

# RAPPORT ANNUEL

## 1994-1995



Complexe hydroélectrique LG-4 (Image Landsat 5-TM)

**INRS-EAU**

Image Landsat 5-TM (bandes 3,4,5) du barrage et de l'évacuateur de crue du complexe LG-4, le 14 juin 1995.  
Image acquise par l'INRS-Eau dans le cadre d'un contrat de recherche avec Hydro-Québec

# **VINGT-SIXIÈME RAPPORT ANNUEL**

**Institut National de la Recherche Scientifique, INRS-Eau  
2800, rue Einstein  
Case postale 7500  
SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7  
Téléphone: (418) 654-2524  
Télécopieur: (418) 654-2600**

**Décembre 1995**



# 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 .....	12
3.1.3	Hydrogéologie .....	18
3.2	Biogéochimie .....	19
3.2.1	Eaux de surface .....	20
3.2.2	Eaux souterraines .....	21
3.2.3	Eaux atmosphériques .....	22
3.2.4	Sédiments .....	22
3.2.5	Sol (bassin versant) .....	24
3.2.6	Ichtyologie - Étude et gestion des habitats .....	24
3.3	Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales .....	26
3.3.1	Boues .....	26
3.3.2	Rejets miniers .....	27
3.3.3	Contrôle .....	27
3.3.4	Métaux .....	29
3.3.5	Transfert technologique .....	30
4	ENSEIGNEMENT .....	33
4.1	Maîtrises en sciences de l'eau .....	33
4.2	Doctorat en sciences de l'eau .....	34
5	PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS .....	37
5.1	Articles publiés dans les revues scientifiques .....	37
5.2	Livres ou ouvrages collectifs .....	38
5.3	Communications avec arbitrage .....	39
5.4	Communications ou publications sans arbitrage .....	42
5.5	Rapports de recherche .....	43
5.6	Rapports internes .....	44
5.7	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise .....	44
5.8	Publications diverses .....	44
5.9	Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1994-1995 .....	46
6	SÉMINAIRES ET COLLOQUES .....	47
7	SERVICES .....	49
7.1	Administration .....	49
7.2	Documentation .....	49
7.3	Informatique .....	49
7.4	Laboratoires .....	50
8	RAPPORT FINANCIER .....	53



# 1 RAPPORT DU DIRECTEUR

## Faits saillants

C'est avec sérénité que l'INRS-Eau a franchi, en 1994-1995, ses 25 ans d'existence. Nous sommes donc tous très heureux d'avoir démontré que, non seulement nous pouvions survivre dans un monde de compétitions féroces, mais que l'on devait nous compter parmi les chefs de file de notre domaine dans le monde scientifique. Nous en sommes d'autant plus heureux que peu de gens à l'origine de la création du Centre auraient fait le pari que nous franchirions ce quart de siècle. C'est donc avec une certaine dose de maturité que nous avons franchi cette autre étape de notre existence. Nous sommes aussi conscients d'avoir fait tout en notre possible pour donner à l'INRS-Eau une réputation enviable et d'avoir généreusement participé, dans nos domaines respectifs, à l'avancement des connaissances. Fiers de nos acquis et conscients de la pertinence de nos activités, nous comptons mettre tout en oeuvre pour que notre Centre soit toujours reconnu parmi les meilleurs et que les résultats de nos recherches contribuent au développement social et économique de la société.

Sur le plan des activités scientifiques, l'année a été marquée par une certaine accalmie par rapport à la fébrilité et à l'ampleur des activités qui ont été réalisées au cours des deux années précédentes. Cette année en fut une de réflexion et de travail sur la promotion de l'utilisation des résultats scientifiques consécutifs aux efforts intensifs déployés au cours des dernières années. À titre d'exemple, cette réflexion nous a conduit, conjointement avec le CRIQ et le Groupe Conseil Gesco, à la mise sur pied d'une société de promotion et d'utilisation des résultats de la recherche: l'Industrielle de l'environnement Inc.

