifs:** Comprendre les processus et modéliser le cheminement de l'eau entre l'atmosphère et l'exutoire du bassin en période de fonte.

Les processus du cheminement de l'eau en périodes d'accumulation de la neige, de fonte printanière et estivale sont étudiés sur un bassin boisé (Lac Laflamme, Forêt Montmorency) par la mesure en continu des paramètres du cycle hydrologique. Au cours des années 85 à 87, les paramètres principalement mesurés sur une place-échantillon étaient: températures de l'air, du sol et de la neige, rayonnement, pression de vapeur d'eau, vitesse du vent, niveau de la nappe phréatique, débit de fonte, teneur en eau du sol ainsi que l'accumulation, la densification, l'évaporation et la fonte de la neige. De 87 à 89, les données sur la neige et l'eau du sol ont été mesurées à l'échelle du bassin. En 1989, notre attention a été concentrée sur l'infiltration dans les sols gelés ou partiellement gelés. La prédiction du type de gel et son effet sur l'infiltration doivent être élucidés pour améliorer la précision des modèles hydrologiques. Ainsi, durant les prochaines années, nous compléterons l'étude des mécanismes reliés au gel du sol. L'intégration de ces connaissances se fait par le développement, le couplage et la validation d'un modèle de fonte de la neige (SNOW17) et de génération de l'écoulement (VSAS2) à l'échelle du bassin (Bernier, 1985; Prévost *et al.*, 1989). C'est cette approche qui nous a permis de déterminer l'importance de l'effet du gel du sol sur l'infiltration et l'écoulement en milieu boréal.

**Financement:** FCAR Équipe - Université Laval

### 3.1.1.14 Modèle mathématique appliqué. Gestion optimale de la ressource eau d'un bassin

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Description et objectifs:** Il existe une demande importante pour des outils mathématiques appliqués au domaine des sciences de l'eau. Nos travaux s'inscrivent dans les préoccupations actuelles et se veulent aussi précurseurs dans le développement d'outils qui répondront aux besoins futurs. Forts de l'expérience acquise, nous poursuivons nos travaux dans les thèmes déjà développés précédemment.

**Gestion optimale de la ressource eau d'un bassin:** Nous avons développé un modèle (prototype) du système rivière-aménagement. Cet outil mathématique permet d'effectuer les choix optimaux d'aménagement, en tenant compte des contraintes inhérentes au système eau-usage, et de la capacité auto-épuratrice du système rivière. Le prototype a été appliqué au bassin de la rivière Yamaska. Ce modèle d'optimisation du système eau-usage-aménagement tient compte des contraintes physiques, des technologies de traitement et des normes à respecter (quantité et qualité). On utilise une technique de programmation non linéaire adaptée pour la solution optimale du système. Au cours des trois prochaines années, nous désirons poursuivre le développement et principalement généraliser la structure du prototype afin qu'il soit transposable.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

## 3.1.2 Écoulements

### 3.1.2.1 Problématique environnementale de l'utilisation des pompes à chaleur

**Responsable:** Olivier BANTON

**Description et objectifs:** Le but du projet est la réalisation d'une étude sur les impacts environnementaux potentiels des systèmes de pompes géothermiques au Québec. On se propose:

1. d'étudier les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine des principales régions habitées du Québec;
2. de colliger l'information sur les thermopompes au Québec pour connaître ou estimer le nombre d'installations, leurs types et leurs capacités de pompage;
3. d'étudier les méthodes de pompage et rejet, leurs impacts sur les eaux de surface et souterraines, dans l'optique d'établir des normes d'utilisation;
4. de compiler les réglementations et recommandations mises en place par d'autres pays face à ce problème;
5. de réaliser un inventaire des modèles mathématiques applicables, et de leurs possibilités reliées au transfert des flux d'eau, de chaleur et de contaminant.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec

### 3.1.2.2 Approche stochastique de la contamination des eaux souterraines en zone agricole

**Responsable:** Olivier BANTON

**Description et objectifs:** Les recherches portent sur la compréhension des processus contrôlant le transport dans le sol des contaminants d'origine agricole (pesticides, nitrates,...). Les hypothèses concernant le transport des contaminants dans le sol sont analysées, et permettent le choix des processus à retenir dans l'étude de la contamination. Les méthodes d'acquisition des données sur le terrain sont vérifiées dans l'optique de la caractérisation de la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques, de la détermination ou de leur distribution statistique et leur interdépendance spatiale. La modélisation stochastique du transport des contaminants dans le sol sera réalisée et calibrée pour les conditions canadiennes. Cette modélisation est intégrée sous la forme d'un logiciel d'évaluation des risques de contamination des eaux souterraines par les diverses pratiques agricoles. Finalement cette approche d'évaluation

quantitative de la vulnérabilité est appliquée pour les différents types de contaminants étudiés sur des sites canadiens.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.3 Revue critique des méthodes de bilans (environnemental, agronomique et économique) et application à l'évaluation de nouveaux modes de gestions des fumiers au champ

**Responsable:** Olivier BANTON

**Collaborateur:** Pierre LAFRANCE

**Description et objectifs:** Ce projet évalue l'efficacité environnementale des principales méthodes de gestion des fumiers au champ actuellement pratiquées ainsi que de celles qui peuvent être recommandables. Ceci consiste à évaluer l'impact de l'épandage des fumiers sur la qualité des eaux de surface et souterraines. Une revue des expériences réalisées et des modèles existants est effectuée. Un outil d'évaluation et de comparaison des méthodes est réalisé sous la forme d'un chiffrier électronique réalisant le bilan environnemental, agronomique et économique de ces pratiques. Cet outil, dénommé Fèces, est développé sous environnement Excell-Windows.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec et F. Bernard inc.

### 3.1.2.4 Étude des phénomènes intervenant dans la problématique de la contamination des eaux souterraines

**Responsable:** Olivier BANTON

**Description et objectifs:** Ce projet vise la mise en place d'activités de recherche en hydrogéologie environnementale. Son but est la compréhension des phénomènes contrôlant le devenir et la migration des contaminants dans les sols et les eaux souterraines. On se préoccupe particulièrement des contaminations d'origine agricole (engrais et pesticides) affectant la qualité et l'exploitation des

ressources en eau potable. La compréhension des phénomènes conduit au développement d'outils d'intervention et de gestion destinés aux responsables publics et privés (ministères et consultants) chargés de la surveillance et du maintien de ces ressources. Par ailleurs, le développement de ces outils et des méthodologies d'application de ceux-ci nécessitent des recherches tant fondamentales qu'appliquées au niveau des paramètres et des caractéristiques du milieu.

**Financement:** CRSNG Générale, subvention de démarrage INRS

### 3.1.2.5 **Projet de recherche sur l'exploitation des données-images radar (PREDIR)**

**Responsable:** Monique BERNIER

**Collaborateurs:** Jean-Pierre FORTIN  
Jean STEIN

**Description et objectifs:** Le projet de recherche sur l'exploitation des données-images radar (PREDIR) regroupe des intervenants du secteur de la recherche et de l'entreprise privée qui oeuvrent dans le domaine de l'application des données de télédétection radar. PREDIR implique la participation de 10 chercheurs universitaires, répartis dans les universités suivantes: Laval (5), Institut national de la recherche scientifique (INRS-Eau) (3) et l'Université de Sherbrooke (2). Les entreprises participantes sont au nombre de trois. Il s'agit de VIASAT Géo-Technologie Inc., dont les représentants sont messieurs Pierre Vincent et Denis Parrot, de MIR Télédétection Inc., dont le représentant est monsieur Michel Rheault et des Consultants TGIS Inc., représentés par monsieur Yves Carbonneau.

PREDIR est structuré en sept modules. Chacun d'eux est un sous-projet répondant à une problématique et à des objectifs particuliers. Les modules 4 et 5 sont pilotés par l'INRS-Eau. Ces deux modules découlent des recherches amorcées depuis quelques années à l'INRS-Eau, dans le domaine de l'évaluation du couvert de neige à l'aide des images radar. Le module 4 veut mettre au point un système de surveillance des paramètres du couvert de neige et intégrer l'informa-

tion obtenue dans un logiciel de simulation et de prévision hydrologique. Ce module comporte une part importante de recherche scientifique afin de bien comprendre les mécanismes qui affectent les valeurs enregistrées sur les images radar. Le module 5 vise à déterminer les secteurs potentiels de mortalité pour la luzerne au moyen de données radar.

**Financement:** Fonds de développement technologique (programme SYNERGIE)

### 3.1.2.6 **Modèle de simulation et de reconstitution des données hydrologiques mensuelles**

**Responsable:** Bernard BOBÉE

**Collaborateurs:** Louis MATHIER  
Hugues PERRON  
Luc PERREAULT

**Description et objectifs:** Compte tenu des lacunes observées dans les programmes actuels REMUL et HEC-4:

- non-examen systématique de la normalité (hypothèses a priori que les débits mensuels sont distribués suivant la loi log-normale ou la loi log-Pearson type 3, hypothèses qui ne sont pas vérifiées);
- non-prise en compte de la structure de dépendance des variables indépendantes,

l'objectif de ce projet est de construire un modèle de simulation et de génération des données hydrologiques mensuelles qui:

- comble les lacunes précédemment décrites;
- soit d'un usage simple, souple et efficace (user's friendly) compte tenu de son emploi fréquent pour divers usages.

Le modèle proposé, qui rassemblera l'ensemble des recherches effectuées, sera programmé en Pascal (programme REMUS) afin d'être utilisé sur un micro-ordinateur. Le programme REMUS sera accompagné d'un manuel d'utilisation. Il sera

développé concurremment aux études théoriques afin d'y introduire les résultats de recherche et d'effectuer les tests de validation.

**Financement:** CRSNG - Programme de partenariats de recherche (Hydro-Québec)

### 3.1.2.7 Modélisation des événements hydrologiques extrêmes à l'aide des lois statistiques AJUSTE-2

**Responsable:** Bernard BOBÉE

**Collaborateurs:** Louis MATHIER

Luc PERREAULT      Hugues PERRON  
Fahim ASHKAR<sup>3</sup>      Jacques BERNIER  
Peter Funder RASMUSSEN

**Description et objectifs:** Comparaison des méthodes d'ajustement des lois de la famille Gamma (Gamma, Pearson 3, Log Pearson 3 et Gamma généralisée). Étude critique des méthodes d'ajustement des lois GEV, Gumbel, Fréchet, Weibull, Log-normale et exponentielle. Développement des propriétés mathématiques et statistiques des lois de Halphen. Estimation optimale des paramètres de ces distributions. L'ensemble des méthodes retenues seront introduites dans un logiciel d'estimation automatique des paramètres de distributions.

**Financement:** CRSNG - Programme de partenariats de recherche (Hydro-Québec)

### 3.1.2.8 Génération de séries synthétiques d'apport net mensuel (Grands Lacs)

**Responsable:** Bernard BOBÉE

**Collaborateurs:** Louis MATHIER  
Luc PERREAULT  
Hugues PERRON

**Description et objectifs:** Ce projet a pour but de reconstituer, à partir de séries chronologiques, l'apport net intermédiaire,  $A_n$ , estimé sur une base

mensuelle, et ce pour les lacs Supérieur, Michigan-Huron, Erié et Ontario. Nous proposons à Hydro-Québec de diviser le projet en trois (3) parties:

1. analyse des données disponibles et détermination des propriétés statistiques à conserver pour la modélisation;
2. inventaire des modèles de reconstitution disponibles, et;
3. choix d'un modèle et application aux données.

**Financement:** Hydro-Québec

### 3.1.2.9 Méthodologie d'estimation régionale des débits de crue: application à la région Québec-Ontario

**Responsable:** Bernard BOBÉE

**Collaborateurs:** Louis MATHIER

Luc PERREAULT      Hugues PERRON  
Fahim ASHKAR<sup>3</sup>      Jacques BERNIER  
Kaz ADAMOWSKI<sup>4</sup>      Jean ROUSSELLE<sup>5</sup>  
V.-T.-Van NGUYEN<sup>6</sup>      René ROY<sup>7</sup>

**Description et objectifs:** La planification des ouvrages hydrauliques, l'opération rationnelle des réservoirs ainsi que la connaissance et la prévention des inondations nécessitent une bonne connaissance des débits de crue. Cette estimation doit être la plus précise possible afin d'éviter une surestimation des crues (qui entraîne généralement un surdimensionnement des ouvrages hydrauliques et par conséquent des coûts supplémentaires) ou une sous-estimation (qui peut se traduire par des dégâts matériels et des pertes de vies humaines).

Il arrive fréquemment que l'on doive effectuer cette estimation en des sites où l'on dispose de peu de données ou même dans certains cas d'aucune donnée (site non jaugé).

Dans ce cas l'approche à privilégier consiste à:

- utiliser des données disponibles à des sites hydrologiquement semblables au site considéré, donc appartenant à la même région homogène;

- considérer une méthode d'estimation régionale dans la zone homogène identifiée.

En pratique, cependant on peut considérer plusieurs:

- techniques de détermination des régions homogènes  $[DRH]_i$ , ( $i = 1, \dots, p$ );
- méthodes d'estimation régionale  $[MER]_j$ , ( $j = 1, \dots, q$ ).

Le principal objectif du projet est de comparer l'ensemble des combinaisons  $C_{ij} = [DRH]_i \times [MER]_j$  ( $i = 1, \dots, p$  et  $j = 1, \dots, q$ ) sur des données réelles du bouclier canadien (zone Québec-Ontario) afin d'établir une méthodologie transposable d'estimation régionale des débits de crue. Cette méthodologie pourra ensuite être appliquée à d'autres régions du Canada, dans d'autres pays et à d'autres données, les étiages ou les précipitations par exemple.

**Financement:** CRSNG - Stratégique

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

**Responsable:** Bernard BOBÉE

**Collaborateurs:** Hugues PERRON  
Luc PERREAULT  
Peter RASMUSSEN

**Description et objectifs:** Il est important, en pratique, pour la construction d'ouvrages ou la gestion des réservoirs, d'estimer les débits de crues ( $Q_p$ ) de période de retour donnée (centenaire, millénaire, ...). Les recherches effectuées précédemment (subventions CRSNG 1985-1991) ont été consacrées à l'estimation de ces caractéristiques hydrologiques de crue aux sites où l'on dispose de données. Plusieurs distributions statistiques (Gamma, Pearson type 3, log-Pearson type 3, Gamma généralisée) ont été étudiées d'un point de vue théorique et ont été comparées. On vise à:

- A) poursuivre les travaux déjà entrepris sur les distributions de Halphen. Ces distribu-

tions 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;

- B) établir des modèles d'estimation régionale de crue en reconsidérant la notion de zones homogènes (on considérera en particulier la notion de zone d'influence récemment introduite) et de distribution régionale (on étudiera l'utilisation d'une loi régionale de Halphen);
- C) examiner la transposition des approches et modèles développés en A et B pour les crues aux débits d'étiage dont l'estimation est importante pour évaluer les impacts environnementaux et la fourniture d'eau pour la consommation et l'irrigation.

Ces travaux devraient conduire à une amélioration des modèles existants afin de permettre des estimations plus précises qui se traduiront par des économies de ressources et une réduction des risques.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.11 Persistance des séries hydrologiques. Utilisation des coefficients d'autocorrélation pour étudier la persistance des séries temporelles en hydrologie quantitative et qualitative

**Responsable:** Daniel CLUIS

**Description et objectifs:** Ce projet vise à résoudre, à moyen terme, trois groupes de problèmes:

1. Dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'eau, l'estimation des débits massiques constitue un prérequis nécessaire à l'interprétation des phénomènes de transport, à des relations sources-effets et à la calibration des modèles de qualité de l'eau. Dans ce secteur on complétera l'étude entreprise sur le contenu en information d'une fonction de deux séries de temps mesurées à des fréquences différentes. Une approche prometteuse utilisant l'analyse

combinatoire appliquée à des distributions log-normales sera développée.

2. Dans le domaine de l'étude structurale des séries environnementales, les caractéristiques d'asymétrie et de non-stationnarité en moyenne et en variance, ainsi que la présence de valeurs aberrantes, douteuses, censurées ou tronquées rendent l'analyse difficile. Nous nous attachons à développer des méthodes robustes et des algorithmes permettant la détection structurale de valeurs aberrantes (A.O, Additive Outliers) permettant une réévaluation des paramètres de la transformation BOX-COX normalisatrice initiale; les estimateurs de HUBER seront mis à contribution.
3. Dans le domaine des fonctions de transfert entre séries environnementales, nous adapterons les méthodes développées en économétrie pour les rendre robustes à la structure de nos données et suggérer des hypothèses physiques objectives. Nous traiterons d'abord de fonctions de transfert univariées à l'intérieur du cycle hydrologique (modèle SISO, Single Input Single Output) pour chaque paramètre critique, puis nous essayerons d'étendre ces méthodes aux fonctions de transfert multivariées (modèles MISO, Multiple Inputs Single Output). Nous appliquerons ces méthodes à deux banques de données liées à des problèmes environnementaux aigus au Québec: la problématique des précipitations acides et celle des épandages agricoles des lisiers.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.12 Logiciel de traitement intégré de données de radars à ouverture synthétique (ROS) et d'autres capteurs satellitaires pour le suivi opérationnel du couvert nival

**Responsable:** Jean-Pierre FORTIN

**Description et objectifs:** Le projet a pour objectif général le développement d'un logiciel de traitement, à des fins hydrologiques, des données du capteur radar à ouverture synthétique (ROS) du futur satellite canadien RADARSAT. Plus spécifi-

quement, on désire: a) analyser les données fournies par un capteur aéroporté ROS en vue d'évaluer leur potentiel pour l'estimation des caractéristiques du couvert nival; b) mettre au point une approche multicapteur et multirate pour l'estimation des caractéristiques du couvert nival; c) vérifier et améliorer l'approche définie précédemment à l'aide des données ROS du futur satellite ERS-1.

Les campagnes de mesure antérieures avec des capteurs ROS aéroportés n'ont pas permis d'en arriver à des conclusions définitives sur le potentiel de ces données pour le suivi opérationnel du couvert nival. Le satellite RADARSAT devant être lancé en 1994, l'analyse de données supplémentaires obtenues par de nouvelles campagnes de mesures s'avère nécessaire.

On précisera tout d'abord la relation entre le signal radar et les caractéristiques de la neige au sol en faisant appel à des données fournies par des capteurs satellitaires, des mesures au sol et un modèle numérique de terrain. Les données ROS ne pouvant fournir toutes les caractéristiques souhaitées, on mettra aussi au point une approche multicapteur permettant d'intégrer ces données à chaque date désirée. Cette approche sera enfin testée dès que nous recevrons des données ROS en provenance du satellite ERS-1.

Le Canada pourra donc disposer, dès le lancement du satellite RADARSAT, d'un logiciel de traitement des données ROS à des fins spécifiquement hydrologiques. De plus, ce logiciel sera conçu pour être utilisé sur un microordinateur, assurant davantage sa diffusion, non seulement ici, mais aussi pour d'autre pays.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.13 Précipitations maximales probables (PMP) en régions boréales

**Responsable:** Jean-Pierre FORTIN

**Collaborateurs:** Bernard BOBÉE  
Monique BERNIER

**Description et objectifs:** L'objectif de l'étude est de revoir la méthodologie initialement développée

pour l'estimation des précipitations maximales probables aux latitudes moyennes de façon à déterminer les modifications nécessaires pour des estimations en régions boréales. On s'intéressera plus particulièrement aux aspects suivants:

- a) révision des critères pour la sélection des données d'orages extrêmes dans les régions boréales;
- b) établissement des règles de transposition des orages extrêmes sur de longues distances;
- c) intégration de données non-publiées;
- d) confiance à accorder à la méthode actuelle d'établissement du point de rosée;
- e) règle réaliste de réorientation des orages en régions boréales.

L'INRS-Eau agira comme consultant pour tous ces aspects. De plus, nous préciserons de quelle façon les données acquises par télédétection pourront être intégrées aux données au sol pour améliorer la précision des estimations de PMP.

**Financement:** Canadian Electrical Association

### 3.1.2.14 Modélisation par éléments finis d'écoulements à surface libre

**Responsable:** Michel LECLERC

**Description et objectifs:** 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:

- transition 2D-3D dans les interfaces de méandres de rivière;
- écoulements torrentiels (rapides);
- écoulements en plaines inondables avec régime couvrant-découvrant;
- écoulements stratifiés 3-D.

Le projet est supporté par le logiciel MEF (Dhatt et Touzot, 1981) et 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.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.15 Modélisation numérique des écoulements et des micro-habitats de la ouananiche de la rivière Ashuapmushuan

**Responsable:** Michel LECLERC

**Collaborateurs:** José BÉCHARA  
Paul BOUDREAU

**Description et objectifs:** Dans le cadre de l'étude environnementale du projet d'aménagement hydro-électrique de la rivière Ashuapmushuan, l'INRS-Eau a la responsabilité de la modélisation hydrodynamique d'une section du cours de la rivière et la simulation des habitats salmonicoles à divers débits dans ces tronçons.

Le modèle hydrodynamique utilisé (HYDREAU) est bidimensionnel (2-D) horizontal, ce qui permet d'obtenir des conditions hydrodynamiques moyennes dans la verticale. A cause des hypothèses qui le sous-tendent, il s'agit d'un outil bien adapté pour les écoulements gravitationnels (rivières, fleuves, estuaires) caractéristiques des ondes longues. Les chutes, sauts et ressauts directs ne peuvent être pris en compte tels quels dans un tel modèle.

Une des caractéristiques de HYDREAU est d'ajuster automatiquement sa frontière littorale, y compris autour de hauts-fonds susceptibles de s'exonder en période de basses eaux. Cette génération du modèle comporte donc l'option "couvrant-découvrant" qui permet également de modéliser des hydrauliques influencées par le passage d'une crue et la marée. L'utilisation de ce modèle sur six tronçons de la rivière Moisie a révélé un très bon comportement pour les applications présentant des conditions d'écoulement rapide. Le modèle avait alors permis la simulation des conditions de débitance les plus variées (allant de la crue moyenne à l'étiage de 1/15 ans). L'option couvrant-découvrant fut employée pour permettre l'ajustement des frontières de l'écoulement.

Concernant la modélisation du micro-habitat de la ouananiche, la même approche que celle utilisée pour la rivière Moisie est privilégiée. Cependant, de nouveaux développements doivent être entrepris pour mettre à jour cette approche et incor-

porer l'aspect temporel dominant du présent projet. L'aspect thermique est également être pris en considération.

Quelques travaux ont été réalisés en 1993 en vue d'établir un régime d'exploitation des ouvrages adapté à la conservation de la ressource saumon.

**Financement:** Hydro-Québec (Groupe Environnement Shooner inc.)

### 3.1.2.16 Modèle paramétrique conceptuel de la qualité de l'eau

**Responsable:** Guy MORIN

**Description et objectifs:** L'objectif principal de ce projet consiste dans le développement et la mise au point de sous-modèles mathématiques permettant d'évaluer l'évolution dans le temps et dans l'espace de certains paramètres de qualité de l'eau pour des conditions naturelles et modifiées d'un bassin versant. Ces sous-modèles complètent le modèle hydrologique CEQUEAU qui permet d'évaluer la formation et le déplacement de l'onde de crue sur un bassin versant en tenant compte, s'il y a lieu, des aménagements tels que barrage, prise d'eau, etc.

L'élaboration des sous-modèles de qualité est basée sur une approche conceptuelle déterministe. Cette approche devrait être applicable à n'importe quel bassin hydrographique et utiliser les composantes hydrologiques du modèle CEQUEAU (écoulement superficiel, hypodermique et souterrain, fonte, évaporation, infiltration, transfert en rivière, etc.) ainsi que des données physiographiques, météorologiques et socio-économiques (population humaine et animale, utilisation du territoire, activité agricole et industrielle), etc.). Les paramètres modélisés prioritairement sont: la température de l'eau, l'oxygène dissous, les solides en suspension, les solides dissous, l'azote total, le phosphore total et les sulfates. Les résultats obtenus sur les premiers paramètres modélisés montrent l'avantage de coupler les sous-modèles de qualité à un modèle hydrologique mais font également ressortir la nécessité de vérifier et éventuellement améliorer la modélisation des différents processus pour des conditions extrêmes rencontrées sur des bassins versants où l'utilisation

du territoire est importante. Dans cette optique, nous prévoyons utiliser les données de la rivière Yamaska pour la poursuite de notre recherche.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

## 3.2 Biogéochimie

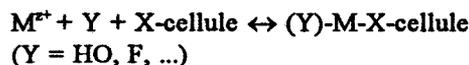
Les recherches dans ce programme visent (i) la compréhension et la modélisation des réactions (géo)chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques; pesticides; N; S) dans un bassin versant, (ii) l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances, et (iii) la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire; organisme individuel; population; communauté). Menés aussi bien au 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 d'"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. Les recherches sur la dynamique des éléments nutritifs portent sur les cycles du soufre et de l'azote dans les écosystèmes forestiers et lacustres. Des études particulières sont consacrées aux transformations de ces éléments dans la neige et le sol.

### 3.2.1 Eaux de surface

#### 3.2.1.1 Spéciation et biodisponibilité de métaux dans les eaux naturelles

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** Ce programme de recherche a pour objectif général la prédiction de la biodisponibilité des métaux traces dissous pour la vie aquatique. En d'autres termes, on vise le développement de modèles prédictifs reliant la géochimie/spéciation des métaux à leur bioaccumulation/toxicité. Nous avons choisi comme point de départ le "modèle de l'ion libre", compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire dans des milieux artificiels. Par ailleurs, ce modèle manifeste certaines faiblesses lorsqu'appliqué sans modification à des eaux contenant des ligands naturels et/ou des métaux trivalentes. Compte tenu de ces déficiences apparentes, mises en évidence dans notre laboratoire, nous avons amorcé des recherches visant à (i) déterminer jusqu'à quel point sa révision pour inclure des complexes ternaires, (Y)-M-X-cellule, à l'origine de la réponse biologique, c'est-à-dire:



pourrait améliorer sa capacité de prédiction, et (ii) vérifier si les déficiences du modèle pourraient être attribuables à des facteurs cinétiques. Ces expériences sont réalisées avec des eaux synthétiques de composition connue et des organismes-tests aquatiques. Dans un deuxième temps, il faudra (iii) évaluer si le modèle révisé peut rendre compte adéquatement de la biodisponibilité de métaux dans les eaux naturelles, en présence de la matière organique dissoute (poids moléculaire élevé ou faible).

Les recherches dans ce projet comprennent des éléments de **chimie analytique** (développement de méthodes fiables pour la détermination de la spéciation de certains métaux dissous), de **géochimie** (application de ces méthodes aux eaux naturelles, afin d'identifier/quantifier les facteurs qui contrôlent la spéciation et la mobilité de ces métaux) et de **toxicologie aquatique**. Les métaux qui retiennent notre attention actuelle sont l'aluminium, le manganèse, le cadmium et le zinc; il s'agit d'éléments dont les concentrations dans les eaux superficielles augmentent en réponse à l'acidification environnementale. Les cibles biologiques étudiées comprennent des algues-tests

unicellulaires ou filamenteuses, le phytoplancton naturel ainsi que les poissons.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.2.1.2 Interactions métaux - MOD - branchies: développement d'un modèle pour prédire les effets toxiques des métaux chez les poissons d'eau douce en présence de la matière organique dissoute (MOD)

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** Le présent projet vise le développement d'un modèle général pour prédire les effets toxiques des métaux chez les poissons d'eau douce en présence de la matière organique dissoute (MOD) naturelle. Nous avons choisi comme point de départ le Modèle de l'Ion Libre (MIL), compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire dans des milieux artificiels. L'objectif général du projet consiste donc à raffiner le Modèle de l'Ion Libre et de le valider dans des conditions se rapprochant de celles rencontrées dans le milieu réel. Pour y arriver, nous avons fixé trois objectifs spécifiques pour 1992-1995:

- décrire quantitativement les interactions entre la MOD et  $M^{2+}$  (afin de permettre le design rationnel des milieux d'exposition);
- vérifier les interactions directes entre la MOD et les branchies de l'espèce cible;
- et finalement, quantifier la biodisponibilité des métaux (toxicité, bioaccumulation) en présence de la MOD dans des conditions contrôlées.

L'hypothèse à vérifier est que la matière organique naturelle se comporte comme les ligands synthétiques (ex.: EDTA, NTA) qui ont servi à l'élaboration du MIL, c'est-à-dire qu'elle n'agisse pas directement sur les poissons.

**Financement:** CRSNG - Pêches et Océans Canada

### 3.2.2 Eaux souterraines

#### 3.2.2.1 Transport dans l'eau souterraine de composés organiques provenant de sources diffuses

**Responsable:** Pierre LAFRANCE

**Description et objectifs:** L'objectif principal de ce projet de recherche est d'identifier et de quantifier l'influence de processus bio-physico-chimiques particuliers affectant le transport des pesticides dans les sols agricoles. Il s'inscrit à l'intérieur de démarches actuelles de recherche de pointe portant sur l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination diffuse par les pesticides. Ces évaluations, de plus en plus utilisées pour la gestion et la protection des ressources en eaux souterraines, sont en effet limitées tant dans leurs applications que dans l'interprétation de leurs résultats, par suite d'un manque de compréhension ou de données concernant les facteurs bio-physico-chimiques qui régissent la persistance et la mobilité des pesticides dans la zone non saturée des sols.