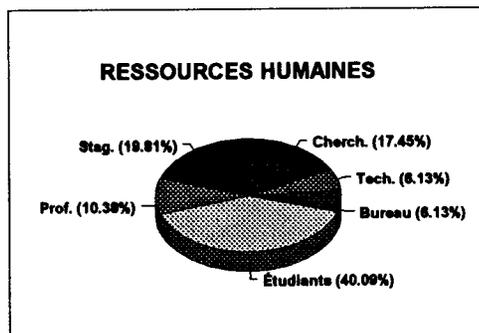


Figure 1

Les activités de recherche, tant subventionnées que commanditées, se sont poursuivies en fonction des axes de recherche définis dans la programmation scientifique du Centre (Hydrologie, Biogéochimie et Assainissement). Au total, plus de 114 projets de recherche étaient en cours cette année. Deux projets majeurs découlant directement des résultats acquis dans le cadre des APE ont vu le jour: les projets MÉTRIQUE sur la modélisation hydrodynamique en rivière et GIBSI sur la gestion intégrée des bassins versants. On se doit de signaler, entre autres projets, ceux portant sur le développement de méthodologies et de logiciels en hydrologie statistique, sur la modélisation et la prévision des apports de bassins versants, sur le développement et l'application de senseurs pour le suivi des métaux traces dans les eaux naturelles, sur le développement d'outils pour la gestion intégrée de la ressource en eau souterraine et sur le fonctionnement des réseaux d'égouts en temps de pluie. Pour réaliser ces activités, le Centre comptait sur 22 professeurs, 37 chercheurs, 13 techniciens de recherche, 13 employés de bureau, 85 étudiants et 41 stagiaires (Figure 1).

La chaire en hydrologie statistique, subventionnée conjointement par le CRSNG, Hydro-Québec et l'INRS, a poursuivi avec succès ses activités de recherche, conformément aux échéanciers fixés lors de l'établissement de la programmation de la chaire. De plus, tel qu'il avait été prévu dans le développement de la chaire, un nouveau chercheur s'est joint à l'équipe, M. Taha Ouarda.

Les études avancées et l'encadrement des étudiants ont aussi constitué une partie importante des tâches réalisées au Centre. En effet, nous avons accueilli 7 étudiants postdoctoraux, 43 étudiants au doctorat, 35 à la maîtrise et 41 stagiaires de recherche. De ce nombre, 12 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise et 8 au doctorat. Le programme de maîtrise professionnelle a accueilli deux étudiants. Ce nouveau programme se veut, par son contenu, une ouverture pour ceux ayant déjà une expérience de travail. De plus, la flexibilité de l'horaire des cours nous permet de les offrir en formation continue. Enfin, dans le cadre d'une entente de collaboration avec le Centre universitaire d'Abobo-Adjamé en Côte d'Ivoire, des membres de l'INRS-Eau ont participé à la mise sur pied d'un programme d'enseignement similaire à la maîtrise de l'INRS-Eau.

Les chercheurs de l'INRS-Eau ont été impliqués au cours de l'année dans plus de trente ententes de partenariat et de coopération de par le monde. De nouvelles ententes ont été conclues en cours d'année, plus particulièrement avec le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) pour le développement et le transfert de technologies environnementales; avec l'École nationale du génie rural, des eaux et des forêts pour la réalisation d'activités conjointes de recherche et de développement ainsi que pour des échanges d'étudiants et de stagiaires; avec le Centre universitaire d'Abobo-Adjamé de l'Université nationale de Côte d'Ivoire pour la formation d'enseignants et de chercheurs et pour la mise sur pied de programmes d'enseignement et de recherche; et avec l'Université Autonome de l'État de Mexico pour des échanges de professeurs, la diffusion et la réalisation de projets et de programmes de recherche conjoints.

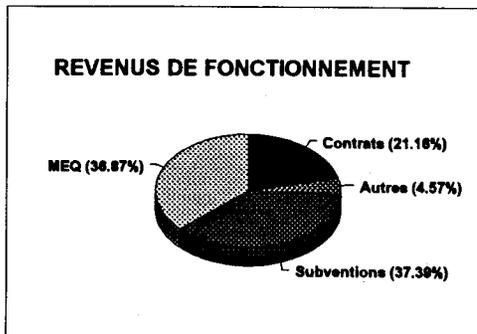


Figure 2

Cette année 1994-1995 a encore été dominée par la problématique de l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé la somme de 4 689 800 \$. Ces sommes sont équivalentes à 63% des dépenses de fonctionnement du Centre pour l'année 1994-1995 (Figure 2). Ces revenus extérieurs proviennent de subventions pour un montant de 2 778 100 \$ et de contrats de recherche pour un montant 1 572 000 \$. Les principaux organismes subventionnaires qui nous ont soutenus sont: le fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR), 257 900 \$; le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), 1 423 000 \$; et le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 416 300 \$ (Figure 3). Les contrats de recherche viennent de différentes sources; notons entre autres: Hydro-Québec, 212 700 \$; Environneau, 316 000 \$; et le ministère de l'Environnement du Canada, 151 000 \$.