Le présent projet comprend trois grands volets. Dans un premier temps, on réalisera une synthèse et une analyse des principaux paramètres représentant les facteurs d'atténuation de la concentration des pesticides, paramètres qui sont pris en compte à l'intérieur des modèles de transport. Dans un deuxième temps, on étudiera l'importance de la variabilité *in situ* des valeurs de ces paramètres. Ces valeurs seront utilisées pour la validation d'une modélisation du transport déjà développée à l'INRS-Eau, modélisation dont l'approche stochastique se prête bien à une évaluation probabiliste de la vulnérabilité des eaux souterraines.

Dans un troisième temps, l'évaluation expérimentale des paramètres en laboratoire et la conduite d'essais sur le terrain permettront également de vérifier d'importantes hypothèses actuelles concernant les mécanismes physico-chimiques pouvant favoriser l'apparition de cas de contamination des eaux souterraines (notamment la complexation par les substances humiques dissoutes et l'état de non-équilibre des phénomènes de l'adsorption/désorption).

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

#### 3.2.2.2 Évaluation du transport des pesticides dans l'eau souterraine: aspects physico-chimiques

**Responsable:** Pierre LAFRANCE

**Collaborateurs:** Olivier BANTON  
Jean-Pierre VILLENEUVE  
Michel MAZET<sup>6</sup>

**Description et objectifs:** Le projet a été établi pour étudier les mécanismes physico-chimiques de transport des pesticides dans le sol, mécanismes qui conditionnent en partie la vulnérabilité des eaux souterraines. Il a pour finalité de mieux prendre en compte le comportement des contaminants et du milieu récepteur à l'intérieur des démarches de préservation de la qualité de la ressource. Les étapes du projet sont: 1) Recherche fondamentale sur les processus physico-chimiques de transport des pesticides dans le sol. Pertinence des processus et représentations mathématiques. Signification environnementale. 2) Application d'un modèle de transport qui prend en compte l'effet de la matière organique dissoute du sol (complexation du pesticide) sur la migration des pesticides. Évaluation de l'importance relative des paramètres physico-chimiques à l'intérieur du modèle. 3) Vérification en laboratoire, à l'aide d'études du transport en colonnes de sol, des hypothèses concernant l'atténuation et le transport des pesticides, ce qui permet la validation de la modélisation des processus. 4) Établissement d'une méthode d'acquisition, sur le terrain et en laboratoire, des paramètres physico-chimiques nécessaires à la simulation du transport.

**Financement:** Ministère des Affaires internationales du Québec

#### 3.2.2.3 Effet de l'utilisation des herbicides sur la qualité des sols et de l'eau souterraine

**Responsable:** Pierre LAFRANCE

**Collaborateurs:** Olivier BANTON  
J.-Pierre VILLENEUVE Régis SIMARD<sup>1</sup>  
A. N'DAYEGAMIYE<sup>9</sup> Denis ANGERS<sup>1</sup>

**Description et objectifs:** Le but du programme est de quantifier en conditions québécoises l'impact d'herbicides sur la qualité des sols et de l'eau souterraine en milieu agricole. L'évaluation prédictive des pertes d'herbicides vers les eaux souterraines est intimement liée à celle de la dégradation de ces composés dans le sol. Le programme visera ainsi à quantifier:

- i) le transport et la transformation d'herbicides dans l'eau interstitielle de la zone non-saturée du sol;
- ii) la persistance d'herbicides dans le sol en relation avec l'activité de la biomasse, et;
- iii) l'impact d'herbicides sur l'activité de cette biomasse, incluant la minéralisation de l'azote et du carbone organiques.

Le programme est lié aux domaines de la malherbologie, de la biologie des sols et de la migration des herbicides vers l'eau souterraine. La biotransformation des herbicides est un processus-clé contrôlant la persistance de ces composés et elle détermine en grande partie les risques de contamination de la nappe phréatique. En quantifiant le transport d'herbicides vers la nappe ainsi que l'activité de la biomasse, et en identifiant des paramètres biochimiques susceptibles de refléter la persistance de ces composés, le programme contribuera à:

- i) la rationalisation de l'utilisation des herbicides pour une exploitation durable de l'eau souterraine d'approvisionnement;
- ii) mieux connaître la distribution de la bioactivité du sol, en relation notamment avec la fertilité, et;
- iii) proposer des bioindicateurs de stress des populations microbiologiques et de la capacité du sol à dégrader les herbicides;
- iv) identifier les pratiques culturales (type de fertilisation et intensité de la régression chimique) les moins dommageables en regard de la contamination des eaux souterraines par les herbicides.

**Financement:** CORPAQ (MAPAQ)

### 3.2.2.4 Évaluation environnementale des pratiques culturales sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides

**Responsable:** Pierre LAFRANCE

**Collaborateurs:** Olivier BANTON

France PELLETIER Marie LAROCQUE  
F. BERNARD Inc.

**Description et objectifs:** Ce projet étudie et compare entre elles les pratiques culturales, et identifie celles qui permettent une réduction des pertes en herbicides vers les eaux de surface et souterraines, c'est-à-dire qui minimisent les risques d'impacts environnementaux. L'objectif général du projet est de quantifier, pour des conditions typiques du Québec, l'impact de certaines pratiques de culture du maïs actuellement courantes, et de certaines pratiques culturales pouvant être associées aux systèmes de culture intégrés, sur la perte en herbicides vers les eaux de surface et souterraines et sur la persistance au champ de ces herbicides. Les objectifs sont de: 1) mesurer le niveau des apports de contaminants aux eaux de surface par entraînement d'herbicides par ruissellement et érosion; 2) mesurer le niveau des apports aux eaux souterraines par infiltration; 3) caractériser les processus physiques et chimiques qui conditionnent la persistance et le transport des herbicides dans l'eau et le sol; 4) décrire l'effet de certaines pratiques culturales sur la grandeur de ces processus; 5) évaluer la faisabilité agronomique de pratiques culturales associées aux systèmes de culture intégrés, et; 6) évaluer l'efficacité environnementale de pratiques culturales conçues pour réduire de façon significative les taux d'application en herbicides sur maïs.

**Financement:** PREE du FRDTE, MENVIQ

### 3.2.2.5 Étude de la dynamique et de l'écotoxicologie des contaminants organiques

**Responsable:** Pierre LAFRANCE

**Collaborateurs:** Peter G.C. CAMPBELL  
Jean-Pierre VILLENEUVE

**Description et objectifs:** Ce projet vise à appuyer des recherches déjà existantes et à développer un secteur de recherche relatif au destin et à l'impact de micropolluants organiques. Les recherches actuelles appuyées par le projet sont: 1) augmentation de la biodisponibilité de HAP fortement adsorbés aux sols contaminés à l'aide de biosurfactants, et: 2) bioaccumulation de HAP et de BPC: impact de la matière organique dissoute. Dans le premier cas, on étudie l'importance de la production de biosurfactants naturels sur l'adsorption/désorption, la biodisponibilité et la biodégradation de HAP lors du traitement aérobie d'un sol contaminé par la créosote. Dans le deuxième cas, on vise à vérifier l'hypothèse que la matière organique dissoute naturelle est susceptible de s'associer avec des contaminants hydrophobes, pour ainsi réduire leur biodisponibilité en phase aqueuse. Le projet permet également le développement méthodologique nécessaire aux études de suivi des micropolluants organiques dans l'eau et le sol.

**Financement:** CRSNG Générale

### 3.2.2.6 Évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par des sources diffuses

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Collaborateurs:** Michel LECLERC

Olivier BANTON	Pierre LAFRANCE
Wolfgang SUMMER	Jean CARON

**Description et objectifs:** Le but de ce projet de recherche est de développer une méthodologie rationnelle, pratique et fiable d'évaluation quantitative de la vulnérabilité des eaux souterraines. Ce programme vise donc à établir, d'une part une méthodologie d'investigation de la vulnérabilité, et d'autre part une méthode d'évaluation des paramètres hydrogéologiques et bio-physico-chimiques intervenant dans la prédiction du destin des contaminants dans le sol. Les activités de l'équipe seront réparties à l'intérieur de cinq projets:

- 1) Établissement d'une méthodologie d'investigation de la vulnérabilité. Choix des principaux

processus affectant le transport des contaminants. Développement théorique.

- 2) Vérification en laboratoire d'hypothèses concernant la complexation/adsorption, la biotransformation, et le transport. Acquisition des données sur le terrain.
- 3) Caractérisation des structures de variabilité et de corrélation spatiales des paramètres utilisés dans la modélisation du dépôt au sol et du transport. Production des distributions de probabilité des paramètres. Simulations conditionnelles de corrélation de ces paramètres.
- 4) Modélisation stochastique du transport dans les zones non-saturée et saturée. Calibration des modèles. Développement de logiciels d'évaluation de la vulnérabilité des nappes phréatiques et des points de captage.
- 5) Application et vérification de la méthodologie d'investigation de la vulnérabilité, ainsi que des logiciels.

La méthodologie utilisée pour la réalisation de chacun de ces projets complémentaires sera basée sur les spécificités des contaminations diffuses (sources et nature), sur l'utilisation des processus à l'intérieur de modèles de transport, et sur une approche probabiliste d'évaluation des risques de contamination des eaux souterraines. La vérification en laboratoire des mécanismes de transport, l'acquisition des paramètres sur le terrain ainsi que les techniques statistiques de traitement des données d'entrée aux modèles de transport, seront ainsi orientées vers la compréhension et la prévision des impacts des contaminations par des sources diffuses. Les logiciels d'évaluation qui seront développés pourront être exploités pour:

- i) la gestion optimale des réseaux de qualité;
- ii) l'utilisation rationnelle des pesticides et fumiers déjà employés et l'homologation des nouveaux pesticides;
- iii) la planification de l'utilisation des sols agricoles et des sols sur lesquels on effectue l'épandage de résidus d'huiles industrielles.

**Financement:** FCAR - Soutien aux équipes de recherche

### 3.2.2.7 Modélisation de la contamination des eaux souterraines par des sources diffuses

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Collaborateurs:** Peter G.C. CAMPBELL  
Olivier BANTON  
Pierre LAFRANCE

**Description et objectifs:** L'investigation et l'évaluation des eaux souterraines à la contamination par des sources diffuses implique que l'on doive:

- 1) disposer d'une modélisation adaptée et validée des processus pertinents;
- 2) définir la nature et la qualité des données nécessaires à cette modélisation (validation et/ou acquisition);
- 3) produire des résultats d'évaluation quantitative de la contamination pouvant être interprétés en regard des normes de qualité.

Dans cette optique, le présent projet vise d'une part, à définir une modélisation des processus fondamentaux du transport schématisant les connaissances essentielles à la représentation du cheminement des contaminations, et vise, d'autre part, à établir sur la base de la modélisation du transport une méthode d'évaluation des paramètres pertinents à l'investigation de la vulnérabilité. L'atteinte de ces objectifs se traduira par la réalisation d'outils mathématiques spécifiquement adaptés pour le suivi des cas de contamination des eaux souterraines et pour la gestion préventive de la qualité de la ressource. Les activités seront réparties de la façon suivante:

- 1) Recherche fondamentale. Formulation des hypothèses. Choix et adaptation d'un modèle de transport. Analyses de sensibilité pour le choix des variables clés.
- 2) Vérification en laboratoire d'hypothèses concernant l'atténuation et le transport des contaminants. Validation de la modélisation

des processus retenus. Établissement d'une méthode d'acquisition des données sur le terrain.

- 3) Modélisation stochastique du transport des différents contaminants dans les zones non-saturée et saturée du sol. Développement de logiciels d'évaluation de la vulnérabilité des nappes phréatiques et points de captage.
- 4) Caractérisation de la variabilité spatiale des variables clés retenues dans la modélisation stochastique du transport. Choix et définition des distributions de probabilité représentatives des variables.
- 5) Établissement d'une méthode d'investigation de la vulnérabilité adaptée à chaque type de contamination diffuse et applications aux pesticides, fumiers et engrais, au land-farming des résidus d'huiles industrielles.
- 6) Transfert de l'expertise sous forme de procédures standardisées d'évaluation de la vulnérabilité pour l'utilisation optimale des produits chimiques et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines en milieu agricole.

**Financement:** CRSNG - Stratégique

### 3.2.2.8 Évaluation des pertes de composés azotés dans les eaux souterraines lors de l'épandage des fumiers et lisiers. Développement d'un outil d'évaluation

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Collaborateurs:** Olivier BANTON  
Pierre LAFRANCE  
Claude BLANCHETTE

**Description et objectifs:** Les cas de détérioration de la qualité des eaux de surface et souterraines par les nitrates, reliés à l'épandage au champ des fumiers et lisiers, sont rapportés de plus en plus fréquemment. L'objectif de l'étude de la vulnérabilité d'un système d'eau souterraine est de quantifier le potentiel de risque de contamination consécutive à l'épandage des fumiers, ainsi que ses conséquences sur l'exploitation de l'eau. On

propose dans le présent projet un outil d'évaluation qui prend en compte les caractéristiques du milieu québécois et la nature des fumiers et lisiers. L'évaluation de la vulnérabilité est faite en tenant compte du cheminement et de l'évolution des différents constituants chimiques des fumiers dans le sol. La vulnérabilité peut être exprimée en terme de risque, risque défini par la probabilité de dépassement d'un critère. Le fait de prendre en compte la nature des intrants et leur évolution, ainsi que de définir la vulnérabilité en quantifiant le risque pour permettre une optimisation de l'épandage des fumiers, constitue une approche inédite et originale, qui n'a, à notre connaissance, pas d'équivalent à l'heure actuelle au Canada.

La première étape du travail consistera en une revue bibliographique approfondie de toutes les méthodes d'évaluation et de contrôle des risques d'arrivée d'intrants dans les eaux lors des épandages de fumier. Les méthodes mathématiques permettant l'évaluation des risques seront développées en tenant compte des approches existantes et des attentes des intervenants. Il sera basé sur les processus régissant le devenir des composés des fumiers dans les sols typiques du Québec. Il sera ensuite intégré en un logiciel convivial qui permettra à l'utilisateur de réaliser l'évaluation des risques.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE)

### 3.2.3 Eaux atmosphériques

#### 3.2.3.1 Chimie du couvert de neige et de la fonte de la neige

**Responsable:** H. Gerald JONES

**Description et objectifs:** L'objectif à long terme est le développement d'un modèle pour la prédiction de la qualité des eaux de fonte en provenance des bancs de neige situés dans la partie est du bouclier canadien. Les paramètres choisis pour l'étude sont ceux des émissions de la combustion du carburant fossile transportées dans la région et reconnues comme composants toxiques tels que les anions d'acidité forte ( $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), et des

micropolluants cancérigènes (hydrocarbures polycycliques aromatiques). Les objectifs à court terme sont la détermination des mécanismes de dépôts secs et des processus de transformation et de translocation responsables de l'accumulation des charges de polluants *in situ* et leur patron de concentration précédant la perte des eaux de fonte.

La méthodologie comporte trois étapes distinctes. Les deux premières, qui sont de nature analytique, se définissent comme suit: a) la quantification des charges des polluants dans la neige par les bilans des apports (précipitations) et les sorties (eaux de fonte); b) les mesures concomitantes des profils chimiques et de la microstructure physique *in situ* des carottes de neige. La troisième étape vise la compréhension de la relation entre ces deux derniers phénomènes dans les bancs de neige et est recherchée en laboratoire par des expériences contrôlées sur le gel et le regel. Cette méthodologie facilitera la rencontre de l'objectif à long terme, c'est-à-dire le développement du modèle chimique de la fonte de neige par l'intégration des équations de taux pour l'augmentation, la perte et la migration des charges de polluants dans un modèle quantitatif de la perte des eaux (volume) de bancs de neige. La valeur d'un tel modèle vient du fait qu'il servira à prédire la qualité des premières eaux du ruissellement de surface au printemps sous l'influence de diverses conditions météorologiques; cette période du cycle hydrologique comprend des répercussions ayant une influence directe sur la survie de la flore et de la faune aquatiques.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

#### 3.2.3.2 Procédés à l'interface couvert de neige/atmosphère: influence sur la composition des gaz traces ( $\text{HNO}_3$ , $\text{NO}_2$ , $\text{O}_3$ ) dans la basse atmosphère

**Responsable:** H. Gerald JONES

**Description et objectifs:** Les objectifs spécifiques de ce projet de recherche sont de valider deux principales hypothèses. La première hypothèse statue que du  $\text{HNO}_3$  est libéré dans le couvert de neige durant la métamorphose des cristaux froids ( $<0^\circ\text{C}$ ) de neige. Le  $\text{HNO}_3$ , alors en vapeur, se

déplace vers le haut, sous l'influence de gradients de  $\text{HNO}_3$  et de  $\text{CO}_2$  provenant du sol, et est réémis dans l'atmosphère ou transformé à la surface du couvert de neige. La deuxième hypothèse est une extension de la première; elle statue que les transformations à l'interface couvert de neige/atmosphère sont dépendantes du degré d'irradiation solaire et de la température à la surface du couvert de neige. Lorsque l'irradiation solaire est élevée et que la température est basse, la transformation photo-induite de  $\text{HNO}_3$  en  $\text{NO}_2$  va se faire. Si la température permet la formation des couches d'eau minces sur l'interface glace/air, la photooxydation de  $\text{NO}_2$  en  $\text{HNO}_3$  va se faire, par le biais des photooxydants dans le cycle atmosphérique des espèces oxygénées tels que  $\text{O}_3$  et  $\text{H}_2\text{O}_2$ . La dissolution directe du  $\text{HNO}_3$  (dépôts secs) sur la surface eau-neige va aussi se faire dans ces circonstances.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Environnement Canada)

### 3.2.4 Sédiments

#### 3.2.4.1 Indicateurs biochimiques de stress environnemental causé par les métaux toxiques

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Collaborateurs:** André TESSIER  
Jocelyne P.-MASSICOTTE

**Description et objectifs:** Les métaux traces d'origine anthropique tendent à s'accumuler dans les sédiments aquatiques, où ils entraînent un danger potentiel pour les organismes benthiques et leurs prédateurs. Les objectifs globaux du présent projet multidisciplinaire sont d'élucider les mécanismes de détoxification des métaux qui existent chez les invertébrés benthiques vivant dans des environnements contaminés, et d'évaluer l'utilisation potentielle des molécules impliquées

dans la détoxification des métaux comme indicateurs biochimiques de l'état physiologique de ces organismes. Les hypothèses de base à être vérifiées sont:

- i) que la synthèse de protéines pouvant lier les métaux ("metal-binding proteins", ou MBP) peut être induite à des niveaux de contaminants représentatifs de ceux rencontrés dans les sédiments pollués, et
- ii) que, lorsque le taux de bioaccumulation des métaux excède le taux de biosynthèse des MBP, le débordement cellulaire ("spillover") se produit, permettant aux métaux de s'attaquer à d'autres sites cellulaires avec effets physiologiques délétères.

La méthodologie proposée implique des études sur le terrain d'invertébrés benthiques représentatifs, dans des sites lacustres situés sur un gradient spatial géochimique (pH, [Cd], [Zn]). Les variables mesurées comprennent la concentration de métaux et de protéines MBP dans les tissus, de même que la répartition des métaux à travers différents ligands cytoplasmiques; l'espèce cible étudiée est le bivalve filtreur Anodonta grandis. Des expérimentations sur le transfert réciproque sont menées entre des aires de contrôle avec de faibles niveaux de métaux et des sites hautement contaminés. Des paramètres géochimiques et biologiques complémentaires sont mesurés afin de définir le gradient de contamination, l'état physiologique des organismes, et leur taux de croissance. Des recommandations seront formulées quant à l'évaluation du stress dû aux métaux sur les organismes benthiques, et à la prédiction de changements dans la biodisponibilité de métaux qui pourraient résulter de perturbations humaines (p.e. acidification).

Les résultats seront d'une importance pratique pour les personnes du public et des secteurs privés qui sont concernées par la gestion rationnelle de contaminants *in situ* et avec les conséquences géochimiques/biologiques du transport à longue portée de polluants provenant de l'air.

**Financement:** Fonds mondial pour la nature; CRSNG; Université du Québec (FODAR)

### 3.2.4.2 Les plantes aquatiques comme bioindicateurs de la contamination du système Saint-Laurent en métaux toxiques: bioaccumulation, détoxification et effets sous-létaux

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Collaboratrice:** Louise ST-CYR

**Description et objectifs:** Le présent projet a pour objectif général d'évaluer le potentiel des plantes aquatiques supérieures comme bioindicateurs de contaminants dans le système Saint-Laurent, et ceci à deux niveaux complémentaires. Le premier consiste à développer et à tester un modèle prédictif de la bioaccumulation des métaux traces chez les plantes aquatiques; ce modèle tiendra notamment compte du rôle clé que peuvent jouer les oxyhydroxydes de fer en "protégeant" les plantes, à la fois dans leur rhizosphère et dans les sédiments. Le second niveau consiste à déterminer le rôle des phytochélatines dans la détoxification des métaux accumulés, et à évaluer le potentiel de ces peptides chélateurs et de certaines enzymes comme indicateurs biochimiques d'une pollution chronique en métaux toxiques.

La méthodologie proposée implique surtout des études sur le terrain, le long d'un gradient de contamination en métaux toxiques (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) dans les lacs fluviaux du système Saint-Laurent, mais elle comporte aussi des expériences complémentaires réalisées au laboratoire dans des conditions contrôlées. Dans les deux cas, on déterminera les concentrations tissulaires en métaux (Phase I) et en phytochélatines (Phase II) chez des espèces sentinelles potentielles. Ensuite, on cherchera des liens entre la répartition intracellulaire des métaux et l'état physiologique des plantes (Phase III).

Les résultats escomptés de ce projet sont:

- i) une approche géochimique éprouvée pour évaluer la biodisponibilité, pour les plantes aquatiques, des métaux toxiques associés aux sédiments;

- ii) une première indication du stress provoqué chez ces plantes par les métaux toxiques bioaccumulés;
- iii) l'identification d'espèces "sentinelles" qui pourront servir comme biomoniteurs de métaux dans le système Saint-Laurent.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Centre Saint-Laurent)

### 3.2.4.3 Évaluation de la disposition sous l'eau de résidus miniers

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** À la demande d'Énergie, Mines et Ressources Canada, par l'intermédiaire de l'Académie Rawson des sciences de l'Eau, nous entreprenons une revue de littérature dans le domaine de l'écotoxicologie des métaux lourds. On traite à la fois des métaux dissous ("Modèle de l'ion libre") et des métaux associés aux sédiments aquatiques et/ou aux résidus miniers submergés.

**Financement:** Académie Rawson

### 3.2.4.4 Indicateurs biochimiques de stress provoqués par les métaux toxiques chez les invertébrés benthiques

**Responsable:** Peter G.C. CAMPBELL

**Collaborateurs:** Landis HARE  
André TESSIER

**Description et objectifs:** Une des approches qui s'offrent en matière de protection des écosystèmes aquatiques contre l'agression de contaminants toxiques est celle des "indicateurs biochimiques de santé environnementale", ou "biomarqueurs". Le principe qui sous-tend cette approche est que tout effet toxique dans l'environnement débute par une réaction entre l'élément toxique et un récepteur biochimique dans un organisme vivant. La

concentration de polluant requise pour déclencher cette réaction est souvent bien inférieure à celle provoquant une crise dans l'organisme ou une dégradation visible d'un écosystème donné. Ainsi, la détection et la mesure de ces réactions chimiques pourraient fournir un outil sensible, spécifique et indicateur de stress dans l'environnement. Ainsi, le présent projet vise à élucider les mécanismes de détoxification de métaux qui prévalent chez des organismes benthiques indigènes (vivant dans des conditions contaminées), et à évaluer le potentiel des molécules impliquées dans cette détoxification (ex: métallothionéines, ou autres ligands aptes à complexer des métaux) comme indicateurs précoces d'une atteinte à leur santé.

Le projet comprend des études le long d'un gradient de contamination en métaux (notamment le Cd), ainsi que des expériences de transplantation impliquant le transfert d'organismes benthiques d'un milieu propre à un milieu contaminé. Ces expériences de transfert sont conçues pour vérifier le temps de réponse des teneurs tissulaires en métaux et en métallothionéines à des perturbations environnementales, et pour relier ces changements à l'état physiologique des organismes cibles.

Sur le plan pratique, l'étude donnera lieu à des recommandations précises quant à (i) l'évaluation de l'impact environnemental réel des métaux associés aux sédiments aquatiques, et (ii) la faisabilité d'incorporer des indicateurs biochimiques dans un réseau de surveillance biologique pour les métaux dans le milieu aquatique.

**Financement:** CRSNG - stratégique

### 3.2.4.5 Modèle de génération d'alcalinité interne dans les lacs sensibles à l'acidification

**Responsable:** Richard CARIGNAN

**Collaborateur:** André TESSIER

**Description et objectifs:** Le présent projet de recherche comporte les trois objectifs suivants:

1) quantifier, dans un premier temps, l'importance absolue de la génération d'alcalinité interne due

à la réduction du  $\text{NO}_3^-$  et du  $\text{SO}_4^{2-}$  dans des lacs représentatifs de trois régions affectées par les précipitations acides (Jacques-Cartier, Mauricie et Témiscamingue), et d'autre part peu affectée (Haute Côte-Nord);

2) identifier les principaux facteurs contrôlant la génération interne d'alcalinité par réduction du  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  dans les lacs de ces régions. Ceci permettra la formulation de modèles prédictifs du taux de génération interne d'alcalinité. Le, ou les modèles seront appliqués aux lacs du Québec et seront généralisés, si possible, à l'ensemble des données mondialement disponibles;

3) la portée socio-économique d'un tel projet resterait limitée si les connaissances acquises en 1 et 2 n'étaient pas traduites en un formalisme simple pouvant s'appliquer directement aux problèmes de gestion des régions affectées par les précipitations acides. Nous proposons donc d'optimiser les modèles trouvés en 2 en minimisant le nombre de variables indépendantes et l'effort requis pour arriver à une estimation raisonnablement juste de la génération d'alcalinité interne. En d'autres termes, nous nous efforcerons de formuler un modèle ayant une structure simple ne requérant que des variables faciles à mesurer sur un grand nombre de lacs. Ce (ou ces) modèle simplifié sera alors intégré aux modèles de gestion courants (par exemple: SIGMA/SLAM, ministère de l'Environnement du Québec).

**Financement:** CRSNG - Stratégique

### 3.2.4.6 Application de l'électrochimie et de la robotique à l'étude in situ de l'interface eau-sédiment

**Responsable:** Richard CARIGNAN

**Description et objectifs:** Dans les océans, les lacs et les eaux courantes, plusieurs réactions donnant lieu à des transformations et des flux quantitativement importants de polluants et d'éléments nutritifs se déroulent à l'interface eau-sédiment. Ces réactions ont souvent lieu sur une échelle verticale microscopiques (quelques dizaines de microns à quelques millimètres). Le développe-

ment récent par l'INRS d'un micromanipulateur submersible permet maintenant l'étude de la structure fine des propriétés physiques et chimiques de l'interface. Nous demandons un soutien financier pour développer un nouveau type de microélectrode à iridium qui serviront à l'étude de la chimie et des flux de métaux traces à l'interface eau-sédiment. Nos principaux objectifs sont:

- 1- la détermination des propriétés de la couche stagnante benthique;
- 2- le développement de microélectrodes spéciaux aux métaux traces (Pb, Cu, Cd, Zn) et la quantification des flux de métaux traces à l'interface eau-sédiment;
- 3- la description des transformations géochimiques des métaux traces à l'intérieur de la zone de transition redox, près de l'interface eau-sédiment.

Les mesures seront principalement effectuées à deux sites: le lac Tantaré, situé au nord de Québec, et dans un des lacs fluviaux du Saint-Laurent, en raison du degré élevé de contamination des sédiments ou de la colonne d'eau. En plus de contribuer à notre connaissance sur l'interface, les résultats du projet seront utilisables par l'industrie canadienne de la robotique et par les organismes concernés par la contamination des milieux aquatiques. Notre projet répond donc directement au besoin de développer des technologies de pointe dans le secteur de l'environnement, tel qu'identifié par le CRSNG.

**Financement:** CRSNG

### 3.2.4.7 Solubilisation biologique des métaux lourds dans les sédiments fortement contaminés

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateurs:** Shucai ZHU  
Guy MERCIER

**Description et objectifs:** Le dragage des voies navigables et des ports est souvent nécessaire pour permettre la navigation maritime. Des quantités importantes de sédiments sont draguées chaque

année dans le système fluvial et la plupart de ceux-ci sont rejetés en eau libre. Cependant, une proportion de ces sédiments est trop contaminée pour un rejet en eau libre et le confinement en milieu terrestre est alors requis. Ce confinement est coûteux. Un procédé d'enlèvement biologique des métaux lourds dans les boues d'épuration a été développé à l'INRS-Eau. Ce procédé est appliqué sur les boues aérobies ou anaérobies; ce qui laisse supposer qu'il pourrait être appliqué et optimisé pour la décontamination des sédiments. Cette recherche débutera par une campagne d'échantillonnage d'une dizaine de sites contaminés qui permettra de choisir les sédiments à utiliser pour le développement du procédé en fonction des quantités de métaux totaux et de l'estimateur de remplacement de l'ion libre (i.e. biodisponibilité des métaux).

Les sédiments choisis serviront à l'optimisation du procédé (N et P, pH initial, % ST, substrat, T) lors d'essais en erlenmeyer. La deuxième étape (an 2) sera l'optimisation du procédé en cuvette de 30 L (aération, % inoculum, % ST) alors que la dernière étape consistera à l'étude du procédé en réacteur en continu avec recirculation d'une partie de la biomasse (an 3). Lors des essais dans des réacteurs de 30 L, le mode de séparation solide-liquide et la précipitation sélective des métaux seront étudiés. Le procédé devrait alors être applicable pour une étude à l'échelle pilote.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Environnement Canada)

### 3.2.4.8 Métaux traces et les invertébrés aquatiques: biodisponibilité, bioaccumulation et effets toxiques

**Responsable:** Landis HARE

**Description et objectifs:** Les métaux traces en milieu lacustre ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et les animaux benthiques. Cette bioaccumulation suggère qu'on peut utiliser des animaux benthiques comme indicateur de l'état de contamination des systèmes aquatiques. Ceci est possible lorsque les relations entre le bioindicateur, le contaminant et le milieu sont bien

connues. Ces recherches visent à élucider ces relations pour plusieurs niveaux d'organisation biologique.

Au niveau de la communauté, des expériences in situ vérifient des hypothèses concernant les mécanismes géochimiques contrôlant la biodisponibilité et la toxicité des métaux envers les animaux benthiques. Au niveau de l'individu, il y a élaboration des relations prédisant les concentrations des métaux chez les animaux benthiques en fonction de celles de leur milieu. Ces relations sont basées sur des modèles mécanistes qui tiennent compte de la biodisponibilité des métaux et de la biologie des animaux. D'autres aspects à étudier comprennent la capacité des larves d'insectes à détecter des métaux, leur comportement fouisseur et nutritionnel en relation avec la bioaccumulation et les voies d'entrées des métaux traces (par l'eau ou par la nourriture). La dynamique des métaux traces et leurs stockages à l'intérieur d'un individu sont également étudiés pour mettre en évidence les processus impliqués dans la régulation des métaux traces au niveau des organes et des cellules.

Ces recherches permettent de mieux nous servir des invertébrés benthiques pour estimer la biodisponibilité et la toxicité des métaux traces dans les eaux douces.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.2.4.9 Études environnementales sur les métaux comme contaminants dans les lacs

**Responsable:** Landis HARE

**Collaborateur:** Stéphane PRÉMONT

**Description et objectifs:** D'un côté, les sédiments lacustres riches en métaux posent un danger potentiel aux animaux qui y habitent. De l'autre côté, les animaux qui accumulent les métaux peuvent nous servir comme indicateurs du degré de contamination des lacs. Pour développer des modèles déterministes qui permettent une bonne prédiction des concentrations des métaux chez les animaux, une série d'études sont menées afin de mesurer les principaux facteurs chimiques et

biologiques influençant l'accumulation des métaux par les animaux aquatiques. L'accumulation des métaux par les insectes aquatiques serait étudiée dans une série de lacs par une gamme de concentration en métaux. En laboratoire, des expériences sont conçues pour étudier les mécanismes chimiques contrôlant la bioaccumulation. Par exemple, l'effet atténuateur de  $[H^+]$  sur la concentration des métaux chez les animaux serait mesuré.

**Financement:** Emploi et Immigration Canada

### 3.2.4.10 Prédiction des concentrations en métaux traces chez les invertébrés aquatiques

**Responsable:** Landis Hare

**Collaborateurs:** André TESSIER  
Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** Les objectifs principaux du projet sont: i) d'expliquer l'effet atténuateur de  $[H^+]$  sur les concentrations en métaux traces chez les insectes aquatiques, comme observé pour des lacs acides, et d'en tenir compte spécifiquement dans la formulation d'un modèle de prédiction; ii) d'améliorer la prédiction de  $[M^{2+}]$  à partir des variables sédimentaires dans un sous-modèle géochimique; iii) d'étudier en laboratoire, dans des conditions contrôlées, les facteurs chimiques et biologiques influençant l'accumulation des métaux. Le projet générera des équations de prédiction de concentrations de métaux dans les animaux aquatiques.

**Financement:** MENVIQ (Projets de Recherche Exploratoire en Environnement)

### 3.2.4.11 Écotoxicologie des métaux traces chez les insectes lacustres

**Responsable:** Landis Hare

**Description et objectifs:** Les métaux traces en milieu lacustre ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et dans les animaux benthiques. Cette bioaccumulation suggère qu'on pourrait utiliser des animaux benthiques comme indicateur de l'état de contamination des systèmes aquati-

ques. Ceci sera possible lorsque les relations entre le bioindicateur, le contaminant et le milieu seront mieux connues. **Les objectifs de projet se résument ainsi:** (i) Déterminer les facteurs biologiques (nutrition, comportement, physiologie, cycle de vie) affectant l'accumulation des métaux traces. (ii) Étudier les voies d'entrée, les mouvements internes, le stockage, et la sortie des métaux traces chez les insectes aquatiques. (iii) En fonction des connaissances obtenues dans (i) et (ii), élaborer et tester des modèles pouvant prédire l'accumulation et la toxicité des métaux traces chez les invertébrés benthiques, à partir de mesures géochimiques dans le milieu où ils vivent.

**Financement:** INRS Générale, subvention de démarrage INRS

### 3.2.4.12 Séismicité de l'Holocène telle que révélée par l'étude de certains sédiments lacustres du nord-est québécois

**Responsable:** Marcel OUELLET

**Description et objectifs:** Les principaux objectifs du présent programme de recherche visent, au moyen de l'approche paléolimnologique, à mieux comprendre les dynamiques spatiale et temporelle des sédiments lacustres et fluviaux, de certains types de bassins hydrographiques, susceptibles de révéler des indices de fréquence et de magnitude de la paléoséismicité de l'Holocène de la Haute et Moyenne Côte-Nord du Québec. La fréquence et l'épaisseur de certaines strates limoneuses dans des dépôts lacustres organiques, telles que révélées par l'utilisation de la séismique à réflexion en continu de basse fréquence et par des carottages lourds de l'ensemble de la section sédimentaire, seront de bons indicateurs paléoécologiques de l'histoire de la séismicité post-glaciaire de la région étudiée. Advenant le développement d'une telle approche de reconstitution des activités séismiques préhistoriques, celle-ci pourrait être incorporée dans un grand nombre de modèles de prédiction des risques de tremblements de terre dans presque toutes les régions du monde.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Énergie, Mines et Ressources Canada)

### 3.2.4.13 Prédiction de la bioaccumulation des métaux lourds chez les organismes phytophiles des lacs fluviaux du Saint-Laurent

**Responsable:** Bernadette PINEL-ALLOUL<sup>10</sup>

**Collaborateur:** Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** La recherche proposée vise à évaluer le potentiel des organismes phytophiles (amphipodes, gastéropodes) associés aux sédiments de fond et au complexe macrophytes-épiphytes pour le développement d'indicateurs de qualité du milieu et de modèles de prédiction de la bioaccumulation à court terme des métaux dans les réseaux trophiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

Plusieurs facteurs influencent l'incorporation et la bioaccumulation des métaux par les organismes benthiques, soit les modes de nutrition des organismes, la répartition des métaux et leur forme chimique dans les phases géochimiques des sédiments, la biodisponibilité des métaux et les facteurs environnementaux (matières organiques, acidité, dureté). Les processus et les facteurs contrôlant la biodisponibilité des métaux ne sont pas encore totalement élucidés pour une grande variété d'organismes et de milieux. Les études récentes ont surtout porté sur les mollusques pélicypodes, les plantes aquatiques et les algues. Parmi les invertébrés benthiques, plusieurs types d'organismes, en particulier les pélicypodes, les écrevisses, les chironomides et les oligochètes ont servi à l'étude de la bioconcentration et la bioaccumulation des métaux et ont été proposés comme bioindicateurs de la contamination de l'eau ou des sédiments. Très peu d'attention a été accordée aux invertébrés phytophiles tels que les amphipodes et les mollusques gastéropodes, bien que ces organismes constituent une fraction très importante de la diète des poissons littoraux.

Les principales hypothèses mises à l'épreuve dans le cadre du projet seront:

- i) les organismes phytophiles peuvent servir de bioindicateurs des variations à court terme de contamination de leur milieu par les métaux lourds;

- ii) la concentration des métaux dans les organismes phytophiles varie en une fonction de la concentration de l'ion métallique libre  $[M^{z+}]$ , laquelle est contrôlée par des réactions de sorption sur la matière organique et le fer dans les sédiments superficiels;
- iii) chez les organismes phytophiles (amphipodes, gastéropodes), la concentration des métaux dans le seston et/ou dans l'épiphyton influence aussi la bioaccumulation des métaux par ces organismes.

Les connaissances acquises dans le cadre de ce projet permettront aux gestionnaires de l'environnement aquatique du Saint-Laurent d'élaborer des critères plus scientifiques vis-à-vis des risques écotoxicologiques associés à la contamination du milieu fluvial par les métaux lourds.

**Financement:** CRSNG - Partenariat de recherche (Centre Saint-Laurent)

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

**Responsable:** André TESSIER

**Description et objectifs:** Nous avons développé et vérifié *in situ* un modèle déterministe basé sur la théorie de complexation de surface qui permet de modéliser la distribution d'un élément trace entre les oxyhydroxydes de Fe et la matière organique des sédiments oxiques et l'eau surnageante. Ce modèle est assez grossier et on propose de l'améliorer en prenant différentes approches. On propose des mesures *in situ* dans des lacs le long d'un gradient de pH qui permettront d'estimer la contribution des oxydes de Mn à la sorption des éléments traces (et donc d'en tenir compte dans le modèle géochimique de répartition), surtout pour les lacs de pH > 5,5-6,0 où ces oxyhydroxydes sont thermodynamiquement stables; ces études permettront de déterminer des constantes de sorption conditionnelles globales des éléments traces sur les oxyhydroxydes de Fe et Mn et sur la matière organique sédimentaire. Des constantes du même type seront déterminées en étudiant au laboratoire la sorption des éléments traces sur des

sédiments lacustres oxiques de lacs de différents Ph, amputés ou non de certaines phases responsables de la sorption. Des expériences d'adsorption d'éléments traces sur des oxyhydroxydes de Fe synthétiques ressemblant aux oxyhydroxydes de Fe diagenétiques identifiés dans les sédiments lacustres sont également prévues pour déterminer des constantes d'adsorption intrinsèques qui seront ensuite utilisées pour modéliser l'adsorption dans les sédiments et confronter les résultats de la modélisation avec des mesures *in situ*. Finalement, on propose des expériences *in situ* pour mieux comprendre les processus responsables de la dissolution et de la réduction du fer dans la colonne d'eau de lacs.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

#### 3.2.4.15 Invertébrés benthiques lacustres: prédiction de leur concentration en métaux traces

**Responsable:** André TESSIER

**Collaborateurs:** Peter G.C. CAMPBELL  
Landis HARE

**Description et objectifs:** Nous avons développé et vérifié *in situ* un modèle basé sur les concepts de l'interaction ion libre-organismes biologiques et de la complexation de surface. Il permet de relier la concentration du métal dans un organisme aquatique à celles dans l'eau ou les sédiments oxiques superficiels. Le projet vise à améliorer ce modèle en tenant compte explicitement de l'effet compétitif de  $H^+$  sur l'uptake des métaux par les organismes. Les organismes aquatiques choisis pour l'étude sont des insectes aquatiques (*Chaoborus*, *Chironomus*) qui sont très répandus, dans des lacs de différentes valeurs de pH. En plus de permettre de développer le modèle prédictif, ces insectes offrent un bon potentiel d'utilisation comme biomoniteurs. Le projet propose des expériences de terrain et en laboratoire pour vérifier l'hypothèse qu'il y a une compétition entre  $H^+$  et M dissous pour les sites biologiques d'uptake des métaux et que cette compétition est importante dans les lacs de bas pH. D'un point de vue pratique, le projet mènera à des équations permettant de prédire la concentration de métaux dans les insectes étudiés à partir des concentra-

tions de ces métaux dans leur environnement. De telles informations permettront l'utilisation des animaux aquatiques étudiés comme bioindicateurs de l'état de santé des lacs.

**Financement:** CRSNG - Stratégique

### 3.2.5 Sol (bassin versant)

#### 3.2.5.1 Modélisation: cycles de l'eau et de l'azote dans la forêt boréale

**Responsable:** H. Gerald JONES

**Collaborateur:** Jean STEIN

**Description et objectifs:** L'objectif de la phase I est le développement d'un modèle des dépôts secs basé sur l'étude des processus d'interaction forêt-atmosphère. Celui-ci est le transfert des composés azotés directs entre l'atmosphère et la forêt (sol et/ou neige, voûte forestière) et la transformation photooxydative ( $O_3$ ,  $H_2O_2$ ) de  $NO_2$  sur les interfaces. Le modèle sera utilisé pour simuler les taux de dépôts secs sur des surfaces dont l'activité biologique est absente ou présente. Le modèle sera doté de paramètres de contrôle (température, humidité, lumière et composition atmosphérique). Le modèle ne génère que des extrants pendant les périodes sèches. Le taux de dépôts secs et les concentrations d'oxydants dans la voûte forestière seront analysés en fonction de la saison et en fonction de l'évolution des caractéristiques morphologiques des épines. Ceci afin de déceler une relation quelconque entre la composition atmosphérique et l'endommagement du tissu photosynthétique des conifères.

**Financement:** FCAR - Université Laval

#### 3.2.5.2 Caractérisation du comportement du pergélisol et des infrastructures de transport au Québec nordique

**Responsable:** Francisco PADILLA

**Collaborateurs:** Michel ALLARD<sup>11</sup>  
Maurice K. SÉGUIN<sup>11</sup>  
Jean PILON<sup>12</sup>

**Description et objectifs:** Ce projet fait partie intégrante du projet intitulé "Le pergélisol et les infrastructures de transport au Québec nordique" (Centre d'Études Nordiques, Université Laval).

Les activités de recherche sont destinées à la caractérisation du comportement du pergélisol et des infrastructures de transport au Québec nordique. Au cours de recherches précédentes, les simulations effectuées à l'aide du modèle MELEF-3v, ainsi que les études expérimentales, ont permis de mieux connaître les rapports existants entre d'une part, les effets du gel et du dégel, et d'autre part, les propriétés physiques des sols. L'étude du comportement du pergélisol sera effectuée en relation avec la période de gel-dégel, les propriétés des sols et des matériaux de remblais et les conditions rencontrées sur le terrain.

A l'aide de l'application systématique de la simulation, les mesures disponibles permettront d'élaborer une banque de données pouvant constituer la base d'un système expert destiné à répondre à des besoins des études concernant le pergélisol nordique du Québec. Le but ultime de cette recherche sera la présentation d'une table de valeurs des paramètres applicables aux communautés du Nunavik: épaisseurs du mollisol dégelé, date du regel complet du mollisol, soulèvements à la surface du sol, etc. Il est important de connaître ces paramètres pour fixer des normes de construction, planifier des travaux d'excavation, etc. Également, certaines simulations seront orientées afin d'apporter des solutions spécifiques au cas problématiques qui seront rencontrés.

**Financement:** Ministère des Transports du Québec (collaboration CEN, Un. Laval)

#### 3.2.5.3 Caractérisation et simulation du comportement des principaux sols gélifs du Québec

**Responsable:** Francisco PADILLA

**Description et objectifs:** Le but du présent projet est d'identifier et de caractériser les principaux types de sols gélifs du Québec afin de mieux prévoir leur comportement sous les effets du gel-dégel. Ce projet permettra d'atteindre les objectifs particuliers suivants:

- l'acquisition d'une meilleure connaissance des propriétés physiques des sols gélifs québécois;
- l'adaptation et l'application du modèle de simulation MELEF-3v aux caractéristiques des principaux sols gélifs du Québec;
- la prévision adéquate du comportement des sols vulnérables au gel, et les recommandations qui s'ensuivent concernant le dimensionnement, l'entretien et le renforcement des chaussées, des constructions et des aéroports soumis à des conditions nordiques;
- l'avancement général dans le domaine de la modélisation et de la compréhension des problèmes reliés à l'hydrologie nordique et au pergélisol.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.2.5.4 Biogéochimie de substances polluantes dans le milieu aquatique

**Responsable:** André TESSIER

**Collaborateurs:** Peter G.C. CAMPBELL

Richard CARIGNAN	Landis HARE
J-Christian AUCLAIR	William NELSON
M-A. HUERTA-DIAZ	Richard DeVITRE <sup>13</sup>
Stefan MICALLEF	Jacques BUFFLE <sup>13</sup>

**Description et objectifs:** La dégradation de l'environnement mène à des coûts directs et indirects importants. L'élaboration de politiques rationnelles de gestion des substances toxiques doit s'appuyer sur la connaissance du destin et des cycles des substances polluantes et sur la compréhension de leurs effets sur les organismes biologiques. C'est dans ce contexte que s'inscrit le programme de recherche dont les objectifs sont:

- i) de comprendre et de modéliser les réactions géochimiques auxquelles sont soumises les substances polluantes dans un bassin versant;
- ii) de modéliser l'accumulation des substances polluantes dans les organismes aquatiques;
- iii) de déterminer les effets des substances polluantes sur les organismes biologiques, les populations et les communautés.

Les projets proposés s'inscrivent dans le cadre de ces objectifs généraux et portent sur la diagénèse des métaux traces dans les sédiments récents, sur l'accumulation de métaux traces par des organismes aquatiques, ainsi que sur l'identification des réservoirs de soufre dans un bassin versant.

**Financement:** FCAR - Soutien aux équipes de recherche

## 3.2.6 Ichtyologie - Étude et gestion des habitats

### 3.2.6.1 Déterminisme génétique et écologique de la spéciation chez les poissons

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Description et objectifs:** L'objectif général du programme de recherche vise à identifier le rôle respectif des mécanismes responsables de la différenciation génétique et phénotypique chez les poissons en utilisant comme modèle une espèce commerciale de première importance au Canada, le Grand corégone (Salmonidae). L'approche proposée est innovatrice, faisant appel à l'intégration de connaissances en écologie et génétique moléculaire. En plus des connaissances qu'il apportera relativement aux mécanismes responsables de la différenciation génétique et phénotypique chez les poissons, ce projet est d'intérêt pour la biologie de la conservation puisqu'il procure une opportunité de documenter la réponse des espèces face aux changements écologiques et

sociaux susceptibles de se produire lorsque des barrières existantes sont brisées soit par introduction volontaire ou par éliminations de barrières géographiques.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.2.6.2 Différenciation génétique entre populations sympatriques de formes naines et normales de Grand corégone (*C. clupeaformis*)

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Description et objectifs:** Le complexe spécifique de Grand corégone représente le poisson d'eau douce de plus grande valeur économique au Canada. Il constitue une composante majeure de la pêche de subsistance de même qu'une ressource potentielle pour le développement d'une exploitation commerciale pour les populations autochtones. Une considération essentielle en vue d'une gestion rationnelle et de la conservation de cette espèce repose sur la possibilité pour les gestionnaires d'identifier les populations apparentées dans l'ensemble de l'aire de répartition, puisque celles-ci peuvent démontrer des réponses physiologiques, écologiques ou comportementales similaires face à un environnement modifié.

L'objectif premier de la poursuite de cette étude est de déterminer les relations génétiques entre populations atypiques naines de Grand corégone de l'est du Canada. La méthodologie adoptée pour l'atteinte de cet objectif est celle de l'étude de la différenciation de l'ADN mitochondrial entre populations sympatriques naines et normales des lacs Témiscouata et Long et des réservoirs Outardes 2 et 3. Ce projet procurera les connaissances sur la composition génétique de ces populations exceptionnelles qui sont essentielles au développement d'une politique de gestion en vue d'assurer leur conservation face aux perturbations de leur habitat.

**Financement:** CRSNG - Ministère des Pêches et Océans Canada

### 3.2.6.3 Performances physiologiques à basse température et variation génétique chez les hybrides naturels d'omble de fontaine et d'Omble chevalier

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Collaborateurs:** Pierre BLIER  
Pierre MAGNAN

**Description et objectifs:** L'Omble de fontaine est un Salmonidé d'importance majeure au Québec. On estime à 150 millions de dollars par an les retombées économiques reliées directement ou indirectement à la pêche récréative et la production aquicole. Une contrainte majeure à laquelle font face les producteurs d'Omble est celle du régime de basses températures qui limitent la croissance. Nous avons récemment identifié au Québec certaines populations d'Omble de fontaine qui ont naturellement incorporé dans leur bagage génétique des gènes mitochondriaux d'une espèce arctique (adaptée aux eaux froides) apparentée soit l'omble chevalier.

Notre hypothèse de recherche est donc que ces populations devraient démontrer une performance accrue à basse température.

**Financement:** FODAR

### 3.2.6.4 Détermination de la structure populationnelle de l'Eperlan arc-en-ciel de l'estuaire du Saint-Laurent par analyse de l'ADN mitochondrial

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Description et objectifs:** Ce projet vise à tester l'hypothèse générale voulant que le nombre d'unités de reproduction distincte d'Eperlan-arc-en-ciel dans l'estuaire du Saint-Laurent soit fonction du nombre d'aire de rétention propice à la survie larvaire plutôt que du nombre de frayères. Cette étude permettra donc d'établir quels sont les

groupes d'Eperlans qui devraient être considérés séparément, selon le concept des stocks, dans l'établissement éventuels de nouvelles mesures de gestion face au déclin apparent de l'espèce dans certaines régions.

**Financement:** Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche

### 3.2.6.5 Étude génétique en relation avec les paramètres de reproduction chez l'Omble de fontaine

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Collaborateurs:** Roy DANZMANN  
Pierre MAGNAN

**Description et objectifs:** Ce projet a pour objectif général de rechercher des marqueurs génétiques reliés à des paramètres de production et de développer une méthode permettant de prédire l'impact et le succès desensemencements chez l'Omble de fontaine.

**Financement:** Projet de coopération Québec-Provinces canadiennes

### 3.2.6.6 Étude de la faisabilité de caractérisation génétique des stocks de Ouananiches du Lac Saint-Jean

**Responsable:** Louis BERNATCHEZ

**Description et objectifs:** Les objectifs de ce mandat sont:

- a) déterminer les approches génétiques pouvant être appliquées à l'étude des populations de Ouananiches, notamment dans le but d'estimer la contribution relative de chacun des stocks à la pêche sportive;
- b) élaborer un protocole expérimental d'analyse populationnelle de Ouananiches.

**Financement:** Hydro-Québec, collaboration avec le Groupe Environnement Shoener (consultant principal)

## 3.3 Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales

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'accent sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme "Biogéochimie", il existe ici des liens inter-programme importants. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons de nouveau le lien avec le programme de "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.

### 3.3.1 Boues

#### 3.3.1.1 Biolix-A: Étude à l'échelle pilote du procédé au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de solubilisation des métaux lourds dans les boues d'épuration

**Responsable administratif:**  
Jean-Pierre VILLENEUVE

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateurs:** Myriam CHARTIER  
Guy MERCIER                    Denis SIMARD  
Pierre CHOUINARD            Brigitte PATRY  
Guy ROBERGE

**Description et objectifs:** Les procédés de biolixiviation des métaux associés aux boues s'avèrent moins coûteux et plus performants que les procédés physico-chimiques traditionnellement utilisés pour la décontamination. Le procédé de

biolixiviation au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  permet de débarrasser les boues, digérées anaérobiquement, de leurs métaux en 18 heures avec une efficacité de l'ordre de 90%. L'objectif majeur de cette recherche est la mise à l'échelle, donc la démonstration industrielle pour fin de commercialisation (à court terme), du procédé au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dont l'optimisation est presque complètement au niveau du laboratoire. Plus spécifiquement, il s'agit:

- de démontrer l'applicabilité du procédé, dans des réacteurs de volumes substantiels (échelle pilote), sur des boues non digérées (boues vertes);
- d'évaluer la possibilité d'étendre les résultats obtenus à d'autres types de boues;
- de démontrer à l'échelle pilote, les étapes de filtration des boues traitées et de précipitation des métaux solubilisés;
- de démontrer et d'évaluer, à l'échelle pilote, le degré de décontamination des boues traitées et leur valeur agricole; et
- de démontrer, toujours à l'échelle pilote, que la décontamination des boues est une approche techniquement, environnementalement et économiquement très compétitive.

**Financement:** Appel public à l'épargne

### 3.3.1.2 Détermination de l'influence de différentes pratiques de valorisation des boues d'épuration des eaux urbaines sur la productivité des érablières et des sapinières et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateurs:** Guy MERCIER  
Pierre CHOUINARD

**Description et objectifs:** Le présent projet vise à étudier l'épandage sylvicole de boues d'épuration dans une érablière et dans une culture de sapins de Noël. L'effet de diverses doses d'épandage sera étudié quant à son effet sur la croissance des

arbres et sur la contamination en métaux de la sève d'érable. L'effet du pH du sol sera étudié ainsi que l'accumulation des métaux dans le sol. L'effet des épandages sur le réseau hydrique sera étudié par la variation de la qualité des eaux de surface et de l'eau de la zone non saturée du sol. Trois pentes de sol différentes seront évaluées afin de pouvoir estimer l'effet de ce paramètre sur la contamination des eaux de surface en particulier. Les principaux contaminants à mesurer sont  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et les métaux qui sont présents dans une boue d'épuration.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (FRDTE), Agriculture Canada, Communauté urbaine de Québec, l'Université de Sherbrooke et le Groupe Conseil Solivar Inc.

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

**Responsable:** Rajeshwar D. TYAGI

**Description et objectifs:** Ce projet de recherche a comme objectifs: i) l'étude de la réponse dynamique de la biodégradation d'une substance et les performances du séparateur secondaire concernant l'inhibition par les métaux et l'inhibition de la digestion anaérobie par les métaux (phases acidogène et méthanogène); ii) l'élimination des métaux des boues de digestion anaérobie par lixiviation microbienne. La réponse dynamique sera étudiée en faisant varier la concentration des métaux en mode de pulsation ou en mode par étapes.

Les résultats expérimentaux seront comparés avec les équations mathématiques déjà développées et une stratégie pour contrôler l'effet inhibiteur sera développée. Les effets de l'inhibition par les métaux seront étudiés séparément en ce qui concerne la phase acidogène et la phase méthanogène; les équations cinétiques en seront ainsi dérivées.

La récupération des métaux des boues digérées sera étudiée en termes d'optimisation des paramètres du milieu, de remplacement du fer soluble par une autre source moins chère, de l'adaptation de

la souche **ferrooxidans** aux sulfures et aux composés sulfures, de l'isolement d'une nouvelle souche potentielle et de l'analyse de la cinétique de la lixiviation microbienne. Différents types de bioréacteurs seront testés pour l'efficacité de l'élimination des métaux. Les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire seront alors utilisés pour développer le procédé à plus grande échelle et pour une plus longue durée.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.3.1.4 Enlèvement des métaux lourds des boues municipales et des déchets industriels par des souches bactériennes superactives

**Responsable:** Rajeshwar D. TYAGI

**Collaborateurs:** Jean-Christian AUCLAIR  
Denis COUILLARD J.-François BLAIS  
Peter G.C. CAMPBELL

**Description et objectifs:** Les boues produites au cours de l'épuration des eaux usées contiennent 80 à 90% de la quantité totale des métaux lourds de l'effluent original. Les concentrations de métaux retrouvés dans les boues peuvent atteindre 2% sur une base de poids sec, suite à la digestion anaérobie. Avant la disposition finale de ces boues (enfouissement, rejets en mer, incinération, épandage sur les terres agricoles) les métaux lourds doivent être enlevés afin de minimiser les risques pour la santé de la population. Les objectifs généraux de cette étude multidisciplinaire sont de développer un procédé simple, peu onéreux, et efficace pour l'extraction des métaux lourds des boues, et d'isoler ceux-ci pour, par la suite, les recycler en industrie métallurgique. Les caractéristiques principales recherchées pour la mise au point d'un procédé biotechnologique d'enlèvement des métaux lourds sont les suivantes: fonctionnel au pH initial des boues (7.0 - 8.5); temps de résidence le plus court possible afin de diminuer le volume du bioréacteur; solubilisation à des niveaux acceptables de tous les métaux lourds; utilisation d'un substrat peu coûteux pour la croissance bactérienne, lequel peut être entreposé et transporté facilement; de plus, l'opération du procédé doit être peu onéreuse, facilement réali-

sable, et possible à des températures aussi basses que 10°C.

L'utilisation des souches bactériennes hautement actives isolées dans notre laboratoire est conforme à ces exigences. De là, les objectifs spécifiques proposés pour le présent projet sont les suivants: caractériser les souches bactériennes hautement actives; évaluer le potentiel du procédé pour la destruction des pathogènes; déterminer l'influence de la spéciation des métaux dans les boues sur l'efficacité du procédé de solubilisation; tester les souches pour vérifier leur stabilité et leur performance en bioréacteur; et optimiser les conditions du procédé par des analyses cinétiques.

Ce projet sera une bonne opportunité de former du personnel hautement qualifié au niveau de la maîtrise et du doctorat. Une estimation basée sur des résultats expérimentaux préliminaires démontrent quel e coût de décontamination de la boue serait de 60 à 70\$ can. par tonne de boue sèche, lequel est moindre que les autres procédés chimiques et microbiens existants. Cette estimation comprend les frais d'installation, d'entretien et d'opération. De plus, les souches bactériennes superactives pourraient facilement être adaptées à d'autres problèmes de gestion des déchets (solubilisation des métaux; oxydation du soufre élémentaire et des composés soufrés) avec peu ou pas de changement.

**Financement:** CRSNG - Stratégique

### 3.3.2 Rejets miniers

#### 3.3.2.1 Biolix-B: Recyclage des résidus miniers et décontamination des boues des stations d'épuration municipales

**Responsable administrataif:**  
Jean-Pierre VILLENEUVE

**Responsable:** Jean-Louis SASSEVILLE

**Collaborateurs:** Rajeshwar D. TYAGI  
Olivier BANTON Pierre LAFRANCE  
J.-François BLAIS Nassiba HAMMOU

L-Marie BARRETTE	Rabia LEB CIR
Nathalie MEUNIER	Esther SALVANO
Pascale VACHON	Stéfane PRÉMONT
Martin MONTMINY	André PARENT
Bernard VEILLEUX	L TOROMANOFF
Christiane RENAUD	

**Description et objectifs:** Les activités scientifiques menées à l'intérieur de ce programme de recherche sont orientées vers la valorisation de rejets solides (recyclage des résidus miniers et valorisation des boues d'épuration) en vue de proposer des technologies performantes pour le contrôle de la pollution de l'eau. Une partie de ces activités de recherche porte sur la préparation de différents scénarios technologiques visant l'exploitation économique et la disposition sécuritaire des résidus miniers sulfureux par récupération des métaux présents et neutralisation totale ou partielle du potentiel acidogène de ces rejets miniers. L'autre partie des travaux de recherche est consacrée à la mise au point de procédés de décontamination des boues d'épuration chargées en métaux. La présence de ces toxiques constitue une contrainte importante pour la disposition sécuritaire des boues, notamment pour l'utilisation des boues comme fertilisants agricole et sylvicole.

Les recherches réalisées comportent deux volets. Le premier volet est celui de l'acquisition de connaissances génériques à l'aide de tests en laboratoire basés sur les informations scientifiques actuelles. Le second volet comporte deux étapes méthodologiques: la première étape porte sur la formulation d'hypothèses de technologies intégrées de décontamination utilisant la lixiviation bactérienne dans un ou plusieurs segments de procédés. La seconde étape consiste au choix de technologies et au design de prototypes technologiques présentant des performances jugées intéressantes et à leur justification pour d'éventuels investissements.

**Les résidus miniers:** La recherche et le développement sur la décontamination des résidus miniers sulfureux portent sur quatre (4) domaines: 1) l'évaluation de la pertinence de la lixiviation bactérienne en bioréacteur pour extraire les métaux et oxyder les composés réduits du soufre présents dans les résidus miniers; 2) l'évaluation de l'applicabilité de la lixiviation sur le terrain en vue d'accroître la performance coût-efficacité des

stratégies de recyclage des résidus miniers; 3) la récupération des métaux solubilisés; 4) l'évaluation des risques environnementaux pouvant résulter de l'application des divers scénarios technologiques de traitement des résidus.

**Les boues municipales:** La recherche et le développement sur l'extraction et la stabilisation des boues municipales comportent deux (2) domaines de développement des connaissances. Un premier domaine d'activités porte sur la stabilisation et la lixiviation combinées des boues d'épuration. Il s'agit d'optimiser, à l'échelle du laboratoire, un procédé biologique permettant conjointement la stabilisation des boues d'épuration et l'enlèvement des métaux toxiques. L'autre domaine d'activités porte sur l'extraction chimique des métaux associés aux boues d'épuration.

**L'intégration technologique:** L'intégration technologique comporte les secteurs d'activités suivants: 1) la validation des protocoles expérimentaux pour réduire les coûts des essais et pour maximiser le "output" des connaissances pertinentes; 2) le choix des hypothèses de procédés à l'aide de modèles; 3) la formulation des hypothèses de procédés en vue d'en déterminer la faisabilité à l'aide des modèles d'évaluation coût-efficacité et de considérations théoriques et empiriques puis, d'une façon plus définitive, en vue de constituer une argumentation pour d'éventuels investissements de mise à l'échelle.

**Financement:** Appel public à l'épargne

### 3.3.3 Contrôle

#### 3.3.3.1 Traitement d'une eau potable dont le goût est altéré par de grandes quantités de matière organique et de phytoplancton

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateur:** Pierre LAFRANCE

**Description et objectifs:** Plusieurs municipalités qui s'alimentent en eau potable à partir d'un lac

éprouvent des problèmes de goût avec cette eau. En effet, en fonction de l'état trophique du lac où la municipalité puise son eau potable, il arrive que de grandes quantités de matière organique et de phytoplancton donnent à cette eau un goût qui n'est pas agréable.

Les objectifs principaux de ce projet sont de vérifier les processus par lesquels une eau potable tirée d'un lac est affectée principalement par la matière organique et le phytoplancton et de déterminer quel traitement serait le plus approprié pour améliorer l'eau, compte tenu de la capacité de payer des municipalités qui comptent généralement une faible population. Les connaissances acquises, seront appliquées à la municipalité d'East-Broughton-Station qui s'alimente à partir du Lac du Cinq.

**Financement:** Municipalité et Association de Chasse & Pêche des Cantons de Broughton inc.

### 3.3.3.2 Étude des effets-chocs sur les systèmes de traitement biologique

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Description et objectifs:** Les usines de traitement biologique conventionnelles doivent souvent absorber des apports subits (dits effets-chocs), provenant d'eaux industrielles. La biomasse, dans la plupart des cas, est victime soit d'une "tuerie collective" par empoisonnement causé par des toxiques, soit d'un lessivage drastique. Dans le dernier cas, le renouvellement de la faune microbienne peut prendre jusqu'à plusieurs semaines avant de revenir à l'efficacité originale. Le besoin se fait donc pressant d'établir une stratégie de contrôle pour les usines à traitement biologique dans l'éventualité de tels problèmes. Cette stratégie de contrôle permettra d'améliorer le fonctionnement des usines à traitement biologique.

Le but principal de ce projet de recherche est d'établir, à l'aide d'un laboratoire-pilote, une stratégie de manoeuvres de contrôle à effectuer lorsque l'usine de traitement biologique est soumise à des apports subits (ou effets-chocs) d'eau industrielle riche en substrat organique ou

contenant des toxiques (métaux lourds). Les retombées prévues se manifestent surtout par:

- i) la réduction des coûts d'opération de l'usine de traitement biologique en permettant d'éviter les périodes d'inefficacité de la biomasse (lessivage et empoisonnement);
- ii) une meilleure gestion des toxiques, évitant l'inefficacité causée par l'empoisonnement de la biomasse;
- iii) une meilleure gestion des rejets combinés (eaux municipales et industrielles) permettant aux usines traditionnelles d'absorber des charges-chocs.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.3.3.3 Développement technologique pour le traitement et/ou le recyclage de résidus contaminés en métaux

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateurs:** Rajeshwar D. TYAGI  
Guy MERCIER

**Description et objectifs:** L'objectif global des études formant ce projet est de réduire de façon significative la contamination de l'environnement par les métaux via 2 actions: 1° en utilisant certains résidus métalliques dans des procédés, 2° en recyclant les métaux par la mise au point de divers procédés utilisant les capacités acidifiantes des thiobacilles et autres microorganismes pour les solubiliser. La méthodologie globale est l'isolement de souches efficaces, puis l'optimisation dans une première étape par des essais en erlenmeyers. Lorsque les paramètres: éléments nutritifs, teneurs en solides, température, % d'inoculum sont vérifiés en erlenmeyers, une phase réacteur en cuvée est prévue. Puis des réacteurs en continu (CSTR) et à ascension pneumatique (airlift) avec diverses variantes seront étudiés afin d'augmenter les vitesses de réaction et ainsi augmenter les chances de voir ces procédés réellement appliqués. La spéciation et l'inhibition par les métaux font aussi l'objet d'études car elles

peuvent influencer l'efficacité des procédés. D'autres études comme la filtration des eaux usées sur filtre de tourbe dopé ont une méthodologie un peu différente car la phase réacteur est substituée par des essais de percolation en colonne. Aussi, d'autres études permettront de développer un procédé combiné de digestion des boues et de solubilisation des métaux, il y a donc un objectif supplémentaire (digestion) dans ce projet. Finalement, l'établissement de modèles cinétiques est visé afin de pouvoir quantifier les procédés.

**Financement:** FCAR - Soutien aux équipes de recherche

#### 3.3.3.4 État des connaissances et besoins en recherche sur les risques environnementaux reliés aux contaminants organiques de synthèse dans les boues résiduelles

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateur:** Pierre CHOUINARD

**Description et objectifs:** Élaboration d'un document qui permettra de faire le point sur l'état des connaissances sur les risques environnementaux, reliés à la présence de contaminants organiques de synthèse dans différentes boues, suite à leur valorisation éventuelle en milieux forestier et agricole. Le document présentera une revue des principaux contaminants et leur importance dans différents types de boues (municipales, de fosses septiques, de désencrage et de l'industrie des pâtes et papiers). Le comportement des contaminants dans l'environnement ainsi que les effets de ceux-ci sur la population humaine et les écosystèmes seront également exposés. Le document suggérera des lignes de conduite et présentera les besoins de recherche à prioriser au cours des prochaines années dans ce domaine.

**Financement:** Ministère québécois des Forêts

#### 3.3.3.5 Fleuve Saint-Laurent - Bilan toxique et méthodologie d'analyse des interventions et de la récupération des usages

**Responsable:** Michel LECLERC

**Collaborateurs:** Guy FORTIN

Paul BOUDREAULT<sup>14</sup> Lynn Cleary<sup>15</sup>

Pierre LAVALLÉE<sup>14</sup>

**Description et objectifs:** Le présent projet s'insère dans un programme pour le développement d'une approche intégrée du suivi de la qualité des eaux. Ce programme concerne la problématique de réduction des sources polluantes industrielles du fleuve Saint-Laurent, dans le cadre du Plan d'Action Saint-Laurent.

Ce projet est un premier volet visant à cerner les principaux éléments de la problématique de contamination par les substances toxiques à une échelle globale sur le fleuve. Par la suite, un deuxième projet (voir projet suivant) vise à développer et supporter la méthodologie d'évaluation des critères de design des interventions pour le contrôle de la contamination.

Ce projet vise principalement à traiter les éléments de la problématique de contamination selon une approche globale, fondée surtout sur la réalisation d'un bilan des sources de contamination dans le système fluvial dans son ensemble.

Les principaux objectifs visés sont:

- 1) orienter rapidement les stratégies d'intervention par la priorisation des cibles industrielles et la planification des campagnes d'acquisition des données manquantes;
- 2) réaliser un bilan global des apports toxiques basé sur l'évaluation de l'importance relative des sources majeures de contamination (sources industrielles et municipales, principaux tributaires, section transversale Cornwall-Massena);
- 3) caractériser le schéma général de cheminement des contaminants dans le système Saint-Laurent (transfert inter-tronçon, transport dissous et particulaire).

**Financement:** Entente institutionnelle - Ministère de l'Environnement Canada (Centre Saint-Laurent)

### 3.3.3.6 Fleuve Saint-Laurent - Modélisation intégrée du suivi de la qualité des eaux du tronçon Tracy/Lac Saint-Pierre

**Responsable:** Michel LECLERC

**Collaborateurs:** Bernard BOBÉE

Olivier BANTON	J.-Pierre FORTIN
Martin MONTMINY	Khalil MAMOUNY
Grégoire MARTIN	Jérôme BENOIT
Wanda SOCHANSKI	Paul BOUDREAU
Luc PERREAULT	Marc CRISPIN
Paul BOUDREAULT <sup>14</sup>	Patrick DUPONT
Pierre LAVALLÉE <sup>14</sup>	Guy FORTIN
Lynn CLEARY <sup>15</sup>	

**Description et objectifs:** Ce projet se situe dans le cadre du Plan d'Action Saint-Laurent visant à réduire les sources polluantes industrielles et effectuer un suivi de la contamination et fait suite au projet précédent (Bilan toxique). Les objectifs principaux visés sont:

- 1) développer une approche d'analyse rigoureuse et standardisée permettant d'apprécier le niveau local de contamination du fleuve et d'évaluer divers scénarios d'interventions proposés;
- 2) fournir un outil informatisé supportant la méthodologie d'analyse élaborée;
- 3) dégager les critères de design des infrastructures de traitement et de monitoring résultant de cette méthodologie et en préciser rigoureusement les limites d'interprétation.

Cette approche, dite "de deuxième niveau", sera mise en pratique sur une zone d'intervention prioritaire (ZIP) en l'occurrence, le tronçon Tracy/Lac Saint-Pierre. Les résultats finaux et intermédiaires obtenus du projet constitueront un produit de la Division Écotoxicologie et Écosystèmes d'Environnement Canada. Les objectifs qui seront atteints sont:

- l'obtention d'un ensemble de données de caractérisation nécessaires à la mise en oeuvre des modèles hydrodynamiques et de panache ainsi qu'à leur calibration et leur validation;

- la validation des données des sources de contamination industrielles et des tributaires du fleuve dans son ensemble;
- la modélisation hydrodynamique du tronçon cible pour un ensemble d'événements de référence représentatifs;
- l'identification et l'intégration dans la démarche de nouvelles hypothèses de travail relatives à l'analyse et au suivi de la décontamination des usages;
- le développement d'un logiciel de calcul des panaches d'effluents et l'exploration de l'influence physique de facteurs environnementaux tels les macrophytes sur la dispersion;
- l'analyse locale de la contamination du tronçon.

**Financement:** Entente institutionnelle -  
Ministère de l'Environnement  
Canada (Centre Saint-Laurent)

### 3.3.3.7 Simulation sur ordinateur des politiques de contrôle de la pollution

**Responsable:** Jean-Louis SASSEVILLE

**Collaborateurs:** Richard MARCEAU<sup>16</sup>

Jean NOLET	Jacynthe LAREAU
Ronxuang LI	

**Description et objectifs:** Ce projet poursuit deux objectifs principaux: 1) La mise en forme d'instruments de simulation des politiques de contrôle de la pollution provenant de l'industrie de l'élevage sur la base de la dynamique des systèmes et de la simulation statique. 2) La simulation de la production des polluants en provenance des entreprises d'élevage en fonction de diverses hypothèses de politiques de contrôle.

La démarche méthodologique comporte une étape de développement théorique, une étape simulation et une étape interprétation. L'étape développement porte sur la construction des théories (normatives et positives) du contrôle de la pollu-

tion sur un bassin hydrologique, l'évaluation des politiques actuelles, l'analyse des divers instruments de contrôle pouvant faire l'objet d'une nouvelle politique, notamment les instruments intégrés aux mécanismes de marché, l'explication des choix réalisés par les décisionnaires des instruments en application actuellement et l'étude des délais d'internalisation des effets externes aux différentes fonctions de productions publique et privée. L'étape simulation menée en parallèle à la première comporte 5 étapes principales: 1) La définition du problème qui correspond a) à la formulation d'un cadre normatif du contrôle de la pollution, b) à la représentation (non formelle) du fonctionnement des systèmes actuels (les contrôles directs, la persuasion morale et la subvention pour équipements) utilisés pour le contrôle, c) à la représentation (non formelle) du fonctionnement de certains instruments de contrôle (instruments intégrés aux mécanismes de marché) pouvant être appliqués pour réduire la pollution de l'eau à l'intérieur d'un bassin hydrologique, d) au choix d'un bassin et au recensement des données sur les pollueurs, les charges polluantes, la qualité de l'eau sur le bassin (ou un tronçon de bassin) et les objectifs de traitement. 2) La conception des diagrammes causaux orientés et normés, ainsi que la détermination des conditions d'opération des politiques de contrôle. 3) La formulation des diagrammes de flux, l'identification des contraintes et la mise en forme des équations l'élaboration progressive d'un modèles modulaire et la programmation linéaire. 4) La simulation et l'analyse du comportement du modèles. 5) La conduite des tests de vraisemblance et de sensibilité.

Ce projet est la première étape de la mise en place d'un projet de recherche interconstituante visant à étudier les coûts sociaux et les avantages socio-économiques des politiques environnementales suivant une perspective multidisciplinaire. Ce nouveau programme de collaboration pourrait répondre aux besoins de connaissances pour les choix publics dans le secteur du développement de politiques et de technologies de contrôle de la pollution. Les recherches qui y seraient réalisés viseraient 1) à simuler l'effet des politiques de contrôle sur les comportements socio-économiques et sur les pratiques polluantes, 2) à faciliter l'établissement des coûts privés et publics résultant de ces pratiques, 3) à juger de l'évolution de

l'efficacité technique des pratiques de contrôle dans le temps, 4) à optimiser les politiques de contrôle des divers secteurs juridico-administratifs (urbain industriel et agricole) selon les niveaux d'enlèvement des polluants, les taux de pollution résiduelle, les demandes de politiques et les coûts d'option, ainsi 5) qu'à vérifier et comparer l'efficacité de nouveaux instruments (de nouvelles hypothèses de contrôle), et finalement 6) à déterminer leur applicabilité d'utilisation selon une grille d'analyse mettant en relief l'évolution des coûts et des bénéfices sociaux, l'acceptabilité sociale, l'adaptabilité des arrangements institutionnels et les opportunités relevant du marché politique.

**Financement:** Université du Québec - FODAR

### 3.3.3.8 Utilisation des données socio-économiques pour la protection de l'environnement

**Responsable:** Jean-Louis SASSEVILLE

**Collaborateur:** Jean NOLET

**Description et objectifs:** L'objectif principal de ce projet était d'évaluer la situation concernant l'utilisation de données socio-économiques dans le domaine de la protection de l'environnement. Plus spécifiquement il s'agissait: 1) d'adapter le cadre conceptuel de l'économie aux sujets d'intérêts pour Environnement Canada, 2) d'identifier des activités prioritaires d'un programme de gestion basé sur les activités socio-économiques, 3) de poser des balises permettant la réalisation des activités prioritaires, notamment sur l'orientation de la recherche vers l'identification des dommages et des bénéfices. Les résultats de cette évaluation pourraient éventuellement servir à orienter un programme de recherche sur les aspects socio-économiques des choix publics dans la restauration, la protection et la conservation de la ressource hydrique.

L'analyse coûts-bénéfices a été proposée comme approche de base pour juger de la pertinence d'une intervention. Cette approche se justifie par le principe que toute intervention publique doit se répercuter sur l'amélioration du bien-être général: ceci implique que seules les programmes d'intervention dont les bénéfices sont supérieurs aux

coûts publics et privés qu'ils engendrent devraient idéalement être entreprises. L'analyse coûts-bénéfices sert ainsi de point de repère pour élaborer une façon de structurer l'information en vue de la prise de décision efficace. Les enquêtes réalisées auprès des offreurs et des consommateurs de l'information sur les relations ont permis de tracer un portrait des données existantes, et de juger sommairement de leur utilité pour le gestionnaire des ressources. Malgré le caractère sommaire des enquêtes, on peut conclure que la collecte de l'information n'est pas faite en fonction des besoins de juger des coûts et des bénéfices des actions gouvernementales, mais plutôt en vue de diagnostiquer l'état de la ressource. De plus, il n'existerait que peu de liens entre les données environnementales et les données socio-économiques. En outre, l'information est difficilement accessible parce qu'il n'existe pas un comptoir unique y permettant l'accès. Il ressort des enquêtes que l'approche socio-économique peut contribuer à améliorer l'efficacité du gestionnaire public, notamment parce qu'elle permet de mettre en évidence les causes économiques et sociales des problèmes environnementaux rencontrés et qu'ainsi, elle offre des moyens pour agir sur ces causes. Au niveau des recherches à mettre en oeuvre, on semble s'entendre sur la nécessité de développer des outils de gestion (modélisation socio-économiques, analyse coûts-bénéfices) qui intègrent les différentes dimensions socio-économiques à prendre en considération au moment de la prise de décision relative à l'établissement de politiques environnementales. Enfin, en ce qui concerne les bases de données, l'emphase est mise sur la nécessité de structurer l'information existante et de compléter le réseau en y intégrant des données de type socio-économique, politique et éthique, ainsi que de se servir dans la prise de décision des expériences qui ont été tentées ailleurs.

En conclusion, l'analyse coûts-bénéfices, et ainsi une certaine forme d'appréciation de la contribution au bien-être des interventions environnementales, nécessite pour être menée à bien que l'information soit organisée de façon rigoureuse. En l'utilisant comme support à la prise de décision, et comme centre de pilotage pour la planification de l'acquisition des données sur l'eau et ses usages, on s'assure que l'information sera suffisamment bien organisée pour mettre en oeuvre d'autres

types d'analyse utile au décideur, telle la hiérarchisation des interventions, et l'optimisation des bénéfices en découlant.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Canada

### 3.3.3.9 Méthodologie d'évaluation et choix stratégiques dans la gestion des surplus de fumiers et lisiers

**Responsable:** Jean-Louis SASSEVILLE

**Collaborateurs:** Olivier BANTON

Daniel CLUIS	Pierre LAFRANCE
Jean NOLET	Jean-Pierre DUTIL <sup>17</sup>
Gilles GAGNÉ <sup>17</sup>	Camil DUTIL <sup>17</sup>
André SIMONEAU <sup>17</sup>	A. BÉLANGER <sup>17</sup>

**Description et objectifs:** Le problème du contrôle de la pollution en provenance des excédents de fumiers et lisiers se pose en termes d'un double choix technologique et administratif:

- 1) quelles stratégies (amélioration vs novation) de valorisation technologique (et économique) des fumiers et des lisiers doit être favorisées pour maximiser l'efficacité des efforts de réduction des polluants, tout en favorisant la compétitivité de l'industrie? et
- 2) quelle approche administrative est la plus efficace pour réaliser ce scénario, tenant compte de l'instrumentation actuelle et des instruments juridico-administratifs en développement?

Ce projet traite de ces questions. Il porte sur les choix stratégiques en matière de valorisation technologique des résidus d'élevage et sur les choix présidant à l'établissement et à la réalisation d'une politique de contrôle de la pollution originant des élevages d'animaux. Il vise à fournir aux décideurs du ministère de l'Environnement du Québec et aux intervenants concernés, une argumentation théorique et pratique sur laquelle peuvent se fonder les interventions gouvernementales et privées dans l'amélioration de la gestion des résidus d'élevage, ainsi qu'un ensemble de

données, méthodes et outils pouvant servir d'aide à la décision dans la formulation des programmes d'intervention.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE - Fonds de développement)

### 3.3.3.10 Projet HYDREAU - logiciels d'analyse et de gestion de l'environnement aquatique

**Responsable administratif:**  
Jean-Pierre VILLENEUVE

Les logiciels développés dans le cadre de ce projet s'adressent aux gestionnaires scientifiques de l'environnement aquatique. Ils ont été identifiés en fonction de nouveaux besoins à combler ou de nouvelles méthodes de traitement ayant pour objectifs généraux de supporter efficacement la planification, l'analyse, la mise en oeuvre et/ou le contrôle des interventions sur l'environnement aquatique en milieux fluvial et estuarien (volet grandes rivières) ou à l'échelle du bassin versant (volet petites rivières).

#### Volet Grandes rivières

**Responsable:** Michel LECLERC

#### Participants:

**Associés de recherche:** Yves Secretan, Francisco Padilla

**Stagiaires post-doctoraux:** José Béchara, Juan Antonio Garcia

**Agente de recherche:** Marie-Josée L'Heureu

**Assistants de recherche:** Marc Hughes, André Houde, François Gingras, Cyrille Thilloy, Jean-François Cantin, Guy Tremblay, Eleine Leblanc, Paul Boudreau, Martin Montminy

**Stagiaires:** Stéphanie Bazin, Linda Carpentier, Christian Marcoux, Yves Roy,

**Étudiants gradués:** Sophie Bédard, Bernard Doyon, Jean Morin

**Description et objectifs:** les interventions du type "grandes rivières" s'inscrivent dans le cadre de problématiques touchant la pollution des eaux fluviales et estuariennes, les déversements accidentels d'hydrocarbures, ainsi que les modifica-

tions physiques et physico-chimiques affectant les habitats à poisson. Plus précisément, les logiciels développés comprennent les modules d'analyse suivants:

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*);

L'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour l'analyse de la propagation d'eaux d'effluents industriels ou urbains dans un cours d'eau (*PANACHE*);

L'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour le suivi de nappes de pétrole (accidents de déversement) et l'aide à l'intervention (*DEVERSIM*);

La représentation des habitats ichthyofauniques pour la définition de régimes hydrologiques adaptés à leur conservation (*HABIOSIM*).

Ces logiciels sont développés "indépendants de plate-forme" selon la philosophie "orientée-objet" avec le langage C++.

#### Volet Petites rivières

**Responsables scientifiques:** Olivier Banton, Bernard Bobée, Daniel Cluis, Jean-Pierre Fortin, Marius Lachance, Guy Morin, Jean-Louis Sasseville, Jean Stein, Jean-Pierre Villeneuve

#### Participants:

**Stagiaires post-doctoraux:** Alain Mailhot, Milutin Stojanovic

**Agents de recherche:** Pierre Paquet, Jacynthe Lareau, Daniel Tessier, Luc Perreault

**Assistants de recherche:** Josée Fitzback, Serge Massicotte, Marie Larocque, Bernard LeBlanc, Khalil Mamouny, Hugues Perron, Serge Proulx, Marie-Emmanuelle Quentin, Ronxuangu Li

**Stagiaires:** Sandrine Gardet, Patrick Vervondel, Yi Wang

**Étudiants gradués:** Miroslav Chum, Stéphan Gagnon

**Description et objectifs:** les logiciels visent les problématiques de gestion à l'échelle du bassin

versant. La production, le transfert et le bilan des charges en contaminants (polluants) sont l'objet de ces outils. Les pollutions sont d'origine industrielle, urbaine ou agricole. Ces logiciels sont supportés par une couche de simulation des débits à l'aide de moyens déterministes ou statistiques. Un volet concerne également les aspects économiques et la simulation de l'effet des interventions sur la problématique du contrôle de la pollution. Les principaux moyens mis en oeuvre pour réaliser cette partie du projet HYDREAU sont les méthodes numériques, un système de gestion de base de données (SGBD), un GIS (SPANS) et un simulateur de politiques.

Les logiciels et modules développés portent sur les thèmes:

Logiciels hydrologiques basés sur des mailles fines:

- a- la préparation informatisée des données décrivant les caractéristiques du bassin versant selon la discrétisation spatiale désirée;
- b- la simulation des processus hydrologiques en divers points d'un bassin versant sur la base d'unités hydrologiques relativement homogène;
- c- la simulation du transport de contaminants dans les sols et les eaux souterraines;
- d- la simulation du transport des polluants et solides dans les rivières;
- e- l'évaluation de sources diffuses de polluants provenant de la fonte des neiges;
- f- l'évaluation des contributions ponctuelles et diffuses des activités agricoles à la pollution des eaux.

Logiciels hydrologiques basés sur des mailles larges:

- g- la simulation des processus hydrologiques en divers points d'un bassin versant sur la base de mailles carrées;
- h- la simulation des principaux paramètres reliés à la qualité de l'eau en rivière.

Logiciel statistique:

- i- estimation de quantités  $x_t$ , de période de retour  $T$  ainsi que leurs intervalles de confiance à l'aide de différentes lois de probabilité et méthodes d'estimation des paramètres, à partir d'échantillons de débits extrêmes annuels.

Logiciels socio-économiques:

- j- le développement d'une unité de démonstration pour la minimisation des coûts à partir de l'exemple de la Fox River;
- k- le développement d'une unité de démonstration de la ferme évaluant l'impact du contrôle de la pollution;
- l- le développement d'une unité de démonstration du permis de pollution et de la redevance appliquée à la pollution agricole.

Conceptualisation et réalisation d'une base de données:

- m- le développement et l'intégration à un système d'information géographique (SIG) d'un module permettant d'effectuer des analyses statistiques multivariées;
- n- le développement et l'adaptation d'interfaces conviviaux entre systèmes de gestion de bases de données (SGBD) et SIG;
- o- le développement d'une interface système-expert (SIAD) pour le transfert, l'analyse, la gestion et l'utilisation de l'information géographique en vue de faciliter la prise de décision.

**Financement:** Appel public à l'épargne

### 3.3.3.11 Modélisations complémentaires du lac Saint-Pierre

**Responsable:** Michel LECLERC

**Collaborateur:** Paul BOUDREAU

**Description et objectifs:** le projet vise à mettre en oeuvre une version modifiée du modèle de simu-

lation par éléments finis du lac Saint-Pierre mis au point à l'origine pour le compte d'Environnement-Canada. Les modifications visent à tester et analyser des interventions prévues soit pour le contrôle des sédiments de dragage ou pour la navigabilité en hiver.

**Financement:** Garde Côtière Canadienne,  
Groupe-Conseil ROCHE

### 3.3.3.12 Contrôle et opération des ouvrages d'assainissement de la Communauté Urbaine de Québec (CUQ)

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Collaborateurs:** Jean-Pierre FORTIN  
Éric GAUME Pierre LAVALLÉE  
Claude BLANCHETTE GUY GENEST  
Christiane MARCOUX

**Description et objectifs:** 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.

Le présent projet comprend les activités suivantes: 1) analyse des divers bassins par simulation SWMM; 2) mise au point d'une base de données autour de laquelle graviteront les divers logiciels; 3) création d'un logiciel de prévisions météorologiques à partir d'images radar et de données pluviométriques; 4) création d'un logiciel de prédiction des apports de chacun des bassins; 5) création d'un logiciel de simulation de l'écoulement dans les axes majeurs et, 6) création d'un

logiciel d'optimisation afin de sélectionner un plan d'action. Ce dernier définit la suite d'actions à entreprendre à chacun des régulateurs, c'est-à-dire les points de consigne que doivent respecter les contrôleurs locaux de ces ouvrages. Enfin, il y aura conception d'une interface usager qui présente tous les utilitaires graphiques nécessaires à une utilisation conviviale de l'ensemble.

**Financement:** Communauté urbaine de Québec  
(Les Consultants BPR)

### 3.3.4 Métaux

#### 3.3.4.1 Décontamination, pour les métaux, des cendres volantes d'incinérateur des déchets municipaux

**Responsable:** Denis COUILLARD

**Collaborateurs:** Guy MERCIER  
Myriam CHARTIER

**Description et objectifs:** Les cendres volantes provenant de la dépollution des gaz générés par les incinérateurs de déchets urbains dépassent les normes de lixiviation, posent un problème de gestion et menacent les nappes phréatiques et les cours d'eau. Elles devraient, donc, être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. Le présent projet vise à la décontamination de ces cendres par des procédés physico-chimiques et/ou biologiques. La recherche, d'une durée de 2 ans au laboratoire, portera sur la mise au point d'une méthode économique de décontamination des cendres selon des critères environnementaux. Globalement, il s'agit d'enlever par solubilisation, la partie nocive des métaux, de recycler les métaux dans l'industrie métallurgique et d'enfouir les cendres inertes.

**Financement:** Ministère de l'Environnement du Québec (FRDTE), Communauté urbaine de Québec et la firme R&D Inc.

**Liste des collaborateurs par organisme**

- |   |   |
|---|---|
| <sup>1</sup> Agriculture Canada<br>Régis Simard<br>Alain Pesant | <sup>10</sup> Université de Montréal<br>Bernadette Pinel-Alloul   |
| <sup>2</sup> Argus Groupe-Conseil<br>Ghislain Verreault         | <sup>11</sup> Université Laval<br>Michel Allard<br>Maurice K. Séguin  |
| <sup>3</sup> Université de Moncton<br>Fahim Ashkar              | <sup>12</sup> CGC<br>Jean Pilon   |
| <sup>4</sup> Université d'Ottawa<br>Kaz Adamowski               | <sup>13</sup> Université de Genève<br>Jacques Buffle<br>Richard De Vitre  |
| <sup>5</sup> Ecole Polytechnique de Montréal<br>Jean Rousselle  | <sup>14</sup> ASSEAU<br>Paul Boudreault<br>Pierre Lavallée  |
| <sup>6</sup> Université McGill<br>Van-Thang-Van Nguyen          | <sup>15</sup> Centre Saint-Laurent<br>Lynn Cleary   |
| <sup>7</sup> Hydro-Québec<br>René Roy                           | <sup>16</sup> Ecole nationale d'administration publique<br>Richard Marceau  |
| <sup>8</sup> Université de Limoges<br>Michel Mazet              | <sup>17</sup> Les Consultants BPR<br>André Bélanger<br>Camil Dutil<br>Jean-Pierre Dutil<br>Gilles Gagné<br>André Simoneau |
| <sup>9</sup> MAPAQ<br>Adrien N'Dayegamiye                       |   |

## 4 ENSEIGNEMENT

---

### 4.1 Maîtrise en sciences de l'eau

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. A 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 programme de formation 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, en présentant un mémoire, son originalité et son aptitude à parfaire une recherche, tout en orientant, au moyen d'un choix de trois cours, sa spécialisation dans un ou deux champs d'intérêt.

Pour être admis à ce programme, le candidat doit être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, en sciences pures ou appliquées, obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 3.0 (sur 4.0) ou l'équivalent, ou posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

Le programme de maîtrise est un programme d'études avec mémoire 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 de un (1) crédit. Les huit (8) autres crédits doivent être choisis parmi les cours suivants: Chimie physique des eaux douces,

Écologie aquatique, Toxicologie en milieu aquatique, Télédétection appliquée à l'hydrologie, Eaux souterraines, Méthodes statistiques appliquées aux sciences de l'eau, Modélisation des processus physiques, chimiques et biologiques dans les eaux naturelles, Droit de l'eau, Analyse de système de la ressource eau, Processus de traitement et d'assainissement des eaux usées, Systèmes anaérobies de traitement des eaux usées, Systèmes experts, Administration publique de l'eau, Chimie environnementale de la neige et de la glace et Cours spéciaux. Les vingt-sept (27) autres crédits sont consacrés aux activités de recherche (séminaires et conférences et mémoire).

Au cours de l'année 1992-1993, treize (13) étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle et huit (8) étudiants ont poursuivi la rédaction de leur mémoire. Durant la même année, onze (11) étudiants ont obtenu leur diplôme de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec.

Responsable du programme de maîtrise:  
**Olivier BANTON, professeur**

#### 4.1.1 Étudiants inscrits à la maîtrise en 1992-1993

##### *Étudiants de première année*

##### **Miroslav CHUM**

B.Sc.A. Génie civil, Université Laval  
Directeur de recherche: Jean STEIN  
Codirecteur: Donald M. GRAY

Titre du mémoire: "Effets du gel sur les propriétés hydrologiques et thermiques de différents sols et de couvertures mortes"

##### **Édouard CISHAHAYO, boursier Burundi**

L. Sciences, Université du Burundi, Burundi  
Directeur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Modélisation de la contribution des écoulements souterrains dans le régime hydrologique du bassin versant"

**Isabelle COTÉ, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Adsorption des orthophosphates sur les oxyhydroxydes de fer"

**Vincent FORTIN, boursier CRSNG**

B.Sc.A. Informatique, Université Laval

Directeur: Bernard BOBÉE

Titre du mémoire: "Formalisation du processus de sélection de distributions statistiques pour estimer les débits extrêmes en rivière"

**Pierre GAGNÉ, boursier FCAR**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Infiltration de l'herbicide atrazine et de ses sous-produits de dégradation dans un sol agricole soumis à deux types de travaux de sol"

**Stéphan GAGNON**

B.Sc.A. Géologie, Université Laval

Directeur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Acquisition des paramètres et techniques de représentation des processus hydrogéologiques dans les bassins versants"

**Martin GAMACHE, boursier FCAR**

B.Sc.A. Microbiologie, Université Laval

Directeur: R.D. TYAGI

Titre du mémoire: "Projet de décontamination de sites pollués par des métaux toxiques"

**Joël GAUTHIER, boursier FCAR**

B.Sc.A. Biologie, Université du Québec à Rimouski

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre du mémoire: "Toxicité et bioaccumulation du cadmium chez le saumon atlantique et/ou la truite arc-en-ciel en présence de MOD naturelle"

**Marie-Claude GUIMOND, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Influence de pratiques culturelles sur l'exportation d'herbicides vers les eaux de surface"

**Suzanne LAVOIE, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Géographie, Université de Sherbrooke

Directeur: Jean-Louis SASSEVILLE

Codirecteur: Richard MARCEAU

Titre du mémoire: "Détermination des indices de capacité support: le cas du contrôle de la pollution provenant des élevages d'animaux"

**Catherine MUNGER, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Biologie, Université du Québec à Chicoutimi

Directeur: Landis HARE

Titre du mémoire: "Bioaccumulation des métaux traces par les larves de *Chaoborus* spp. (Insecta : Diptera) en milieu lacustre"**Jacinthe PAQUET**

B.Sc.A. Génie géologique, Université Laval

Directeur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Modélisation de l'injection et de la sédimentation de résidus miniers dans les réseaux souterrains de mines ennoyées"

**Pascale WENDLING**

M.Sc. Sciences et Techniques, Université Pau, France

Directeur: Denis COUILLARD

Titre du mémoire: "Décontamination des cendres volantes d'incinérateurs de déchets municipaux"

*Étudiants de deuxième année***François AUBÉ, boursier CRSNG**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Étude des principales réactions d'oxydoréduction du fer en milieu lacustre"

**Suzie BÉLANGER**

B.Sc.A. Géologie, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Modélisation de l'infiltration et de l'écoulement de l'eau en milieu non-saturé"

**Sylvie BRASSARD**

B.Sc.A. Géologie, Université du Québec à Chicoutimi

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Jean-François BLAIS

Titre du mémoire: "Évaluation du potentiel acido-gène des résidus miniers biolixiviés"

**Pierre D'ARCY**

B.Sc.A. Géographie, Université de Sherbrooke

Directeur: Richard CARIGNAN

Titre du mémoire: "Influence de différents couverts forestiers sur les lacs"

**Ginette DEVARENNES**

B.Sc.A. Chimie, Université de Moncton

Directeur: H. Gerald JONES

Titre du mémoire: "Impact des neiges artificielles sur les écosystèmes montagneux"

**Jean GAUTHIER**

B.Sc.A. Génie géologique, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Impacts environnementaux des systèmes géothermiques"

**Mario HACHÉ, boursier CRSNG**

B.Sc.A. Mathématique physique, Université de Moncton

Directeur: Bernard BOBÉE

Codirecteur: Fahim ASHKAR

Titre du mémoire: "Ajustement de lois statistiques à des séries de données météorologiques"

**Sylvain MARTINEAU**

B.Sc.A. Chimie, Université de Sherbrooke

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Impact de pratiques culturales sur la biactivité d'un sol et la persistance d'un herbicide"

**Lise RANCOURT, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Adsorption de l'ion arséniate sur des oxyhydroxydes de fer"

**André VACHON**

B.Sc.A. Biochimie, Université Laval

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre du mémoire: "L'utilisation des plantes aquatiques comme bioindicateurs"

*Étudiants en rédaction de mémoire***MA. Catalina ALFARO DE LA TORRE**

B.Sc.A. Chimie, Université S.L.Potosi, Mexique

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Estimation des constantes d'absorption des métaux traces pour différents substrats des sédiments"

**Christine DESNOYERS, boursière FCAR**

B.Sc.A. Chimie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Développement d'une méthode de détermination de la concentration d'ions libres (fugacité des métaux) dans l'eau interstitielle des sédiments aquatiques"

**Martin DUCHESNEAU**

B.Sc. Chimie, Université Laval

Directeur: H. Gerald JONES

Titre du mémoire: "Transformation ou translocation du nitrate dans la neige en période froide"

**Jacynte LAREAU**

B.Sc.A. Bio-agronomie, Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Codirecteur: Pierre COUTURE

Titre du mémoire: "Évaluation de l'effet de l'épandage de printemps du lisier de porc sur les sols agricoles par bio-essai"

**Andrée-Moïra LEBRUN, boursière FCAR**

B.Sc.A. Génie géologique, Université Québec à Chicoutimi

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Modélisation des écoulements souterrains dans un massif de résidus miniers"

**Pierre LECOMTE, boursier FCAR**

B.Sc. Chimie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre du mémoire: "Adsorption du cuivre et du nickel sur les oxyhydroxydes de fer lacustres"

**Sylvie LESSARD**

B.Sc.A. Biologie, Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Codirecteur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Identification des causes de nuisances organoleptiques d'une eau lacustre à potabiliser et application d'un procédé de traitement"

**Claire TINCELIN**

B.Sc.A. Chimie-biologie, Université de METZ, France

Directeur: Denis COUILLARD

Titre du mémoire: "Enlèvement des métaux lourds contenus dans les cendres volantes d'incinérateurs d'ordures ménagères"

**Marie-Claude CHAPDELAINÉ, boursière FCAR**

B.Sc.A. Génie géologique, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Contamination des eaux souterraines par les nitrates"

Date de certification: 23 septembre 1992

**Myriam CHARTIER, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Biologie, Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Titre du mémoire: "Solubilisation des métaux dans les sédiments fortement contaminés"

Date de certification: 21 avril 1993

**Steve GAMACHE**

B.Sc. Biochimie, Université de Montréal

Directeur: H. Gerald JONES

Titre du mémoire: "Influence des algues nivales sur la physico-chimie de la neige lors de la fonte printanière"

Date de certification: 23 septembre 1992

**Marie LAROCQUE, boursière CRSNG**

B.Sc.A. Génie civil, Polytechnique

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre du mémoire: "Identification des paramètres du cycle de l'azote qui conditionnent la fiabilité d'un modèle simulant le lessivage des nitrates"

Date de certification: 16 décembre 1992

**4.1.2 Étudiants diplômés en 1992-1993  
(Maîtrise en sciences de l'eau)****Netta BENAZON, boursière FCAR**

B.Sc.A. Génie chimique, Université McGill

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Étude expérimentale et modélisation du transport de l'ammonium et nitrate dans un sol sableux: effet d'une contamination par le pétrole"

Date de certification: 16 décembre 1992

**Sylvain MARTIN, boursier FCAR**

B.Sc.A. Biologie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Codirecteur: Landis HARE

Titre du mémoire: "Étude des facteurs influençant l'accumulation de métaux traces (cadmium, cuivre et zinc) chez deux espèces sympatriques d'insecte aquatique (*Chironomus* Gr. *plumosus*, spp)"

Date de certification: 16 décembre 1992

**Jean-François CANTIN**

B.Sc.A. Génie civil, Université Laval

Directeur: Michel LECLERC

Titre du mémoire: "Modélisation de processus physiques affectant les pétroles déversés en milieu fluvial"

Date de certification: 23 septembre 1992

**Lucie MÉNARD**

B.Sc.A. Biologie, Université Québec à Montréal

Directeur: Christian BLAISE

Codirecteur: Pierre COUTURE

Titre du mémoire: "Détermination d'un test de létalité algal par cytométrie en flux"

Date de certification: 21 avril 1993

**Jalal MZALI**

Tech. Aliments, Université Laval

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Dieter KLUEPFEL

Titre du mémoire: "Bioconversion continue de perméat de lactosérum par différentes souches de Lactobacilles immobilisées sur un support"

Date de certification: 16 décembre 1992

**France PELLETIER**

B.Sc.A. Biochimie, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Pierre LAFRANCE

Titre du mémoire: "Impact des différentes pratiques culturales sur la persistance de l'herbicide atrazine et sur la biomasse microbienne du sol"

Date de certification: 21 avril 1993

**Guy ROBERGE**

B.Sc.A. Biologie, Université de Montréal

Directeur: Denis COUILLARD

Titre du mémoire: "Augmentation de l'efficacité de déphosphatation d'un filtre multi-media à base de tourbe par addition d'un agent dopant"

Date de certification: 23 septembre 1992

## 4.2 Doctorat en sciences de l'eau

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 ci-devant et posséder les connaissances requises et une formation appropriée.

Le programme de doctorat en sciences de l'eau comporte quatre-vingt-dix (90) crédits qui sont répartis comme suit. L'étudiant doit accumuler seize (16) crédits parmi les cours suivants: Chimie physique des eaux douces, Écologie aquatique, Toxicologie en milieu aquatique, Télédétection appliquée à l'hydrologie, Eaux souterraines, Méthodes statistiques appliquées aux sciences de l'eau, Modélisation des processus physiques, chimiques et biologiques dans les eaux naturelles, Droit de l'eau, Analyse de système de la ressource eau, Processus de traitement et d'assainissement des eaux usées, Systèmes anaérobies de traitement des eaux usées, Systèmes experts, Administration publique de l'eau, Chimie environnementale de la neige et de la glace, Travail dirigé, Cours spéciaux et Problèmes spéciaux. En plus l'étudiant doit effectuer un travail dirigé de quatre (4) crédits et présenter deux (2) séminaires d'un (1) crédit chacun; 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.

Durant l'année 1992-1993, huit (8) nouveaux étudiants se sont inscrits au programme de doctorat ce qui porte le total à quarante et un (41). Au cours de la même période, une (1) étudiante a obtenu son diplôme de doctorat en sciences de l'eau de l'Université du Québec.

Responsable du programme de doctorat:

**H. Gerald JONES, professeur**

### 4.2.1 Étudiants inscrits au doctorat en 1992-1993

**Irène ABI-ZEID, boursière FCAR**

B.Sc.A. Mathématiques, M.Sc. Mathématiques

Directeur: Bernard BOBÉE

Titre de la thèse: "Analyse du risque et prise de décision multiobjective par modélisation stochastique de problèmes hydroélectriques"

**Lahcen AIT-SSI**

Génie en géologie minière; M.Sc. Sciences de l'eau, Université du Québec (INRS)

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre de la thèse: "Modélisation stochastique du transfert des pesticides dans les sols et les eaux souterraines. Application à la vulnérabilité des puits"

**Djilali BENMOUFFOK**

Ing. Cartographie; M.Sc. Photogrammétrie et télédétection, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre FORTIN

Titre de la thèse: "Conception d'un modèle physiographique de bassin versant à partir de modèle numérique d'altitude"

**Hamel BENMOUSSA**

M.Sc. Chimie, Algérie

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre de la thèse: "Étude conjointe de la lixiviation biologique des métaux et de la digestion des boues municipales"

**Paul BOUDREAULT, boursier FCAR**

B.Sc. Biologie; M.Sc. Sciences de l'eau, Université du Québec (INRS)

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Titre de la thèse: "Application des systèmes experts en assainissement des eaux"

**Bernard BOULANGER, boursier CRSNG**

B.Sc. Génie chimique; M.Sc. Génie chimique, Université Laval

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre de la thèse: "Lixiviation biologique des métaux lourds des déchets"

**Oscar CAMARA-DURAN**

Génie; M.Génie de l'administration des ressources hydrauliques, Instituto de Tecnologia de Sonora, Mexique

Directeur: Daniel CLUIS

Codirecteur: Francisco PADILLA

Titre de la thèse: "Contribution à l'étude des pertes de nitrate par ruissellement superficiel et drainage souterrain sous une culture agricole"

**Raynald CHASSÉ**

B.Sc. Biologie; M.Sc. Productivité aquatique, Université du Québec à Chicoutimi

Directeur: Pierre COUTURE

Codirecteurs: Christian AMBLARD et Raynald COTÉ

Titre de la thèse: "Potentialités hétérotrophes des algues périphtiques en milieu naturel: conséquences sur la survie, les interactions compétitives et la succession saisonnière des populations périphtiques"

**Yves COUILLARD, boursier CRSNG**

B.Sc. Biologie; M.Sc. Biologie, Université de Montréal

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Codirecteur: André TESSIER

Titre de la thèse: "Rôle des métallothionéines dans la détoxification des métaux chez le benthos"

**Albert CRAIG**

B.Sc. Biologie, M.Sc. Biologie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Codirecteur: Landis HARE

Titre de la thèse: "La caractérisation des métaux traces retrouvés dans les insectes aquatiques"

**Louise DESCHÊNES**

B.Sc. Biochimie, M.Sc. Biochimie, Université de Sherbrooke

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Codirecteurs: Pierre LAFRANCE et Réjean SAMSON

Titre de la thèse: "Influence des facteurs physico-chimiques et biologiques sur la biodégradation des HAPs dans les sols contaminés"

**Marie-Hélène DE SÈDE**

Licence en Géographie; M.Sc. Géographie; Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées en écologie et aménagement du milieu naturel, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France

Directeur: Jean-Pierre FORTIN

Titre de la thèse: "Pertinence d'une partition écologique de l'espace aux modèles de prévisions hydrologiques discrétisés"

**Marième DIALLO**

M. d'enseignement en géographie; Diplôme d'Études approfondies, Université de Dakar (Sénégal)

Directeur: Daniel CLUIS

Titre de la thèse: "Application de la télédétection et des SIG au problème de l'eau et ses impacts sur le milieu: le cas de l'élevage au Sénégal (ferlo et bassin arachidier)"

**Bernard DOYON**

B.Sc. en génie civil, M.Sc. en génie civil, Université Laval

Directeur: Michel LECLERC

Titre de la thèse: "Modélisation numérique des conditions des glaces sur les cours d'eau et de ses effets sur l'écoulement"

**Yangguang DU**

Diplôme universitaire; M.Sc. de 2e cycle, Université East China

Directeur: R.D. TYAGI

Titre de la thèse: "Analyse et contrôle opérationnel des processus de traitement des eaux usées en relation avec l'inhibition des métaux"

**Marc DUCHEMIN**

B.Sc. Géographie; M.Sc. Environnement et Génie civil, Université du Québec à Trois-Rivières

Directeur de thèse: Marius LACHANCE

Codirecteur: Guy MORIN

Titre de la thèse: "Modélisation du transport des sédiments en suspension sur un bassin versant"

**Mohammed ESSADAoui**

Licence mathématiques, Doctorat Statistiques & Mathématiques, Université Pierre et Marie Curie, Paris

Directeur: Marius LACHANCE

Titre de la thèse: "Système d'aide à la décision basé sur les méthodes de classification automatique avec contrainte de contiguïté"

**Diane FOURNIER, boursière Eco-Recherche**

B.Sc. Sciences biologiques, M.Sc. Microbiologie

Directeur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "Biolixiviation des métaux dans les boues de stations d'épuration. Étude des interactions entre les espèces microbiennes lixiviantes et les espèces hétérotrophes acidophiles"

**Daniel HOULE, boursier FCAR**

B.Sc. Géologie; M.Sc. Biologie, Université du Québec à Montréal

Directeur: Richard CARIGNAN

Titre de la thèse: "Modèle biogéochimique du soufre dans un système lac-bassin-versant"

**Julien HOUNTIN**

D.E.T.S., M.Sc. Sols, Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "Effet de la surfertilisation agricole à base du lisier de porc et d'engrais minéraux sur les caractéristiques d'adsorption-désorption du phosphore organique labile par le sol loam limoneux Coaticook"

**Nlombi KIBI**

M.Sc. Pâtes et Papiers, Université de Trois-Rivières

Directeur: Jean-Louis SASSEVILLE

Codirecteur: Olivier BANTON

Titre de la thèse: Innovation et substitution technologique comme instrument dans le contrôle de la pollution de l'eau.

**Riva KUNDE**

M.Sc. Environnement, Université du Québec à Trois-Rivières

Directeur: Jean-Louis SASSEVILLE

Codirecteur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "Évaluation "coûts-efficacité" de diverses hypothèses de tarification des producteurs agricoles destinées à réduire la pollution de l'eau"

**Rachid LABCHIR**

M.Sc. Sciences, Université du Québec à Montréal

Directeur: Olivier BANTON

Titre de la thèse: "Modélisation de l'atténuation de la contamination nitrée des eaux souterraines dans la zone riveraine des cours d'eau"

**Claude LABERGE, boursier CRSNG**

B.Sc. Statistiques; M.Sc. Mathématiques, Université Laval

Directeur: Daniel CLUIS

Codirecteur: Louis-Paul RIVEST

Titre de la thèse: "Analyse robuste de séries de temps appliquées en environnement"

**René LAFLEUR**

B.Sc. Microbiologie; M.Sc.A. Microbiologie,  
Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Codirecteur: Jean-Louis SASSEVILLE

Titre de la thèse: "Réduction des organismes  
pathogènes lors de la solubilisation biologiques  
des métaux lourds dans les boues d'épuration"

**Yves LEFEBVRE, boursier FCAR**

B.Sc. Biochimie; M.Sc. Sciences de l'eau, Univer-  
sité du Québec (INRS)

Directeur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "Contrôle (ATP) des systèmes  
de traitement biologique"

**Yvon MARANDA**

B.Sc. Biologie; M.Sc. Biologie, Université Laval

Directeur: Jean-Louis SASSEVILLE

Codirecteurs: Denis COUILLARD et Richard  
MARCEAU

Titre de la thèse: "Contrôle de la pollution de  
l'eau"

**Patrick MARCEAU**

M.Sc. Télédétection et Aménagement du territoire,  
Université Pasteur, Strasbourg, France

Directeur: Jean-Pierre FORTIN

Titre de la thèse: "Approche méthodologique de  
l'extraction d'information sous-pixels pour la  
détermination des paramètres hydrologiques"

**Michel MARTIN, boursier FCAR**

M.Sc. Gestion des ressources maritimes, Univer-  
sité du Québec à Rimouski

Directeur: Jean-Louis SASSEVILLE

Titre de la thèse: "Les bénéfices du contrôle de la  
pollution: le cas des ressources halieutiques  
intérieures".

**Hacène MESSAOUDI**

B.Sc. Géographie; M.Sc. Sc. Environnement,  
Université Québec à Trois-Rivières

Directeur: Bernard BOBÉE

Codirecteurs: Fahim ASHKAR et Georges  
CAVADIAS

Titre de la thèse: "Analyse de comparaison des  
lois de distribution et des méthodes d'ajustement  
les plus utilisées dans l'analyse de fréquence de  
crues"

**Jocelyn OUELLET**

B.Sc. Mathématiques; M.Sc. Probabilités et  
statistiques, Université Laval

Directeur: Jean-Pierre VILLENEUVE

Titre de la thèse: "Modélisation des connaissances  
pour la gestion informatisée des procédés de  
traitement des eaux usées"

**B.R. RAVISHANKAR**

M.Sc. Technologie en Génie civil, I.I.T., Kanpur,  
Inde

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Subba NARASIAH

Titre de la thèse: "Séparation séquentielle et  
récupération des métaux lourds à partir des boues  
d'épuration et des lixiviats"

**Agnès RENOUX**

Licence Biologie, M.Sc. Toxicologie, Université  
Paris 7, France

Directeur: R.D. TYAGI

Codirecteur: Réjean SAMSON

Titre de la thèse: "Mise au point d'un procédé  
biologique combiné de stabilisation des boues et  
de lixiviation des métaux lourds"

**René ROY**

B.Sc. Géographie; M.Sc. Géographie, Université  
de Montréal

Directeur: Bernard BOBÉE

Codirecteurs: Fahim ASHKAR et Georges  
CAVADIAS

Titre de la thèse: "Transfert d'information en  
hydrologie"

**Robert ROY, boursier FCAR**

B.Sc. Sciences; M.Sc. Biologie, Université  
Concordia

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre de la thèse: "La toxicité de mélanges de  
métaux (Al,Zn), en conditions acides, vis-à-vis du  
saumon atlantique *Salmo Salar*"

**Frédéric SHOONER**

B.Sc. Microbiologie, M.Sc. Génie enzymatique,  
Université Laval

Directeur: R.D. TYAGI

Titre de la thèse: "Enlèvement des métaux des  
boues d'usines d'épuration par lixiviation bacté-  
rienne, lors d'une digestion thermophile"

**Maria de Lourdes TIRADO MONTIEL**

Génie environnemental, Université nationale à Mexico

Directeur: R.D. TYAGI

Titre de la thèse: Utilisation de boues des usines de traitement comme moyen alternatif pour la production de *Bacillus thuringiensis*.

**Michael TWISS, boursier CRSNG-FCAR**

B.Sc. Biologie, M.Sc. Environnement, Université Toronto

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre de la thèse: "L'effet du phytoplancton sur le cycle des métaux traces dans les lacs"

**Éric VAN BOCHOVE**

B.Sc.A. Agronomie; M.Sc. Biologie végétale, Université Laval

Directeur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "La dynamique de réorganisation de l'azote durant le compostage de fumier de bovin"

**Fenghai WANG**

Licence en Prod. aquatiques, Certificat d'étude en langue française, Université du Québec à Chicoutimi

Directeur: Denis COUILLARD

Titre de la thèse: "Spéciation et phytotoxicité de l'aluminium des boues d'alun"

**Kevin WILKINSON, boursier FCAR**

B.Sc. Chimie, M.Sc. Sciences de l'eau, Université du Québec (INRS)

Directeur: Peter G.C. CAMPBELL

Titre de la thèse: "Bioaccumulation de l'aluminium inorganique en relation avec l'acidification du milieu naturel"

**4.2.2 Étudiante diplômée en 1992-1993  
(Doctorat en sciences de l'eau)****Danielle FORTIN, boursière CRSNG**

B.Sc. Géologie; M.Sc. Géologie, Université Laval

Directeur: André TESSIER

Titre de la thèse: "Caractérisation chimique et microscopique des oxyhydroxydes de fer naturels formés *in situ* dans les sédiments lacustres"

Date de certification: 30 juin 1992



## 5 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

---

### 5.1 Articles publiés dans des revues scientifiques

- Ashkar<sup>1</sup>, F., B. Bobée et F. Fodda<sup>2</sup>. "Review of statistical criteria and techniques used in flood frequency analysis with computer applications." *Int. J. Modeling Simulation*, 12(4) (1992): 139-142.  
P000495
- Banton, O. "Field-determined and laboratory--determined hydraulic conductivities considering anisotropy and core surface area." *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57(1) (1993): 10-15.  
P000496.
- Bernatchez, L., R. Guyomard<sup>2</sup> et F. Bonhomme<sup>2</sup>. "DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *salmo trutta* populations." *Molecular Ecology*, 1 (1992): 161-173.  
P000523.
- Blais, J.F., R.D. Tyagi et J.C. Auclair. "Bioleaching of metals from sewage sludge by sulfur-oxidizing bacteria." *J. Environ. Eng. - ASCE*, 118(5) (1992): 690-707.  
P000477.
- Blais, J.F., R.D. Tyagi et J.C. Auclair. "Bioleaching of metals from sewage sludge: microorganisms and growth kinetics." *Water Res.*, 27(1) (1993): 101-110.  
P000501.
- Blais, J.F., R.D. Tyagi et J.C. Auclair. "Bioleaching of metals from sewage sludge: effects of temperature." *Water Res.*, 27(1) (1993): 111-120.  
P000502.
- Blais, J.F., R.D. Tyagi et J.C. Auclair. "Metals removal from sewage sludge by indigenous iron-oxidizing bacteria." *J. Environ. Sci. Health*, A28(2) (1993): 443-467.  
P000514.
- Bobée, B., F. Ashkar<sup>1</sup> et L. Perreault. "Two kinds of moment ratio diagrams and their applications in hydrology." *Stoch. Hydrol. Hydraul.*, 7(1) (1993): 41-65.  
P000488.
- Bobée, B., G. Cavadias<sup>2</sup>, F. Ashkar<sup>1</sup>, J. Bernier et P. Rasmussen. "Towards a systematic approach to comparing distributions used in flood frequency analysis." *J. Hydrol.*, 142 (1993): 121-136.  
P000485.
- Camara<sup>2</sup>, D.O.A. et D. Cluis. "Variabilité spatiale des propriétés physico-chimiques d'un champ affecté par la salinité dans le nord-ouest du Mexique." *Pédologie*, 42(2) (1992): 183-203.  
P000472.
- Campbell, P.G.C., H. Hansen<sup>1</sup>, B. Dubreuil<sup>1</sup> et W.O. Nelson<sup>1</sup>. "Geochemistry of Quebec North Shore salmon rivers during snowmelt: organic acid pulse and aluminum mobilization." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49(9) (1992): 1938-1952.  
P000478.
- Carignan, R. et J.J. Neiff<sup>2</sup>. "Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Parana River (Argentina) dominated by the water hyacinth (*eichhorniacrassipes*)." *Biogeochemistry*, 17(2) (1992): 85-121.  
P000510.
- Couillard, D. et J.F. Li. "Assessment of manure - application effects upon the runoff water quality by algal assays and chemical analyses." *Environ. Pollut.*, 80 (1993): 273-279.  
P000519.

---

<sup>1</sup> Publication faite en collaboration avec des personnes ayant déjà travaillé à l'INRS-Eau.

<sup>2</sup> Publication faite en collaboration avec des personnes externes à l'INRS-Eau.

- Couillard, D. et G. Mercier. "Metallurgical residue for solubilization of metals from sewage sludge." *J. Environ. Eng. - ASCE*, 118(5) (1992): 808-813.  
P000504.
- Couillard, D. et G. Mercier. "Précipitations sélectives des métaux solubilisés biologiquement de boues aérobies d'épuration." *Can. J. Chem. Eng.*, 70(10) (1992): 1021-1029.  
P000521.
- Couillard, D. et G. Mercier. "Removal of metals and fate of N and P in the bacterial leaching of aerobically digested sewage sludge." *Water Res.*, 27(7) (1993): 1227-1235.  
P000520.
- Couillard, D. et S. Zhu. "Thermophilic aerobic process for the treatment of slaughterhouse effluents with protein recovery." *Environ. Pollut.*, 79(2) (1993): 121-126.  
P000500.
- Couillard, Y., P.G.C. Campbell et A. Tessier. "Response of metallothionein concentrations in a freshwater bivalve (*Anodonta grandis*) along an environmental cadmium gradient." *Limnol. Oceanogr.*, 38(2) (1993): 299-313.  
P000518.
- Fodda<sup>2</sup>, F., F. Ashkar<sup>1</sup> et B. Bobée. "Expert system for statistical distributions used in flood frequency analysis." *Int. J. Modeling Simulation*, 13(1) (1993): 1-3.  
P000494.
- Gratton, D., P.J. Howarth<sup>2</sup> et D.J. Marceau. "Using landsat-5 thematic mapper and digital elevation data to determine the net radiation field of mountain glacier." *Remote Sens. Environ.*, 43(3) (1993): 315-331.  
P000486.
- Hammou, N., B. Picot<sup>1</sup> et J. Bontoux<sup>1</sup>. "Les dépôts sédimentaires en lagunes à microphytes évolution des quantités, des caractéristiques physico-chimiques et des charges en métaux lourds / Sedimentary deposits in a natural microphyte lagoon variation of quantities, physico-chemical.." *Environ. Technol.*, 13(7) (1992): 647-655.  
P000479.
- Hare, L. "Aquatic insects and trace metals: bioavailability, bioaccumulation, and toxicity." *Crit. Rev. Toxicol.*, 22(5/6) (1992): 327-369.  
P000513.
- Houle, D. et R. Carignan. "Sulphur speciation and distribution in soils and aboveground biomass of a boreal coniferous forest." *Biogeochemistry*, 16(1) (1992): 63-82.  
P000507.
- Huerta-Diaz, M.A. et S. Rodriguez<sup>2</sup>. "Solubility measurements and determination of Setschenow constants for the pesticide carbaryl in seawater and other electrolyte solutions." *Can. J. Chem.*, 70(12) (1992): 2864-2868.  
P000487.
- Mathier, L., L. Perreault, B. Bobée et F. Ashkar<sup>1</sup>. "The use of geometric and gamma-related distributions for frequency analysis of water deficit." *Stoch. Hydrol. Hydraul.*, 6(4) (1992): 239-254.  
P000509.
- Micallef, S., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et A. Tessier. "An evaluation of the HPLC-Gel chromatographic method for analyzing metallothioneins in aquatic organisms." *Talanta*, 39(9) (1992): 1073-1079.  
P000515.
- Patoine, M. et J.P. Fortin. "Ajustement d'un modèle informatisé de gestion de l'irrigation." *Can. Agr. Eng.*, 34(4) (1992): 305-317.  
P000517.

- Rosbjerg<sup>1</sup>, D., J. Corr ea<sup>1</sup> et P.F. Rasmussen.  
"Justification des formules de probabilité empirique basées sur la médiane de la statistique d'ordre / A defense of the median plotting position." *Revue des sciences de l'eau*, 5(4) (1993): 529-540.  
P000483.
- Saouter<sup>1</sup>, E., L. Hare, P.G.C. Campbell, A. Boudou<sup>2</sup> et F. Ribeyre<sup>2</sup>. "Mercury accumulation in the burrowing mayfly (*hexagenia rigida*) (Ephemeroptera) exposed to CH<sub>3</sub>HgCl or HgCl<sub>2</sub> in water and sediment." *Water Res.*, 27(6) (1993): 1041-1048.  
P000516.
- Sasseville, J.L. et Y. Maranda<sup>1</sup>. "L'approche conciliatoire dans le contrôle de la pollution agricole." *Ecod cision*, septembre (1992): 79-82.  
P000475.
- Tessier, A., Y. Couillard, P.G.C. Campbell et J.C. Auclair. "Modeling Cd partitioning in oxic lake sediments and Cd concentrations in the freshwater bivalve *Anodonta grandis*." *Limnol. Oceanogr.*, 38(1) (1993): 1-17.  
P000498.
- Tranter<sup>2</sup>, M., S. Tsiouris<sup>2</sup>, T.D. Davies<sup>2</sup> et H.G. Jones. "A laboratory investigation of the leaching of solute from snowpack by rainfall." *Hydrol. Process.*, 6 (1992): 169-178.  
P000522.
- Tyagi, R.D. et Y.G. Du. "Operation determination of the activated sludge process using neural networks." *Water Sci. Technol.*, 26(9/ 11) (1992): 2461-2464.  
P000512.
- Tyagi, R.D. et Y.G. Du. "Kinetic model for the effects of heavy metals on activated sludge using neural networks." *Environ. Technol.*, 13(9) (1992): 883-890.  
P000508.
- Tyagi, R.D., F.T. Tran<sup>1</sup> et A.K.M.M. Chowdhury<sup>1</sup>. "Biodegradation of petroleum refinery wastewater in a modified rotating biological contactor with polyurethane foam attached to the disks." *Water Res.*, 27(1) (1993): 91-99.  
P000503.
- Tyagi, R.D., F.T. Tran<sup>1</sup> et A.K.M.M. Chowdhury<sup>2</sup>. "A pilot study of biodegradation of petroleum refinery wastewater in a polyurethane-attached RBC." *Process Biochem.*, 28(2) (1993): 75-82.  
P000489.
- Tyagi, R.D., J.F. Blais, N. Meunier et D. Kluepfel<sup>1</sup>. "Biolixiviation des métaux lourds et stabilisation des boues d'épuration: essai en bioréacteur op r  en mode cuvée." *Can. J. Civil Eng.*, 20(1) (1993): 57-64.  
P000482.
- Tyagi, R.D., Y.G. Du, T.R. Sreekrishnan et J.P. Villeneuve. "Neural model for the operational control of activated sludge processes." *Process Biochem.*, 28 (1993): 259-267.  
P000490.
- Villeneuve, J.P., C. Marcoux<sup>2</sup>, J.F. Cyr<sup>2</sup>, P. Lavallée<sup>1</sup>, I. Abi-Zeid et J. Benoit. "La gestion dynamique des eaux de débordement de réseaux unitaires sur le territoire de la Communit  urbaine de Québec." *Sciences et techniques de l'eau*, 26(3) (1992): 229-237.  
P000476.
- Vuorinen<sup>2</sup>, J., D. Bodaly<sup>2</sup>, J.D. Reist<sup>2</sup>, L. Bernatchez et J.J. Dodson<sup>2</sup>. "Genetic and morphological differentiation between dwarf and normal size forms of lake whitefish (*coregonus clupeaformis*) in Como Lake, Ontario." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50(1) (1993): 210-216.  
P000524.

## 5.2 Communications avec arbitrage ou sur invitation

### Communications publiées avec comptes rendus de conférences

- Abi-Zeid, I. et B. Bobée. "Some reliability measures for nonstationary Markov chains." *Nato Advanced Study Institute*, Deauville, France, mai-juin 1993. (compte-rendu sous presse).  
S000498.
- Banton, O., M. Larocque, L. Trépanier et J.P. Villeneuve. "Utilisation de la modélisation mathématique pour l'évaluation des impacts des fertilisants organiques sur la qualité des eaux souterraines." *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*, ministère de l'Environnement du Québec (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992, Compte-rendu, pp.395-408.  
S000492.
- Benazon, N., R.R. Simard<sup>2</sup>, P. Lafrance et J.P. Villeneuve. "Transport of ammonium and nitrate ions in hydrocarbon-contaminated soil columns." *Int. Assoc. Hydrogeologists Conf.: "Subsurface contamination by immiscible fluids"*, April 18-20, 1990, Calgary, Alberta, Canada. Proc. K.U. Weyer, ed., A.A. Balkema, Rotterdam, 1992, pp. 371-376.  
S000558.
- Benoit<sup>2</sup>, P., D. Cluis, C. Laberge, K. Mamouny et A. Marcoux<sup>2</sup>. "Mise au point de méthodes uniformisées de caractérisation des effluents d'élevage." *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*, ministère de l'Environnement (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 97-112.  
S000486.
- Cluis, D. et E. Quentin. "Un système d'information géographique adapté à l'évaluation de la pollution agricole diffuse." *International Conference: HydroGIS 93: Application of GIS in Hydrology and Water Resources Management*, Vienne, Autriche, avril 1993. Compte-rendu, pp. 355-361. (IAHS publication, no 211).  
S000490.
- Cluis, D., G. Gangbazo<sup>1</sup> et K. Mamouny. "CHEPTEL, un logiciel de comparaison des contributions des élevages intensifs à la contamination des eaux de surface." *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*, ministère de l'Environnement du Québec (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 381-393.  
S000481.
- Gangbazo<sup>1</sup>, G., A.R. Pesant<sup>2</sup>, G. Barnett<sup>2</sup>, J.P. Charruest<sup>2</sup> et D. Cluis. "Effets des pratiques conventionnelles d'épandage du lisier de porc et des engrais minéraux sur la charge des nitrates dans les eaux de ruissellement et de drainage." *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*, ministère de l'Environnement (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 27-37.  
S000489.
- Jones, H.G. et J. Roberge. "Nitrogen dynamics and sub-ice meltwater patterns in a small boreal lake during snowmelt." *49th Annual Meeting, Eastern Snow Conference*, Oswego, NY, juin 1992. Compte-rendu, pp. 169-180.  
S000553.
- Klaghofer<sup>2</sup>, E., W. Summer et J.P. Villeneuve. "Some remarks on the determination of the sediment delivery ration." *International Symposium: Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions*, Chengdu, Chine, juillet 1992. Compte-rendu pp. 113-118. (IAHS publication, no 209).  
S000455.

- Leclerc<sup>2</sup>, A., F. Wang et D. Couillard. "Distribution of dissolved organic matter in the waters of the Saguenay river, Quebec, Canada, with respect to nominal molecular weight." **92 Tianjin Conference on Agricultural Science (part of Environmental Sciences)**, Commission du 60e anniversaire de l'Institut agronomique de Tianjin, Chine, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 39-40.  
S000552.
- Montminy, M., M. Leclerc et G. Martin<sup>1</sup>. "PANACHE: an interactive software to simulate steady-state two-dimensional transport of solutes in rivers." **4th Int. Conf. on Hydraulic Engineering Software, HYDROSOFT 92**, Valence, Espagne, Universidad Politecnica, juillet 1992. Compte-rendu publié dans: *Computer Techniques and Applications*, W.R. Blain & E. Cabrera (Eds), CMP & Elsevier, pp. 15-26.  
S000536.
- Padilla, F., O. Camara<sup>2</sup> et D. Cluis. "Modeling nitrogen species transformations and transport in the unsaturated zone considering temperature and water content effects." **4th Int. Conf. on Hydraulic Engineering Software, HYDROSOFT 92**, Valencia, Espagne, Universidad Politecnica, juillet 1992, publié dans: *Computer Techniques and Applications*, W.R. Blain & E. Cabrera (Eds), Londres CMP & Elsevier, 1992, pp. 15-26.  
S000496.
- Quentin, E. et D. Cluis. "Un système d'information géographique pour l'évaluation environnementale de la gestion des fumiers et lisiers." **Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage du Québec**, ministère de l'Environnement du Québec (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 425-436.  
S000484.
- Simard<sup>2</sup>, R., G. Gangbazo<sup>1</sup>, D. Cluis, G. Charron<sup>2</sup> et A.R. Pesant<sup>2</sup>. "Charges de phosphore d'un champ fortement amendé par du lisier de porc." **Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec**, ministère de l'Environnement (Ed), Sainte-Foy, septembre 1992. Compte-rendu, pp. 55-65.  
S000493.
- Simard<sup>2</sup>, R.R., G. Gangbazo<sup>1</sup>, D. Cluis et A.R. Pesant<sup>2</sup>. "Phosphorus loads in a soil heavily amended with animal manure." **Annual Meeting, ASA-CSSA-SSSA 1992**, Minneapolis, MN, novembre 1992. Compte-rendu, *Agronomy abstracts* pp. A5-59.  
S000491.
- Summer<sup>1</sup>, W., J.P. Villeneuve, I. Abi-Zeid et E. Klaghofer<sup>2</sup>. "Critical reflections on long term sediment monitoring programmes demonstrated on the Austrian Danube." **International Symposium: Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins**, Oslo, Norway, août 1992. Compte-rendu, pp. 255-262. (IAHS publication, no 210).  
S000518.
- Van Bochove, E. et D. Couillard. "L'importance de l'étude des processus dans le compostage: une approche multivariée, le cas de l'azote organique." **2nd Annual Meeting of the Composting Council of Canada: From Waste to Resource - Composting in a sustainable society**. Ottawa, Environnement Canada, novembre 1992. Compte-rendu, pp. 151-164.  
S000551.
- Communications avec arbitrage sans comptes rendus**
- Adamowski<sup>2</sup>, K., D. Gingras<sup>2</sup>, Y. Alila<sup>2</sup>, J. Pilon<sup>2</sup> et B. Bobée. "Joint use of nonparametric and L-moments analysis for distribution identification." **AGU, Spring meeting**, Montréal, Québec, mai 1992  
S000501.

- Alfaro de la Torre, C. et A. Tessier. "Sorcion de metales traza sobre los diferentes componentes de sedimentos acuaticos oxicos." *VIII Congreso Nacional de Ingenieria Sanitaria y Ambiental*, Mexico, septembre 1992  
S000513.
- Aubé, F. et A. Tessier. "Dissolution des oxyhydroxydes de fer (III) dans la colonne d'eau en milieu lacustre." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 2.  
S000542.
- Barrette, L.M. et D. Couillard. "Lixiviation bactérienne d'un terril de gisement sulfureux à l'aide d'un bioréacteur à ascension pneumatique (BAP)." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 4.  
S000549.
- Benmoussa, H., R.D. Tyagi, J.F. Blais et P.G.C. Campbell. "Etude conjointe de la lixiviation biologique des métaux lourds et de la stabilisation des boues municipales." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 46.  
S000534.
- Bernatchez, L. "An overview in mitochondrial DNA variation in *Conregonines* and its usefulness for stock management in the Great Lakes." *4th Midwest Fish and Wildlife Conference*, Toronto, Ontario, décembre 1992.  
S000554.
- Bernatchez, L. "Biologie moléculaire au service de la gestion des pêches: bilan et perspectives." *Colloque Franco-Québécois sur l'intégration des technologies modernes à la gestion des poissons dulcicoles et aphihalins*, Montréal, juin 1992.  
S000503.
- Bernatchez, L. "Compositional, structural, and functional genetic drawbacks of fish stocking." *18th annual meeting, American Fisheries Society, Atlantic International Chapter*, Trois-Rivières, septembre 1992.  
S000555.
- Blais, J.F., J.L. Sasseville, J.L. Barrette et R.D. Tyagi. "Evaluation environnementale des choix technologiques pour le contrôle des drainages miniers acides." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 5.  
S000543.
- Bobée, B., L. Mathier, H. Perron, P. Rasmussen, R. Roy, F. Ashkar<sup>1</sup>, K. Adamowski<sup>2</sup>, V.T.V. Nguyen<sup>2</sup> et J. Rousselle<sup>2</sup>. "A research project for comparing regional flood frequency estimation methods in Canada." *AGU, Spring meeting*, Montréal, Québec, mai 1992.  
S000500.
- Brouard<sup>1</sup>, N., C. Parent et J.P. Villeneuve. "Enlèvement des matières en suspension et évolution des pertes de charges en biofiltration des eaux usées: application sur lit ruissellant." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 19.  
S000540.
- Caron<sup>1</sup>, J., J. Paquet<sup>1</sup>, S. Allaire<sup>2</sup> et O. Banton. "In Situ determination of the water desorption characteristics of peat substrates using time-domain reflectometry and tensiometers." *International Peat Congress*, Uppsala, Suisse, juin 1992.  
S000432.
- Caron<sup>1</sup>, J., O. Banton, D. Angers<sup>2</sup> et J.P. Villeneuve. "Infiltration préférentielle en sol argileux: quantification à l'aide d'un traceur." *6e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*, Beaupré, Québec, octobre 1992.  
S000510.

- Caron<sup>1</sup>, J., O. Banton, D. Angers<sup>2</sup> et J.P. Villeneuve. "Preferential bromide transport in a structured caly soil." *Annual Meeting, ASA-CSSA-SSSA 1992*, Minneapolis, MN., novembre 1992.  
S000511.
- Charette<sup>1</sup>, J.Y., J. Stein et H.G. Jones. "Application of a predictive model to the Spring acid shock." *AGU, Fall Meeting*, San Francisco, décembre 1992.  
S000527.
- Couillard, Y., P.G.C. Campbell et A. Tessier. "Temporal changes of metallothionein and metal (Cd, Cu, Zn) concentrations in freshwater mollusc tissues during an in situ transplant experiment." *13th Annual Meeting SETAC*, Floride, 1992.  
S000514.
- Du, Y.G., H. Benmoussa, T.R. Sreekrishnan et R.D. Tyagi. "Modèle réseau neural de la biolixiviation des métaux lourds des boues municipales." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 48.  
S000530.
- Flessas<sup>1</sup>, C., B. Pinell-Alloul<sup>2</sup> et P.G.C. Campbell. "Bioaccumulation of heavy metals in gastropods (*bihynia tentaculata*) of lake St. Louis (Quebec) in relation with the contamination of sediments." *19th Aquatic Toxicity Workshop*, Edmonton, octobre 1992.  
S000523.
- Flessas<sup>1</sup>, C., B. Pinel-Alloul<sup>2</sup> et P.G.C. Campbell. "Bioaccumulation des métaux lourds chez les mollusques gastéropodes du lac St-Louis, en relation avec la contamination des sédiments." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 522.  
S000522.
- Gratton, D., J.P. Fortin et D.J. Marceau. "La cartographie de l'état du couvert nival en milieu forestier à l'aide des données AVHRR." *15e symposium canadien sur la télédétection*, Toronto, juin 1992.  
S000517.
- Gratton, D., J.P. Fortin et D.J. Marceau. "La cartographie de l'état du couvert nival en milieu forestier à l'aide des données AVHRR." *15e symposium canadien sur la télédétection*, Toronto, juin 1992.  
S000557.
- Hammou, N., B. Picot<sup>2</sup> et J. Bontoux<sup>2</sup>. "Le devenir des métaux lourds le long d'une chaîne de traitement par lagunage." *8e Congrès de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 10.  
S000546.
- Hammou, N., I. Toromanoff et J.L. Sasseville. "Modèle de choix technologique en matière de restauration des terrils miniers acides. Cas de la biolixiviation sur le terrain." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 11.  
S000545.
- Huerta-Diaz, M.A., R. Carignan et A. Tessier. "Trace metals associated with sulfides in freshwater sediments." *Symposium of American Chemical Society: Environmental Geochemistry of Sulfide Oxidation*, 1992.  
S000515.
- Lafleur, R., R. Guay<sup>1</sup>, R. Letarte et D. Couillard. "Mise en évidence d'un cycle d'oxydo-réduction du fer lors de la biolixiviation d'une boue d'épuration digérée aérobie par *thiobacillus ferrooxidans*." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 12.  
S000547.

- Lafrance, P., F. Pelletier, D.A. Angers<sup>2</sup>, R.R. Simard<sup>2</sup> et J.P. Villeneuve. "The soil biological activity and the persistence of atrazine as affected by fertilized type and rate of herbicide application." *International Symposium Soc. Soil Sci., Working Group MO: The Impact of Interactions of Inorganic, Organic and Microbiological Soil Components on Environmental Quality*, Edmonton, Alberta, août 1992. S000504.
- Lafrance, P., O. Banton, L. Marineau, M. Mazet<sup>2</sup>, J. Ayele<sup>2</sup> et L. Delage<sup>2</sup>. "Effect of dissolved organic matter on the transport of pesticides through soil column." *International Conference on Organic Substances in Soil and Water*, Lancaster, U.K., septembre 1992. S000512.
- Larocque, M. et O. Banton. "Identification des processus conditionnant le cycle de l'azote dans le sol à l'aide de la modélisation mathématique." *6e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*, Beaupré, Québec, octobre 1992. S000508.
- Leclerc, M. "Modélisation des microhabitats." *Colloque franco-québécois sur l'intégration des technologies modernes à la gestion des poissons dulcicoles et amphihalins*, Montréal, juin 1992. (Sous les auspices du MLCP et du Symposium Fleuves et Planète). S000538.
- Leclerc, M., O. Banton et P. Boudreault<sup>1</sup>. "PANACHE: un logiciel de simulation de la propagation de rejets industriels et urbains dans un écoulement fluvial." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 33. S000537.
- Meunier, N., J.F. Blais et R.D. Tyagi. "Bio-procédé pour la décontamination et la stabilisation des boues d'épuration." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 29. S000531.
- Ouellet, M. "How not to play Russian Roulette with sediment corers". *Annual Meeting, American Society of Limnology and Oceanography*, Edmonton, mai-juin 1993. S000556
- Ouellet, M. "Lake sediments and Holocene seismic hazard assessment in southern Quebec, Canada". *Annual Meeting, American Society of Limnology and Oceanography*, Edmonton, mai-juin 1993. S000557
- Paquet, J., J. Caron<sup>1</sup> et O. Banton. "Détermination des courbes de rétention des substrats tourbeux par tensiométrie et par réflectométrie temporelle." *6e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*, Beaupré, Québec, octobre 1992. S000509.
- Pellerin-Massicotte<sup>2</sup>, J., C. St-Pierre<sup>2</sup>, Y. Couillard, P.G.C. Campbell et A. Tessier. "Physiological condition of caged *anodonta grandis* exposed to cadmium." *1st World Congress, Soc. Environ. Toxicol. Chem. (SETAC)*, Lisbonne, avril 1993. S000526.
- Pelletier, F., P. Lafrance, D.A. Angers<sup>2</sup>, R.R. Simard<sup>2</sup> et J.P. Villeneuve. "Pratiques agricoles et activité microbienne sous culture de maïs." *6e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)*, Québec, Mont Sainte-Anne, octobre 1992. S000505.

- Pelletier, F., P. Lafrance, D.A. Angers<sup>2</sup> et A. N'Dayegamye. "The effect of solid cattle manure application on soil biological activity and degradation of atrazine". *Symp. Can. Land Reclamation Assoc./Can. Soc. Soil Sci.: "Environmental soil science"*, August 10-12, 1992, Edmonton, Alberta. S000559
- Pesant<sup>2</sup>, A.R., G. Gangbazo<sup>1</sup>, D. Cluis, G. Barnett<sup>2</sup> et J.P. Charruest<sup>2</sup>. "Effect of hog manure and fertilizer application on runoff and drainage water quality." *International Symposium on Farm Lands Erosion in Temperature Plains Environments and Hills*, Saint-Cloud, France, mai 1992. (soumis pour publication juin 1992). S000495.
- Rancourt, L. et A. Tessier. "Adsorption de l'ion arséniate sur des oxyhydroxydes de fer." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 19. S000541.
- Rasmussen, P. et B. Bobée. "Detection of trend in annual flood series." *Nato Advanced Study Institute*, Deauville, France, mai-juin 1993. S000499.
- Ravishankar, B.R., R.D. Tyagi et K.S. Narasiah<sup>2</sup>. "Heavy metal forms in Quebec municipal sewage sludges." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 20. S000548.
- Roy, R.L. et P.G.C. Campbell. "La toxicité de mélanges de métaux (Al, Zn) en conditions acides, vis-à-vis du saumon atlantique *Salmo salar*." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 43. S000539.
- Salvano, E., P. Lafrance et J.P. Villeneuve. "Cinétique de dégradation de l'atrazine, du 14C-atrazine et du fonofos dans un sol agricole au cours d'une incubation." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 45. S000507.
- Salvano, E., P. Lafrance et J.P. Villeneuve. "The relationship between kinetics of atrazine degradation and kinetics of soil organic carbon mineralization in a sandy loam." *Canadian Symposium Land Reclamation Association/Can. Soc. Soil Sci.: Environmental Soil Science*, Edmonton, Alberta, août 1992. - Affiche. S000506.
- Shooner, F., H. Benmoussa, J.F. Blais et R.D. Tyagi. "Inactivation virale lors d'un processus de biolixiviation des boues d'usines d'épuration des eaux municipales." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 47. S000532.
- Simard<sup>2</sup>, R.R., P. Lafrance, M.R. Laverdière<sup>2</sup> et D.A. Angers<sup>2</sup>. "The effect of agricultural practices on the temporal variability of DOC in a clay soil profile." *International Conference on Organic Substances in Soil and Water*, Lancaster, U.K., septembre 1992. S000520.
- Sreekrishnan, T.R., R.D. Tyagi, P.G.C. Campbell et J.F. Blais. "Heavy metal bioleaching from sewage sludge: critical evaluation of the process kinetics and identification of scale-up criteria." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992, résumé, p. 25. S000533.

- Stein, J. et S. Proulx. "Ice and forest floors during snowmelt in a boreal forested basin." *AGU, Fall Meeting*, San Francisco, décembre 1992. S000528.
- Stein, J., H.G. Jones et D. Lévesque<sup>2</sup>. "Simulation of a reduction of atmospheric deposition on the acidity of spring snowmelt waters in Southern Quebec." *Rencontre scientifique de l'Union géophysique canadienne, section hydrologie*, Banff, Alberta, mai 1993. S000529.
- Summer<sup>1</sup>, W. et J.P. Villeneuve. "An analysis of the sediment rating curve method as shown by example of the Austrian Danube." *International Symposium Erosion Debris Flows and Environment in Mountain Regions*, Chengdu, Chine, juillet 1992. S000519.
- Twiss, M., L. Parent et P.G.C. Campbell. "Interactions entre l'aluminium et une algue verte: effets de l'acide fulvique - une exception possible au modèle d'ion libre." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - résumé, p. 27. S000521.
- Vachon, P., N. Hammou, J.L. Sasseville et I. Toromanoff. "Démystification de l'utilisation des techniques de biolixiviation sur les sites miniers." *8e Congrès régional de l'Est, Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)*, Québec, octobre 1992 - Affiche, résumé, p. 49. S000544.
- Van Bochove, E. et D. Couillard. "La réorganisation de l'azote pendant le compostage des fumiers." *6e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol*, Québec, Mont Saint-Anne, octobre 1992. S000550.
- Wilkinson, K.J. et P.G.C. Campbell. "Aluminum bioaccumulation by juvenile Atlantic salmon in acidic media." *13th Annual Meeting, Soc. Environ. Toxicol. Chem. (SETAC)*, Cincinnati, novembre 1992. S000525.
- Wilkinson, K.J., P.M. Bertsch<sup>2</sup>, C.H. Jagoe<sup>2</sup> et P.G.C. Campbell. "Surface complexation of Al on isolated fish gill cells." *13th Annual Meeting, Soc. Environ. Toxicol. Chem. (SETAC)*, Cincinnati, novembre 1992. S000524.
- Conférences sur invitation**
- Bobée, B., P. Rasmussen, L. Perreault et F. Ashkar<sup>1</sup>. "Risk analysis of hydrologic data: review and new developments." *Nato Advanced Study Institute*, Deauville, France, mai-juin 1993 - *Conférencier invité*. S000497.
- Campbell, P.G.C. "Interactions between trace metals and organisms: critique of the free-ion activity model." *IUPAC Workshop on Interactions between Trace Metals and Organisms*, Plymouth, U.K., octobre 1992 - *Conférencier invité*. S000535.
- Hare, L., R. Carignan et M.A. Huerta-Diaz. "A field experimental test of the hypothesis that acid volatile sulfides (AVS) control trace metal availability to benthic animals." *Annual Meeting American Chemical Society*, Washington, D.C., 1992 - *Conférencier invité*. S000516.
- Ouellet, M. "Assessing paleoseismicity from lake sediments. Segundas Jornadas en Ciencias de la Tierra". *Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional*, Quito, Equateur. Sur invitation pour Programme de Développement des Nations Unies, 17 décembre 1992. S000560.

- Ouellet, M. "Lake sediment seismo-acoustic studies and regional paleoseismicity in southern Quebec, Canada". Chalk River, Ontario, Atomic Energy of Canada Research, Chalk River Laboratories, mai 1993 - *Conférencier invité*.  
S000561
- Ouellet, M. "Lake sediment seismo-acoustic studies and regional paleoseismicity in southern Quebec, Canada". Pinawa, Manitoba, Atomic Energy of Canada Research, Whiteshell Laboratories, mai 1993 - *Conférencier invité*.  
S000562
- Villeneuve, J.P. et J.P. Fortin. "Evolution de la modélisation à l'INRS-EAU." *Séminaire de programmation: Modélisation du comportement des polluants dans les hydrosystèmes*, Paris, France, ministère de la Recherche, mars 1993, 29p. - *Conférencier invité*.  
S000502.
- Leclerc, M. "La contribution de l'hydraulique numérique à la connaissance du milieu fluvial." *Colloque sur la connaissance du Saint-Laurent: contribution des géosciences, organisé par INRS-Géoresources*, Québec, décembre 1992.  
C000270.
- Leclerc, M., L. Belzile<sup>2</sup> et J. Bechara. "New developments in the Instream Flow Incremental Methodology (IFIM): modelling the spatial dynamics of the fish habitat." *18th Annual meeting of the International Atlantic Chapter of the American Fisheries Society*, Trois-Rivières, septembre 1992.  
C000265.
- Martineau, S., P. Lafrance, A. N'Dayegamige<sup>2</sup> et R.R. Simard<sup>2</sup>. "Impact de l'atrazine sur la bioactivité d'un sol cultivé en maïs". *Journée des séminaires de recherche du Service des sols*, MAPAQ, mars 1993.  
C000287

### 5.3 Communications sans arbitrage

- Bernatchez, L. "Biologie moléculaire au service de la gestion des pêches: bilan et perspectives." *Conférence présentée à l'Université du Québec à Rimouski*, octobre 1992 - *Conférencier invité*.  
C000284.
- Campbell, P.G.C. "L'emploi de biomarqueurs en écotoxicologie - cas de la métallothionéine." *Conférence présentée à l'Université du Québec à Chicoutimi*, avril 1993 - *Conférencier invité*.  
C000264.
- Couillard, D. et G. Mercier. "Enlèvement des métaux pour l'épandage, un mode de disposition compétitif des boues résiduelles." *Conférence provinciale (AQTE)*, Jonquière, septembre 1992.  
C000279.

- Sasseville, J.L. "Evaluation de la performance sociale des programmes d'études avancées." *Séminaire: L'évaluation institutionnelle des programmes d'études avancées*, Sainte-Foy, Université du Québec, juin 1992.  
C000278.

### 5.4 Publications sans arbitrage

- Boukchina<sup>2</sup>, R., R. Lagacé<sup>2</sup>, F. Salehi<sup>2</sup>, A. Pesant<sup>2</sup>, J. Gallichand<sup>2</sup> et D. Cluis. "Mesure de débits et de la qualité de l'eau d'un petit bassin versant agricole." *16e colloque de génie rural: Gestion et qualité de l'eau des bassins versants agricoles*, J. Gallichand (Ed), Québec, octobre 1992, pp. 31-53. (CGR-92-1).  
C000274.
- Cluis, D. et G. Gangbazo<sup>1</sup>. "Le bassin de drainage, unité naturelle de gestion pour la quantité et la qualité de l'eau." *Colloque sur la gestion de l'eau: L'eau de demain: quel héritage laisserons-nous?*, St-Hyacinthe, CPVQ, avril 1993, pp. 9-19. (Publication 93-0076, ISBN 2-551-13071-9).  
C000276.

- Couillard, D. et G. Mercier. "Bacterial leaching of metals from sludge." *Environmental Science & Engineering*, 6(1): 39 (1993).  
C000282.
- Couillard, D. et G. Mercier. "Bacterial leaching of sewage sludge." *Environmental Science and Engineering*, 5(1): 26 (1992).  
C000280.
- Couillard, D. et A. Bédard. "Eau de ruissellement agricole: phosphore-pratiques culturales." *Sciences et techniques de l'eau*, 25(4): 513 (1992).  
C000281.
- Couillard, D. et G. Mercier. "Enlèvement des métaux des boues d'épuration pour fin de valorisation agricole." *Chimiste*, 8(1): 20-21 (1993).  
C000283.
- Gangbazo<sup>1</sup>, G., C. Bernard<sup>2</sup> et D. Cluis. "Bilan des charges de polluants à l'échelle du bassin versant." *Colloque sur la gestion de l'eau: L'eau de demain: quel héritage laisserons-nous?*, St-Hyacinthe, CPVQ, avril 1993, pp. 81-98. (Publication 93-0076, ISBN 2-551-13071-9).  
C000275.
- Sasseville, J.L. "Vers des durées en programmes efficaces." *Dans: Colloque sur les études avancées de l'Université du Québec (2e & 3e cycle)*, octobre 1991, Québec, Université du Québec, 1992, actes du colloque, pp. 127-177.  
C000277.
- Banton, O., M. Larocque, F. Surteau et J.P. Villeneuve. "Evaluation des pertes de composés azotés dans les eaux souterraines lors de l'épandage des fumiers et lisiers: développement d'un outil d'évaluation." *INRS-Eau, rapport de recherche no 379, phase no 3, 51 p., 1 annexe* (1993).  
R000379.
- Benoit<sup>2</sup>, P., D. Cluis, P. Marengo<sup>2</sup> et al. "Mise au point de techniques de caractérisation standardisées pour les déjections animales." *INRS-Eau, rapport de recherche no 375, 5 vol.* - Rapport rédigé pour Environnement Québec. (PARDE-3) (1993).  
R000375.
- Bernatchez, L. "Comparaison de l'ADN mitochondrial des Eperlans arc-en-ciel (*osmerus mordax*) frayant dans les régions de Beaumont, de Rivière-Ouelle et de la Baie des Chaleurs en 1992." *INRS-Eau, rapport de recherche no 391, 27p.* - Rapport rédigé pour et distribué par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. (Plan d'action Saint-Laurent - SP:2133-02-93) (1992).  
R000391.
- Bernatchez, L. et S. Martin. "Caractérisation de la structure populationnelle de l'Eperlan arc-en-ciel de l'estuaire du Saint-Laurent par analyse de restriction de l'ADN mitochondrial." *INRS-Eau, rapport de recherche no 393, 34 p.* - Rapport rédigé pour et distribué par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (1993).  
R000393.
- Bertrand, P.<sup>2</sup>, L. Coté<sup>2</sup> et M. Lachance. "Cartographie des géosystèmes côtiers des Iles-de-la-Madeleine. Rapport sectoriel no 1." *INRS-Eau, rapport de recherche no 371, 50p.* - Rapport rédigé pour le ministère des Pêches et Océans du Canada, Division de la gestion de l'habitat du poisson (1992).  
R000371.
- Boudreau, P., B. Doyon et M. Leclerc. "Modélisation hydrodynamique du tronçon lac Saint-Pierre du fleuve Saint-Laurent selon les conditions hivernales de février 1993: scénarios exploratoires." *INRS-Eau, rapport de recherche no 385, 12p., 2 annexes.* - Rapport rédigé pour la Garde côtière canadienne (1993).  
R000385.

## 5.5 Rapports de recherche

- Campbell, P.G.C. et R. Roy. "Possible means of evaluating the biological effects of sub-aqueous disposal of reactive mine tailings." *INRS-Eau, rapport de recherche no 389, 55 p., 1 annexe, 1 bibliographie annotée.* - Rapport rédigé pour Rawson Academy of Aquatic Science (1993).  
R000389.
- Caouette<sup>1</sup>, P., C. Dutil<sup>1</sup>, S. Lavoie, G. Gagné<sup>1</sup>, Y. Maranda<sup>1</sup> et J.L. Sasseville. "Politique de contrôle de la pollution en provenance des principales productions animales." *INRS-Eau, rapport de recherche no 383, 113 p.* - Rapport rédigé en collaboration avec la firme Consultants BPR (1993).  
R000383.
- Cluis, D. et E. Quentin. "Géomatique agricole, référence technique." *INRS-Eau, rapport de recherche no 369, 100p.* - Rapport rédigé dans le cadre du projet : Evaluation régionale et locale de la contribution des activités agricoles en matières fertilisantes provenant des lisiers et fumiers (1993).  
R000369.
- Cluis, D., G. Gangbazo<sup>1</sup> et M. Elektorowicz<sup>2</sup>. "Le contrôle de la pollution diffuse agricole: leçons à tirer de l'expérience du Vermont (Etats-Unis)." *INRS-Eau, rapport de recherche no 376, 19p.*(1993).  
R000376.
- Couillard, D., M. Chartier et G. Mercier. "Optimisation d'un procédé pour la solubilisation des métaux dans les sédiments." *INRS-Eau, rapport de recherche no 366, 220p.* - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Centre St-Laurent (1993).  
R000366.
- Couillard, D., M. Chartier et G. Mercier. "Développement d'un procédé pour l'enlèvement des métaux dans les sédiments: revue de la documentation et étude des facteurs affectant la solubilisation des métaux." *INRS-Eau, rapport de recherche no 365, 319p.* - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Centre Saint-Laurent (1992).  
R000365.
- Couillard, D., P. Lafrance et S. Lessard. "Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution d'East-Broughton station (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement." *INRS-Eau, rapport de recherche no 367, 165 p.* - Rapport rédigé pour l'Association de chasse et de pêche des Cantons de Broughton Inc. et la municipalité d'East-Broughton station (Beauce) (1992).  
R000367.
- Ferguson<sup>2</sup>, M.M., L. Bernatchez, M. Gatt<sup>2</sup>, B. Konkle<sup>2</sup>, S. Lee<sup>2</sup> et M. Malott<sup>2</sup>. "Population genetics of lake Surgeon (*acipenser fulvescens*) in the Moose river basin, Ontario." *INRS-Eau, rapport de recherche no 392, 42p.* - Rapport rédigé pour et distribué par Ontario Hydro (1993).  
R000392.
- Gauthier, J. et O. Banton. "Problématique environnementale des pompes à chaleur au Québec. Bilan de la situation au Québec, problématique environnementale et aspects de la réglementation." *INRS-Eau, rapport de recherche no 358, 74p.* - Rapport rédigé pour Environnement Québec, Direction des écosystèmes urbains (1992).  
R000358.
- Huitorel<sup>1</sup>, N., L. Perreault et B. Bobée. "Tests de détection de données singulières pour quelques lois du logiciel AJUSTE-2." *INRS-Eau, rapport de recherche no 360, 65p.*(1992).  
R000360.
- Lachance, M. et G. Verreault<sup>2</sup>. "Saisie numérique et cartographie du parc marin du Saguenay." *INRS-Eau, rapport de recherche no 388, 20 p., 1 annexe.* - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Service canadien des parcs (1993).  
R000388.

- Lachance, M. "Atlas cartographique des ressources halieutiques des Îles-de-la-Madeleine." *INRS-Eau, rapport de recherche no 363, 31 p.* - Rapport préparé en collaboration avec la firme Argus Groupe Conseil dans le cadre du projet: Développement de cartes thématiques aux Îles-de-la-Madeleine, pour le ministère des Pêches et Océans du Canada (1992).  
R000363.
- Lafrance, P., O. Banton et F. Bernard<sup>2</sup> Inc. "Evaluation environnementale des pratiques culturales sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides." *INRS-Eau, rapport de recherche no 390, phase 1, 25 p.* - Rapport rédigé en collaboration avec la firme F. Bernard Inc. et présenté au MEQ, Direction de la recherche et des technologies environnementales (1993).  
R000390.
- Lebrun, A.M. et O. Banton. "Modélisation hydrodynamique." *INRS-Eau, rapport de recherche no 359, phase 2, 1 v.* - Rapport rédigé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources (1992).  
R000359.
- Lebrun, A.M. et O. Banton. "Caractérisation géophysique et essais de perméabilité." *INRS-Eau, rapport de recherche no 357, phase 1, 1 v.* - Rapport rédigé pour le ministère de l'Énergie et des Ressources (1991).  
R000357.
- Leclerc, M., P. Boudreault<sup>1</sup>, M. Montminy, L. Perreault et L. Cleary<sup>1</sup>. "Fleuve Saint-Laurent - Modélisation intégrée du suivi de la qualité des eaux du tronçon Tracy - lac Saint-Pierre. Rapport 1. Vol. 3: Analyse numérique de la contamination du tronçon Tracy - lac Saint-Pierre par les effluents industriels et les tributaires." *INRS-Eau, rapport de recherche no 319, 160p.* - Rapport rédigé en collaboration avec la firme ASSEAU Inc. dans le cadre d'une entente institutionnelle entre l'INRS-Eau et Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada) (1992).  
R000319.
- Marceau, D.J., D. Gratton et J.P. Fortin. "Développement d'une méthode pour identifier les résolutions spatiales optimales à la détection de couverts forestiers." *INRS-Eau, rapport de recherche no 361, phase 1, 44p.* - Rapport rédigé dans le cadre du projet: PROGERT. (DT2202) (1992).  
R000361.
- Marceau, D.J., D. Gratton et J.P. Fortin. "Développement d'une méthode pour identifier les résolutions spatiales optimales pour la détection et la discrimination de couverts forestiers." *INRS-Eau, rapport de recherche no 370, phase 2, 82p.* - Rapport rédigé dans le cadre du projet: PROGERT. (DT2207) (1993).  
R000370.
- Mathier, L., L.D. Fagherazzi<sup>2</sup>, J.C. Rassam<sup>2</sup> et B. Bobée. "Great Lakes net basin supply simulation by a stochastic approach." *INRS-Eau, rapport de recherche no 362, 95p.* Rapport rédigé en collaboration avec Hydro-Québec (1992).  
R000362.
- Morin, G. "Optimisation des paramètres du modèle CEQUEAU." *INRS-Eau, rapport de recherche no 364, 20p.*(1992).  
R000364.
- Nolet, J. et J.L. Sasseville. "L'eau dans un contexte de protection de l'environnement: analyse coûts-bénéfices et besoins en information dans la formulation de politiques de l'eau." *INRS-Eau, rapport de recherche no 383, 26p., 1 annexe.* - Rapport rédigé pour Environnement Canada (1993).  
R000382.
- Nolet, J., J.L. Sasseville et G. Gagné. "Tendances à l'industrialisation dans les principales productions animales au Québec et augmentation des capacités de contrôle de la pollution." *INRS-Eau, rapport de recherche no 374, 75p.* Rapport rédigé en collaboration avec la firme Consultants BPR (1993).  
R000374.

St-Cyr, L., P.G.C. Campbell et K. Guertin. "Evaluation de la biomasse et du contenu en métaux traces des plantes aquatiques submergées du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent." *INRS-Eau, rapport de recherche no 356, 230p.* - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Conservation et protection - région du Québec, Environnement Canada (1992).  
R000356.

Tessier, A. et P.G.C. Campbell. "Abiotic factors involved in predicting trace metal levels in freshwater bivalves." *INRS-Eau, rapport de recherche no 378, 34p.* - Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement de l'Ontario (1993).  
R000378.

Verreault, G.<sup>2</sup>, L. Coté<sup>2</sup> et M. Lachance. "Systèmes côtiers des Iles-de-la-Madeleine intégration des anthroposystèmes. Rapport sectoriel no 3." *INRS-Eau, rapport de recherche no 373, 24p.* - Rapport rédigé pour le ministère des Pêches et Océans du Canada, Division de la gestion de l'habitat du poisson (1992).  
R000373.

Verreault, G.<sup>2</sup>, B.P. Harvey<sup>2</sup>, L. Coté<sup>2</sup> et M. Lachance. "Systèmes côtiers des Iles-de-la-Madeleine: caractérisation et intégration des biosystèmes. Rapport sectoriel no 2." *INRS-Eau, rapport de recherche no 372, 27p.* - Rapport rédigé pour le ministère des Pêches et Océans du Canada, Division de la gestion de l'habitat du poisson (1992).  
R000372.

Villeneuve, J.P., E. Gaume, G. Genest et C. Blanchette. "Contrôle de l'opération des ouvrages d'interception de la CUQ - Mise au point du modèle de simulation des axes secondaires." *INRS-Eau, rapport scientifique no 384, 33p. (RP-28-A).* Rapport rédigé en collaboration avec la firme Consultants BPR (1993) (rapport confidentiel).  
R000384.

## 5.6 Rapport interne

Messaoudi, H. et B. Bobée. "Etude des corrélations fictives: cas de l'introduction de variables communes." *INRS-Eau, rapport interne no 124, 37p.* (1992)  
I000124.

## 5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise

Benazon, N. "Etude expérimentale et modélisation du transport de l'ammonium et de nitrate dans un sol sablonneux: effet d'une contamination par le pétrole." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Science (Eau), Université du Québec, 170p.* (1992)  
T000150.

Cantin, J.F. "Modélisation de processus physiques affectant les pétroles déversés en milieu fluvial." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 166p.* (1992)  
T000151.

Chapdelaine, M.C. "Contamination des eaux souterraines par les nitrates." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 80p.* (1992)  
T000147.

Chartier, M. "Développement d'un procédé pour l'enlèvement des métaux dans les sédiments." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 272p., annexes* (1992)  
T000156.

Fortin, D. "Caractérisation chimique et microscopique des oxyhydroxydes de fer naturels formés *in situ* dans les sédiments lacustres." *INRS-Eau, Thèse de Doctorat es Sciences (Eau), Université du Québec, 239 p., 1 annexe* (1992)  
T000146.

Gamache, S. "Influence des algues navales sur la physico-chimie de la neige lors de la fonte printanière." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Science (Eau), Université du Québec, 104p., 5 annexes. (MD 299) (1992)*  
T000152.

Larocque, M. "Identification des paramètres du cycle de l'azote qui conditionnent la fiabilité d'un modèle simulant le lessivage des nitrates." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 120p.(1992)*  
T000148.

Martin, S. "Etude des facteurs influençant l'accumulation de métaux traces (cadmium, cuivre et zinc) chez deux espèces sympatriques d'insecte aquatique (*chironomus gr. Plumosus, spp*)." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 119p.(1992)*  
T000154.

Ménard, L. "Développement d'un test de létalité algal par cytométrie en flux." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 151p., 1 annexe (1993)*  
T000157.

Mzali, J. "Bioconversion de perméat de lacto - sérum par des cellules de lactobacilles immobilisées sur un support solide." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 129p.(1992)*  
T000149.

Pelletier, F. "Impact de différentes pratiques culturales sur la persistance de l'herbicide atrazine et sur la biomasse microbienne du sol." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 94p., 2 annexes (1992)*  
T000155.

Roberge, G. "Augmentation de l'efficacité de déphosphatation d'un filtre multi-média à base de tourbe par addition d'un agent dopant." *INRS-Eau, Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau), Université du Québec, 164p. (MD 298) (1992)*  
T000153.

## 5.8 Publications diverses

Cluis, D. et P. Vallée<sup>2</sup>. "Problématique de la pollution diffuse en milieu agricole: système d'information et modélisation." *INRS-Eau, rapport de mission réalisée en France, mai 1992, 30 p. (1992)*  
X000132.

Cluis, D. et G. Leclerc. "Gestion intégrée par bassin versant et SIG." *INRS-Eau, rapport de mission réalisée en Hollande et en Autriche à l'occasion du congrès HydroGIS 93, avril 1993, 27p. (1993)*  
X000135.

Houde, A., M. Hughes, Y. Secrétan et M. Leclerc. "Projet HYDREAU, volet Grandes rivières: aperçu du langage C++." *INRS-Eau, Cours donné dans le cadre du projet HYDREAU (1993)*  
X000134.

Rassam<sup>2</sup>, J.C., L.D. Fagherazzi<sup>2</sup>, B. Bobée, L. Mathier, R. Roy<sup>1</sup> et L. Carballada<sup>2</sup>. "Beauharnois - Les Cèdres spillway design flood study with a stochastic approach." *Rapport final du comité d'experts, juillet 1992. (Hydro-Québec, Groupe production, transport & télécommunications, Vice-présidence réseau - Direction production & échanges d'énergie) (1992)*  
X000136.

INRS-Eau. "Guide 1992-1993 du programme de maîtrise en sciences de l'eau." *INRS-Eau, guide de maîtrise, 25p.(1992)*  
E000105.

---

## **5.9 Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1992-1993**

5.0	Rapport annuel	1
5.1	Articles publiés dans des revues scientifiques	40
5.2	Communications avec arbitrage ou sur invitation	79
5.3	Communications sans arbitrage	7
5.4	Publications sans arbitrage	8
5.5	Rapports de recherche	33
5.6	Rapport interne	1
5.7	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	12
5.8	Publications diverses	5
	<b>TOTAL</b>	<b>186</b>



## 6 SÉMINAIRES ET COLLOQUES

---

En 1992-1993, le professeur R. Landis HARE 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.

### *Conférenciers invités*

#### **E. PREPAS**

**Environmental Research Centre, Univ. Alberta, Edmonton**

Titre de la conférence: "Dynamics of toxic algal blooms in prairie lakes and potential treatment strategies"

Date de la conférence: 2 octobre 1992

#### **J. LACOURSIÈRE**

**River Ecology Group, Univ. Lund, Suède**

Titre de la conférence: "Le ruisseau en milieu agricole: une espèce en voie de disparition?"

Date de la conférence: 9 octobre 1992

#### **G. CAVADIAS**

**Professeur invité, INRS-Eau**

Titre de la conférence: "Influence des changements climatiques sur la modélisation des séries hydrométéorologiques"

Date de la conférence: 26 novembre 1992

#### **D. GAMBLE**

**Land Resources Research Centre, Agriculture Canada, Ottawa**

Titre de la conférence: "Atrazine interactions with soils: mathematical descriptions of chemical mechanisms as inputs for hydrological models"

Date de la conférence: 11 décembre 1992

#### **J. PELLERIN-MASSICOTTE**

**Univ. du Québec à Rimouski**

Titre de la conférence: "Réponse biochimique au cadmium chez un bivalve d'eau douce (*Anodonta grandis*) en milieu naturel"

Date de la conférence: 22 janvier 1993

#### **G. DUCHESNEAU**

**Environnement Canada, Montréal**

Titre de la conférence: "Un indicateur de rejets toxiques: l'indice CHIMIOX"

Date de la conférence: 3 février 1993

#### **M. RAZACK**

**Laboratoire de Hydrogéologie, Univ. Poitiers, France**

Titre de la conférence: "Caractérisation des circulations hydrogéologiques dans un contexte structural complexe par analyse multivariable (domaine alpin - France)"

Date de la conférence: 9 février 1993

#### **V. BROCK**

**Odense Univ., Odense, Denmark**

Titre de la conférence: "Effects of mercury on biomarkers in marine organisms"

Date de la conférence: 10 février 1993

#### **J.M. LE DIZÈS**

**Alias-Conseil, France**

Titre de la conférence: "Prométhée III ou l'intelligence dérobée"

Date de la conférence: 9 février 1993

Titre de la conférence: "Application de Protée"

Date de la conférence: 11 février 1993

#### **J. KUKKONEN**

**Great Lakes Environmental Research Lab., Ann Arbor, Michigan**

Titre de la conférence: "The role of dissolved organic material in the bioavailability of xenobiotics in aquatic environments"

Date de la conférence: 12 février 1993

**A. PLAMONDON****Université Laval**

Titre de la conférence: "Drainage des tourbières: croissances des arbres et environnement"

Date de la conférence: 12 février 1993

**P. ADAMS****Trent Univ., Peterborough**

Titre de la conférence: "Caractéristiques physico-chimiques des bassins versants de l'Arctique"

Date de la conférence: 12 mars 1993

**J.P. BLANCHET****Univ. du Québec à Montréal**

Titre de la conférence: "Modélisation du climat aux échelles globale et régionale"

Date de la conférence: 19 mars 1993

**F.M.M. MOREL****Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.**

Titre de la conférence: "Recent advances in aquatic chemistry"

Date de la conférence: 26 mars 1993

**A. TOMA****Centre d'Informatique Géologique, École des Mines de Paris**

Titre de la conférence: "Estimation des flux de matière dans les rivières: méthodes d'interpolation - biais et précision"

Date de la conférence: 21 avril 1993

**P. HUBERT****École des Mines de Paris**

Titre de la conférence: "Introduction aux fractals et multifractals"

Date de la conférence: 22 avril 1993

**A. MUCCI****Univ. McGill, Montréal**

Titre de la conférence: "Stoichiométrie de la réaction de sulfate dans un sédiment organique"

Date de la conférence: 23 avril 1993

**W. RAUSER****Univ. Guelph, Guelph**

Titre de la conférence: "Cadmium in plants: reactions and adaptations"

Date de la conférence: 7 mai 1993

## 7 AUTRES ACTIVITÉS

---

En raison de son statut universitaire et de sa mission de recherche orientée vers les besoins québécois dans le domaine de l'eau, l'INRS-Eau a toujours cherché à développer et à maintenir des contacts avec les milieux extérieurs. Ces contacts prennent les formes suivantes: coopération scientifique au plan international et au plan national, collaborations avec les chercheurs d'autres institutions, activités-conseil et expertises pour des organismes extérieurs, organisation de colloques ou congrès et participation à des comités de rédaction ou de lecture de revues scientifiques. De plus, dans le cadre des échanges scientifiques avec des organismes extérieurs, le Centre a accueilli, cette année, huit (8) visiteurs.

Outre ces divers types d'activités, les chercheurs du Centre adhèrent à plusieurs associations professionnelles. Certains participent à des activités internes au sein de l'Université du Québec ou de l'INRS.

### 7.1 Coopération scientifique

#### **Olivier BANTON (1992)**

Gouvernement français  
"Politique de protection des eaux souterraines aux nitrates agricoles"  
Financement: Ministère des Affaires internationales du Québec

Université de Poitiers  
"Hydrogéologie environnementale: développement d'outils d'intervention et de gestion"  
Financement: Ministère des Affaires internationales du Québec

Université de Côte d'Ivoire  
"Mise en place d'une filière d'enseignement-recherche en environnement"  
Financement: Institut national de la recherche scientifique

#### **Louis BERNATCHEZ**

Centre écologique du Lac Saint-Jean

#### **Monique BERNIER (1992-1994)**

Entente institutionnelle avec le Centre canadien de télédétection (EMR) afin de développer des applications des données radar en hydrologie

#### **Bernard BOBÉE (1991-)**

École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie  
École Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc  
"Modélisation statistique des valeurs extrêmes"

#### **Bernard BOBÉE, Michel LECLERC et Jean-Pierre VILLENEUVE (1988-1992)**

Université Aristote, Thessalonique, Grèce  
"Hydrologie statistique. Modélisation statistique des débits de crue et des précipitations"  
Entente institutionnelle  
Financement: Ministère des Affaires internationales du Québec

#### **Bernard BOBÉE et Jean-Pierre VILLENEUVE (1988-1993)**

Groupe d'intérêt scientifique des sciences de l'eau, Université de Poitiers  
"Collaboration scientifique. Revue des sciences de l'eau". Publication de la revue et réunion du comité de direction  
Financement: Ministère des Affaires internationales du Québec (Coopération France-Québec) et Fonds FCAR - revues scientifiques

#### **Peter G.C. CAMPBELL (1990-1992)**

Laboratoire d'écotoxicologie, Université de Bordeaux I, Talence, France  
Financement: Ministère des Affaires internationales du Québec (Coopération France-Québec)

**Denis COUILLARD**

Projet de transfert technologique de APPUI  
(Association des professeurs universitaires  
internationaux)

Financement: Association canadienne pour le  
développement international  
(ACDI)

**Jean-Pierre FORTIN (1992-1994)**

Projet de coopération entre la France et le  
Québec

INRA et CARTEL - INRS-Eau

"Application de la télédétection dans les  
domaines spatiaux de l'infra-rouge thermique et  
des micro-ondes pour le suivi de la végétation  
et de l'évapotranspiration"

Financement: Ministère des Affaires interna-  
tionales du Québec (Coopéra-  
tion France-Québec)

**Marius LACHANCE (1990-1992)**

Projet de collaboration

"Synthèse et analyse des connaissances rela-  
tives aux ressources naturelles du parc marin  
du Saguenay"

Financement: Environnement Canada - Firme  
Argus Groupe-Conseil

Projet de collaboration

"La gestion intégrée des ressources"

Financement: Ministère du Loisir, de la  
Chasse et de la Pêche

**Pierre LAFRANCE et Olivier BANTON (1990-1992)**

Projet de coopération entre le Québec et la  
France

"Évaluation du transport des pesticides dans  
l'eau souterraine : aspects physico-chimiques"

Financement: Ministère des Affaires interna-  
tionales du Québec (Coopéra-  
tion France-Québec)

**Michel LECLERC (1987-1992)**

Université de Technologie de Compiègne,  
France (G. DHATT et G. TOUZOT)

"Modélisation numérique par éléments finis"  
Entente institutionnelle

Centre Saint-Laurent

Entente institutionnelle cadre

Institut de recherche en environnement et  
économie

Université d'Ottawa

Projet Ecorecherche des trois conseils (CNRC)  
"Restauration du fleuve Saint-Laurent"

**Marcel OUELLET**

Commission Géologique du Canada (W.W.  
SHILTS)

"Séismo-stratigraphie des systèmes lacustres"  
Financement: EMR-CRSNG

Bedford Institute of Oceanography (C.T.  
SCHAFER)

"Indices paléohydrologiques des sédiments  
lacustres"

Financement: EMR-CRSNG

Instituto Geofisico del Escuela Politecnica  
National, Quito, Equator

"Paleoseismolimnologie"

Municipalité de San Francisco de Quito,  
Équateur

Expert en environnement aquatique

Northern Kentucky University

Paléolimnologie de l'Équateur

**Francisco PADILLA**

Universitat Jaume I, Castellon, Espagne

"Application de la modélisation au transport  
des composés organiques dans la zone non-  
saturée du sol"

Financement: Generalitat Valenciana et INRS

**Jean STEIN (1991-1996)**

Entente institutionnelle avec l'Université Laval  
dans le domaine de l'hydrologie forestière.

Université Laval  
Membre adjoint de l'École des gradués

Université de Montréal  
École Polytechnique  
Département de génie civil

**7.2 Collaborations externes****Olivier BANTON**

Université de Poitiers  
Laboratoire d'hydrogéologie

Université de Sherbrooke  
Département de géographie  
Centre d'application et de recherche en télédé-  
tection (CARTEL)  
Chercheur associé

**Louis BERNATCHEZ**

Université du Québec à Trois-Rivières  
Université du Québec à Montréal  
Université de Guelph, Ontario  
INRA, Jouy-en-Josas, France

**Pierre LAFRANCE**

Institut de recherche en biotechnologie  
(Montréal)  
Collaborateur

**Bernard BOBÉE**

Université de Montréal  
École Polytechnique

INRS-Santé  
Collaborateur

Université McGill  
Département de génie civil

Laboratoire de génie chimique  
Université de Limoges

Université de Moncton  
Département de mathématiques

**Marcel OUELLET**

Université d'Ottawa  
Département de génie civil

Université Laval  
Département de géologie  
Professeur associé, 1988-

**Peter G.C. CAMPBELL**

Université de Bordeaux I  
Laboratoire d'Écologie et d'Écotoxicologie

Université de Montréal  
École Polytechnique  
Collaborateur

Université de Montréal  
Département de sciences biologiques

Université de Sherbrooke  
Département de géographie  
Collaborateur

Savannah River Ecology Laboratory  
University of Georgia, Aiken, South Carolina,  
U.S.A.

Association multipartite pour la néotectonique  
dans l'Est du Canada  
Collaborateur

**Denis COUILLARD**

Université Laval  
Département de génie civil  
Professeur invité

American Chemical Society  
Expert en limnologie arctique

Université Laval  
Membre du Groupe de recherche en recyclage  
biologique et aquaculture (GREREBA)

Énergie atomique du Canada  
Laboratoire de Chalk River et de Pinawa,  
Manitoba

**Francisco PADILLA**

Centro Interamericano de Recursos De Agua,  
CIRA  
UAEM, Toluca, Mexique  
Professeur invité, 1992

**Jean-Louis SASSEVILLE**

École nationale d'administration publique  
(Administration publique de l'eau)

Groupe de recherche sur l'enseignement supérieur  
(évaluation des programmes d'études  
avancées et de la recherche)

Entente de collaboration scientifique entre  
l'INRS et Ressources Ste-Geneviève limitée

**Jean STEIN**

Université de Saskatchewan  
Division de l'hydrologie  
Collaborateur

Université Laval  
Centre de recherche en géomatique  
Collaborateur

Centre de recherche en biologie forestière  
Membre associé

**André TESSIER**

Université McMaster, Hamilton, Ontario  
Département de géologie  
Professeur invité

Université de Genève  
Département de chimie minérale

Université Delaware  
Département de génie civil

**Rajeshwar D. TYAGI**

Université Laval  
Membre du groupe de recherche en recyclage  
biologique et aquaculture (GREREBA)

Institut Armand-Frappier, Montréal

Université Delaware, États-Unis

### 7.3 Participation aux activités d'autres organismes ou comités

**Louis BERNATCHEZ**

Consultant pour le groupe Médiascience

**Monique BERNIER**

Vice-présidente de l'Association québécoise de  
télétection (AQT)

Membre du comité scientifique du 16e Sympos-  
ium canadien de télétection et du 8e  
Congrès de l'AQT (juin 1992)

**Bernard BOBÉE**

Membre du Comité sur l'information scienti-  
fique et technique, Conseil de la langue fran-  
çaise

Membre du Comité de direction de la Revue  
des sciences de l'eau, 1992-1994

Membre du Comité organisateur de l'Advanced  
Study Institute de l'OTAN de Deauville

**Peter G.C. CAMPBELL**

Conseil de recherches en sciences naturelles et  
en génie du Canada (CRSNG). Comité sur les  
initiatives collaboratives en recherche (CCRI),  
membre 1991-

Société royale du Canada, Programme sur les  
changements climatiques globaux, Comité sur  
les précipitations acides, 1989-1992

Directeur scientifique adjoint de la Revue des  
sciences de l'eau, 1992-

**Richard CARIGNAN**

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Programme de subventions pour dépenses courantes. Comité Écologie et Évolution, 1989-

**Denis COUILLARD**

Fédération des professeurs d'universités du Québec. Représentant des professeurs de l'INRS

Membre adjoint de l'École des gradués de l'Université Laval

**Jean-Pierre FORTIN**

Consultant pour le Centre de recherches pour le développement international (Groupe de travail sur les ressources en eau - processus de paix au Moyen-Orient)

**H. Gerald JONES**

Commission internationale des Neiges et Glace (CING)

Comité national du Canada (Conseil national de la recherche), IUGG, Délégué AISH, 1992-

Membre du comité "Terrestrial and Extraterrestrial Ice", 1990-

Président du groupe de travail "Snow Ecology", 1992-

**Pierre LAFRANCE**

Président du Comité d'organisation du 8e Congrès de l'Est de l'Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM), 26-27 octobre 1992, Sainte-Foy, Québec

Organisateur de la session Pollution de l'eau, Division Environnement, 76e Congrès de la Société Canadienne de Chimie, 30 mai-3 juin, Sherbrooke, Québec

**Michel LECLERC**

Comité consultatif du saumon de la rivière Moisie  
Projet Sainte-Marguerite d'Hydro-Québec. Scientifique participant

Comité de sélection de projet de recherche, coopération interprovinciale

**Guy MORIN**

Consultant pour le Centre de recherche pour le développement international (CRDI)

**Marcel OUELLET**

Société canadienne de Limnologie  
Vice-président

American Society of Limnology and Oceanography  
Responsable du groupe de travail sur le carottage des sédiments lacustres

Programme de développement des Nations-Unies

**Jean-Louis SASSEVILLE**

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science Canada  
Prix scientifique du Québec  
Président du jury

**Michel SLIVITZKY**

Membre de la Fondation québécoise en environnement

Membre du Conseil scientifique des Grands-Lacs de la Commission mixte internationale (E.U. et Canada)

Centre québécois de la valorisation de la biomasse (CQVB)  
Membre du conseil d'administration

Membre du comité de travail de la Commission Mixte Internationale sur les "Principes, évaluation, intégration et implantation des mesures"

Participation à toutes les activités de la Commission d'évaluation environnementale conjointe du projet de décontamination du canal de Lachine

#### Jean STEIN

Membre du Comité national canadien de l'eau

Boreal Ecosystem - Atmosphere Study (BOREAS). Membre du comité de révision des propositions de recherche

Membre du Groupe de travail en hydrologie forestière du Conseil consultatif canadien de télédétection.

#### André TESSIER

Fonds FCAR. Membre du comité 1 (Soutien aux équipes de recherche)

#### Jean-Pierre VILLENEUVE

Directeur scientifique de la Revue des sciences de l'eau, mars 1989-

Centre de transfert de technologies environnementales de l'Est du Canada (CTTE)

Centre régional de l'industrie et de l'environnement (CRIE) (membre fondateur)

Conseil régional de concertation et de développement de la région de Québec (CRCDO)

Secrétariat international des grands fleuves

Table ronde d'orientation sur la gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant au Québec (AQTE)

## 7.4 Revues scientifiques

### 7.4.1 Revue des sciences de l'eau

A la suite d'une entente France-Québec, la Revue des sciences de l'eau a été officiellement lancée le 6 octobre 1988. Le nouveau périodique franco-québécois est né de la fusion de la Revue française de l'eau et du périodique québécois Revue internationale des sciences de l'eau.

La direction scientifique de la revue était assurée, en France, par monsieur Marcel DORÉ de l'Université de Poitiers et au Québec, par monsieur Jean-Pierre VILLENEUVE de l'INRS-Eau. En plus des revenus d'abonnements, au Québec, la revue est financée par le Fond FCAR (26 000\$), la Coopération France-Québec (MAI 5 700\$) et, en France, par la Coopération Québec-France (MAE 16 000\$).

### 7.4.2 Participation à des comités de rédaction

#### Bernard BOBÉE

Membre du Comité de direction de la Revue des sciences de l'eau, 1987-1994

Président du Comité de direction de la Revue des sciences de l'eau, 1990-1992

Éditeur associé du Canadian Journal of Water Resources

Membre du Conseil scientifique de SécheresseSciences

Membre du Conseil scientifique de Stochastic Hydrology and Hydraulics

Membre du Conseil scientifique du Journal of Hydrology

**Peter G.C. CAMPBELL**

Membre du comité de rédaction pour la revue  
"Chemical Speciation and Bioavailability"

Éditeur associé pour la série "Environmental  
Chemistry" de Cambridge University Press,  
G.B.

Directeur scientifique adjoint du Comité de  
direction de la Revue des sciences de l'eau,  
1992-

**H. Gerald JONES**

Éditeur associé pour l'OTAN Séries G, V28,  
Ecological Sciences

**Rajeshwar D. TYAGI**

Membre du comité éditorial de:

- Journal of Microbial Biotechnology
- Process Biochemistry

**7.5 Visiteurs**

A. CHANZY - juin 1992  
Sciences du sol, INRA  
Avignon, France

B. CAUSSADE - septembre 1992  
Institut mécanique des fluides de Toulouse  
France

J.P. DEDIEU - décembre 1992  
CNRS  
Grenoble

D.S. GAMBLE - décembre 1992  
C.L.B.R.R.  
Agriculture Canada  
Ottawa, Ontario

J. KUKKONEN - février 1993  
Great Lakes Environmental Research Laboratory  
Ann Arbor, Michigan

G. MATEJKA - octobre 1992  
Laboratoire de Génie chimique  
Université de Limoges

M. RAZACK - février 1993  
Université de Poitiers  
Laboratoire d'hydrogéologie  
Poitiers, France

**7.6 Associations professionnelles****Jean-Christian AUCLAIR**

- Societas Internationalis Limnologiae,  
Theoreticae et Applicatae (SIL)

**Olivier BANTON**

- Association of Groundwater Scientists and  
Engineers (AGSE - AGWA)
- American Soil Science Society (SSSA)
- Association professionnelle des géologues et  
des géophysiciens du Québec (APGGQ)
- Association québécoise des spécialistes en  
sciences du sol (AQSSS)

**Louis BERNATCHEZ**

- Association canadienne française pour l'avance-  
ment des sciences (ACFAS)
- Society for the Study of Evolution

**Monique BERNIER**

- Association canadienne française pour l'avance-  
ment des sciences (ACFAS)
- Association québécoise de télédétection
- Société canadienne de télédétection

**Bernard BOBÉE**

- Association québécoise des techniques de  
l'EAU (AQTE)

**Peter G.C. CAMPBELL**

- American Chemical Society (ACS)
- Société canadienne de chimie (SCC)

- Societas Internationalis Limnologiae, Theoreticae et Applicatae (SIL)
- American Society of Limnology and Oceanography (ASLO)
- Société canadienne de limnologie (SCL)
- Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)
- Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)

#### **Richard CARIGNAN**

- American Society of Limnology and Oceanography
- American Association for the Advancement of Science
- Societas Internationalis Limnologiae, Theoreticae et Applicatae (SIL)
- American Geochemical Society

#### **Daniel CLUIS**

- La Houille Blanche, Grenoble
- Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS)
- The Time-Series Analysis and Forecasting Society (Angleterre)

#### **Denis COUILLARD**

- Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS)
- Institut de chimie du Canada (ICC)
- Association québécoise des techniques de l'eau (AQTE)
- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)
- Société canadienne de génie chimique (SCGC)

#### **Jean-Pierre FORTIN**

- Association québécoise de télédétection (AQT)

#### **Landis HARE**

- North American Benthological Society (NABS)
- Freshwater Biological Association, Royaume-Uni (FBA)
- Société canadienne de limnologie (SCL)
- Societas Internationalis Limnologiae (SIL)
- Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)

#### **H. Gerald JONES**

- Congrès de l'Est sur la neige (ESC)
- Société internationale de glaciologie (IGS)
- American Geophysical Union
- International Association of Hydrological Sciences

#### **Marius LACHANCE**

- Société de météorologie du Québec
- Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS)
- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)
- Association canadienne des Sciences Géodésiques et Cartographiques
- Classification society of North America
- Association canadienne de statistique

#### **Pierre LAFRANCE**

- Association québécoise des spécialistes en sciences du sol (AQSSS)
- Ordre des chimistes du Québec (OCQ)
- Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM)

#### **Michel LECLERC**

- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)

#### **Marcel OUELLET**

- Association canadienne pour l'étude du Quaternaire
- Societas Internationalis Limnologiae, Theoreticae et Applicatae (SIL)
- Société canadienne de limnologie
- American Society of Limnology and Oceanography
- Geological Society of America
- Association Multipartite pour la Néotectonique dans l'Est du Canada
- American Geophysical Union

#### **Lise POTVIN**

- Association québécoise de télédétection (AQT)

#### **Wanda SOCHANSKI**

- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)

**Jean STEIN**

- Ordre des ingénieurs forestiers du Québec (OIFQ)
- Institut canadien de foresterie (IFC)
- Union géophysique américaine (AGU)
- Union géophysique canadienne (UGC)
- Société de météorologie de Québec (SMQ)
- Association internationale des sciences hydrologiques (AISH)

**André TESSIER**

- Institut de chimie du Canada (ICC)
- Association canadienne pour l'avancement des sciences (ACFAS)
- Ordre des chimistes du Québec (OCQ)
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

**Rajeshwar D. TYAGI**

- Société indienne de biotechnologie
- Association of Food Scientist and Technologist, Inde
- Institut de chimie du Canada
- Société canadienne de génie chimique
- Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et de sa maîtrise (CAWPRC)
- Société canadienne des microbiologistes
- International Association on Water Pollution Research Control (IAWPRC)

**Jean-Pierre VILLENEUVE**

- Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS)
- International Water Resources Association
- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ)
- Association internationale de recherches hydrauliques (AIRH)

**7.7 Activités internes au sein de l'INRS et de l'Université du Québec****Comité de programmes de l'INRS-Eau**

Jean-Pierre VILLENEUVE, directeur  
 Olivier BANTON, professeur  
 H. Gerald JONES, professeur  
 François AUBÉ, étudiant  
 Frédéric SHOONER, étudiant

**Commission de la recherche de l'INRS**

Jean-Pierre VILLENEUVE, directeur  
 Olivier BANTON, professeur  
 Pierre GAGNÉ, étudiant

**Comité de coordination et de direction de l'INRS**

Jean-Pierre VILLENEUVE, directeur

**Comité de répartition de la subvention de base (INRS)**

Jean-Pierre VILLENEUVE, directeur

**Comité d'évaluation de la performance des professeurs de l'INRS**

Michel LECLERC, professeur

**Comité sur les critères d'évaluation de la tâche des professeurs de l'INRS**

Michel LECLERC, professeur



## 8 SERVICES

---

### 8.1 Organisation des laboratoires

Le Centre veut que les laboratoires constituent un service à la recherche. Ce service est assuré par un personnel de base régulier et expérimenté et par une organisation matérielle particulière. 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 derniers 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, 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 radioisotopes, de microscopie, de spectrophotométrie, d'essais biologiques, d'analyses chimiques, etc. Les laboratoires sont situés au Complexe scientifique de Québec.

L'équipement majeur du Laboratoire est le suivant:

1. **Chromatographie ionique** Dionex autoion 12, avec intégrateur Shimadzu CR-3A
2. **Chromatographie ionique** Dionex modèle DX-300
3. **Chromatographe en phase gazeuse** Perkin-Elmer Sigma 300 avec détecteur à conductivité thermique et à capture d'électrons
4. **Spectrophotomètre UV-Visible** Varian DMS-200
5. **Spectrophotomètre infrarouge** Perkin-Elmer IR-457
6. **Spectrophotomètre d'absorption atomique à four de graphite** Varian Spectra-30G et GTA-96
7. **Spectrophotomètre de radiation bêta** LKB Rackbeta 1215
8. **Spectrophotomètre de radiation gamma** LKB 1282
9. **Spectrophotomètre de radiation alpha** Canberra 7404
10. **Spectrophotomètre de radiation gamma** Canberra de type détecteur à puits au germanium ultrapur avec correcteur Compton anticoïncidence
11. **Spectrofluorimètre** Perkin-Elmer 204
12. **Fluorimètre** Turner 10
13. **Analyseur de carbone organique et inorganique** Technicon et Radiometer

14. **Analyseur de carbone, azote et soufre** Carlo-Erba NA-1500
15. **Analyseur du soufre total** Leco SC-132
16. **Analyseurs automatiques** Technicon II
17. **Polarographe** Princeton Applied Research 174 et poste polarographique Metrohm 663
18. **ATP-mètre** JRB 2000
19. **Luminomètre** LKB 1251
20. **Chromatographe liquide à haute performance** Waters 600 avec détecteur UV-VIS 490 et spectrofluorimètre Perkin-Elmer LS-4
21. **Chambres environnementales (2 laboratoires) à température et éclairage contrôlés**
22. **Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme** Varian Spectra 20 BQ et GTA-96
23. **Spectrophotomètre d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP)**. Jarrell Ash, modèle Atomscan 25 et échantillonneur automatique
24. **Analyseur de particules** Coulter modèle MULTISIZER II
25. **Micromanipulateur benthique** RSI Research LTD appareil submersible avec système vidéo pour positionner des micro-électrodes à l'interface eau-sédiment avec une précision de 20 µm
26. **Système de chromatographie en phase gazeuse** Varian modèle 3400
27. **Microscope à épifluorescence et à contraste interférentiel** Zeiss modèle Axioplan

Au cours de l'année 1992-1993, le laboratoire a été doté de nouveaux équipements grâce à des subventions du CRSNG (appareillage) et FCAR obtenues par des chercheurs du Centre:

#### CRSNG

1. **Autoanalyseur à flux continu**, Tecator 5400 (D. COUILLARD)
2. **Appareil de micro-électrophorèse à laser**, Coulter delsa 440 (P.G.C. CAMPBELL)
3. **Système d'acquisition de données multi-isotopes pour un compteur à rayons gamma**, LKB Wallac (L. HARE)
4. **Spectroradiomètre submersible**, Li-Cor Li-1000 (A. TESSIER)
5. **Enceinte anaérobique (boîte à gant)**, Forma Scientific (R. CARIGNAN)

#### FCAR

1. **Camion 4x4**, Ford (F-350) (A. TESSIER)

En 1992-1993, le personnel technique et professionnel du laboratoire comprenait les personnes suivantes:

#### Responsable du laboratoire:

Stéfane PRÉMONT

#### Agent technique de laboratoire:

Paul BOISVERT

#### Techniciens réguliers:

Pauline FOURNIER

Michelle GEOFFROY-BORDELEAU

Bernard VEILLEUX

#### Techniciens contractuels:

Louise FRASER

Brigitte PATRY

René RODRIGUE

Sylvie ST-PIERRE

#### Stagiaire contractuelle:

Isabelle LÉVESQUE

## 8.2 Informatique et bureautique

A l'ère des télécommunications et de l'informatique décentralisée, le Centre offre aux équipes de

recherche divers réseaux de télécommunication adaptés aux besoins évolutifs des chercheurs, des plate-formes de calcul et de développement performantes et diversifiées, un accès à diverses banques d'information tant internes qu'externes, des services modernes de bureautique et de téléphonie.

Cette année a été surtout marquée par une réflexion collective sur les besoins informatiques du centre, sous le thème "INFORMATIQUE - HORIZONS 1993-98", par l'implantation de deux réseaux Ethernet sur paires torsadées au Carrefour Molson et au Complexe scientifique, par le remplacement du support physique de la bureautique et du logiciel de traitement de texte commun, par le remplacement du système téléphonique au Complexe scientifique et la croissance de celui du Carrefour Molson.

Le Service d'informatique assure notamment le support des réseaux de télécommunication, la gestion des plate-formes informatiques communes, la gestion du système téléphonique, l'implantation, la mise à jour et le support de différents logiciels auprès des usagers, l'entretien de l'équipement. Les applications de l'informatique aux divers projets du Centre sont assurées par plusieurs informaticiens rattachés aux équipes de recherche et spécialisés dans des domaines propres aux projets des chercheurs. La fonction bureautique est assurée par quatre secrétaires également rattachées aux équipes de recherche.

En termes d'équipement, le Service d'informatique offre aux usagers:

■ **Le système informatique, composé des plate-formes suivantes:**

- un ordinateur VAX 11/780, toujours utilisé comme outil de calcul, mais agissant surtout comme serveur au niveau du transfert et du stockage de l'information provenant de diverses sources, tant internes qu'externes; il supporte aussi le courrier électronique avec l'extérieur (NETNORTH);
- un processeur vectoriel FPS M64/35, accessible à partir du VAX, permettant la solution rapide de problèmes mathématiques complexes;

- une station de traitement numérique d'images DIPIX ARIES-III, accessible à partir du VAX, permettant la visualisation et l'analyse de données recueillies principalement par satellites (LANDSAT, NOAA, SPOT, etc.);
- une station de travail SUN/330 et une station SUN Sparc-II, utilisées dans divers projets de simulation;
- une station de travail SUN Sparc-II et une station SUN IPX, utilisées pour les projets de modélisation;
- une station de travail IBM Risc 6000, utilisée en télédétection;
- un serveur de terminaux et de modems Datability VCP-1000.

■ **Les réseaux de télécommunications, assurant:**

- le lien entre les diverses plate-formes du réseau informatique du Centre, sur réseau Éthernet coaxial, communications via DECnet, NFS et PC-NFS;
- le lien entre les divers micro-ordinateurs dédiés à la recherche et à la gestion, sur réseau mixte coaxial et paires torsadées au Carrefour Molson, sur paires torsadées au Complexe scientifique, via LANTASTIC (DOS) et TCP-IP (OS/2);
- l'accès au réseau informatique de l'Université du Québec sur lien X.25, pour les chercheurs du Carrefour Molson (16 ports, STC26), ceux du Complexe scientifique (16 ports, STC26) et le Centre INRS-Géoresources (6 ports, STC06);
- l'accès en mode terminal au SIG de l'INRS (Place de la Cité) pour le service de gestion et aux ressources documentaires du réseau de l'Université du Québec (SIGIRD) pour le service de documentation;
- l'accès en mode terminal au VAX 11/780 du Centre pour les utilisateurs du réseau informatique de l'Université du Québec (32 ports, STKZ11);

- l'accès en mode terminal aux diverses plate-formes via modems et serveur de terminaux;
- le lien X.25 dédié au transfert inter-ordinateurs du réseau Université du Québec, relié au noeud du CSCQ, communications via TSF;
- l'accès aux réseaux inter-continentaux de courrier électronique, via le réseau NETNORTH et le logiciel NetMercure.

■ **Le système de téléphonie intégré, composé de:**

- un système BELL Méridien SL1, opt.21, au Carrefour Molson;
- un système BELL Méridien SL1, opt.11, au Complexe scientifique.

■ **Le système de bureautique, comprenant:**

- cinq (5) micro-ordinateurs 486/DX2 (3 au Carrefour Molson, 2 au Complexe scientifique), reliés à des imprimantes HP LaserJet, utilisant des logiciels tels WINDOWS, WordPerfect/W, Quatro Pro/W, etc.

Nous prévoyons pour l'an prochain l'intégration des divers réseaux de communications, notamment entre le Carrefour Molson, le Complexe scientifique et l'Université du Québec, la mise en place d'un système de gestion et de distribution du courrier électronique, la modernisation de certains équipements du parc informatique du Centre et l'addition de nouveaux services.

En 1992-1993, le Service d'informatique et de bureautique était sous la responsabilité du directeur du Centre, **Jean-Pierre VILLENEUVE** et de l'analyste **Jean LACROIX**. Ils étaient assistés de **Claude BLANCHETTE**, agent de recherche et **Guy PAYEUR**, technicien contractuel.

### 8.3 Documentation et édition

Afin de permettre un accès rapide et efficace à la littérature scientifique internationale, le Service de la documentation met de nombreuses bases de données, tant nationales qu'internationales, à la disposition des chercheurs. De plus, la collection du Centre comprend plus de 11 500 documents relatifs aux sciences de l'eau et de l'environnement. Elle est accessible via le catalogue des bibliothèques de l'Université du Québec (BADADUQ). Cette collection comprend environ 75 abonnements actifs à des périodiques scientifiques.

Dans un souci de collaboration avec les autres intervenants du domaine des sciences et de l'environnement, le Service est accessible aux entreprises et groupes conseils de la grande région de Québec.

Enfin, les publications de l'Institut (plus de 2000 titres) sont éditées et distribuées par le Service de la documentation de l'INRS-Eau.

**Responsable du Service:**

Christiane RENAUD

**Secteur Documentation:**

Chantal PAQUIN  
Lise RAYMOND<sup>1</sup>  
Jocelyne ROBERGE<sup>1</sup>  
Jean-Daniel BOURGAULT  
Johanne DESROSIERS<sup>1</sup>

**Secteur édition:**

Alain POIRIER

<sup>1</sup> Poste à temps partiel.

## 9 RAPPORT FINANCIER

---

Pour l'exercice terminé le 31 mai 1993

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

#### Revenus

- Subvention de base et fonds généraux sans restriction		3685
- Fonds spéciaux avec restriction		
Subventions de recherche		
- CRSNG	1245	
- FCAR	313	
- Autres sources	485	
Total des subventions		2043
Contrats de recherche		6048

---

**TOTAL DES REVENUS**

**11776**

---

#### Dépenses

- Recherche et enseignement		4838
- Soutien à la recherche et à l'enseignement		
- frais généraux et d'administration	476	
- documentation et édition	190	
- direction du Centre	171	
- informatique	100	
- laboratoire	183	
- terrains et bâtiment	672	
- APE		4973

---

**TOTAL DES DÉPENSES**

**11603**

---

**Pour l'exercice terminé le 31 mai 1993****DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x 1000\$)**

	Salaires, avantages sociaux et bourses	Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel	Services professionnels, contractuels et publics; loyer	TOTAL
Recherche et enseignement	3314	955	570	4838
Frais généraux d'administration	335	129	11	476
Documentation et édition	117	36	36	190
Direction du Centre	143	23	5	171
Informatique	78	9	13	100
Laboratoires	108	57	18	183
APE	1889	0	3085	4974
Terrains et bâtiments	0	0	673	673
<b>TOTAL</b>	<b>5984</b>	<b>1208</b>	<b>4411</b>	<b>11603</b>