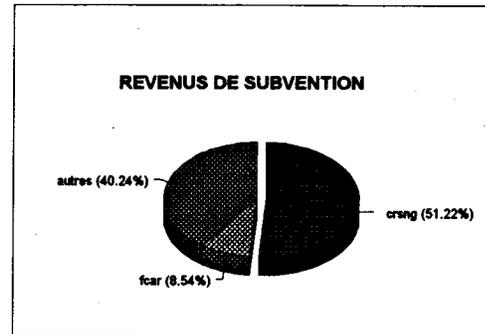


Figure 3

Nous devons encore souligner l'implication et les efforts déployés par les professeurs pour défrayer une part de plus en plus importante des frais indirects de la recherche. Cet effort a permis encore une fois de terminer l'année avec un excédent significatif des revenus sur les dépenses, ce qui est assez exceptionnel dans le contexte économique très difficile où se retrouvent actuellement placés la recherche et le développement scientifique.

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.

Au cours de l'année, aucun espace supplémentaire n'a été acquis pour répondre aux problèmes criants de locaux du Centre. Cependant, des démarches sont en cours afin de doter l'INRS-Eau de locaux adéquats. 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 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 statistique traitent des crues et de l'évolution temporelle et spatiale de la qualité des eaux. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques permettant la simulation des mouvements de l'eau et des déplacements de substances nutritives et toxiques à travers différents compartiments du cycle hydrologique. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique des écoulements fluviaux. Le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et la géomatique permettent, enfin, de mieux comprendre et estimer les variations spatio-temporelles des composantes du cycle hydrologique, aux niveaux local, régional et continental. 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 la compréhension et la modélisation des réactions (géo)chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques, pesticides, N, S) dans un bassin versant. Elles visent également l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances ainsi que la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire, organisme individuel, population, communauté). Menés aussi bien au

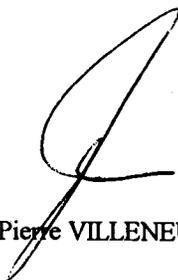
laboratoire que sur le terrain, les travaux portent sur l'écotoxicologie de contaminants et sur la dynamique des éléments nutritifs. Dans le premier cas, on étudie le comportement de contaminants (métaux traces, pesticides) dans la colonne d'eau, à l'interface eau-sédiment et dans les eaux souterraines. 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'efforts sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Ces boues étant contaminées en métaux toxiques, cette valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme Biogéochimie, des liens interprogrammes importants ont cours. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons de nouveau le lien avec le programme Biogéochimie. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils informatiques et des modèles d'aide à la décision susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagements et les décisions concernant le contrôle de la pollution de l'eau. Parmi les applications les plus directes de ces dernières recherches, mentionnons celles touchant la localisation et l'optimisation des usines d'assainissement, l'élaboration de stratégies de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs ainsi que la gestion des réseaux d'égouts sanitaires.

**CONCLUSION**

Nous avons poursuivi nos efforts de recherche appliquée à la solution des problèmes qui touchent notre environnement et nous avons participé à la formation de chercheurs et de spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement. Nous avons concentré certaines activités sur la promotion et la valorisation des résultats de nos travaux de recherche et nous avons développé de nouveaux partenariats. Globalement, le Centre a encore connu une excellente année pour ses activités scientifiques et d'enseignement. Sur le plan financier, nos objectifs budgétaires ont été dépassés, grâce notamment aux efforts soutenus des chercheurs.

Le directeur du centre INRS-Eau,



Jean-Pierre VILLENEUVE

## 2 RESSOURCES HUMAINES

---

### DIRECTION

Jean-Pierre VILLENEUVE

#### Secrétariat

Isabelle ST-JACQUES

### RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT

#### Corps professoral

Jean-Christian AUCLAIR

Olivier BANTON

Louis BERNATCHEZ<sup>1</sup>

Monique BERNIER

Bernard BOBÉE

Peter G.C. CAMPBELL

Richard CARIGNAN<sup>1</sup>

Daniel CLUIS

Denis COUILLARD

Jean-Pierre FORTIN

Landis HARE

H. Gerald JONES

Marius LACHANCE

Pierre LAFRANCE

Michel LECLERC

Guy MORIN

Marcel OUELLET

Peter Funder RASMUSSEN

Jean-Louis SASSEVILLE

Yves SECRETAN

Michel SLIVITZKY

Jean STEIN

André TESSIER

Rajeshwar D. TYAGI

Jean-Pierre VILLENEUVE

#### Professeurs ou chercheurs invités

Christian AMBLARD, Université Blaise-Pascal

Fahim ASHKAR, Université de Moncton

Goze Bertin BÉNIÉ, Université de Sherbrooke

Jacques BERNIER, Retraité de l'EDF

Jacques BUFFLE, Université de Genève

Georges CAVADIAS, Retraité, Université McGill

Pierre COUTURE, UQAR

Lucien DUCKSTEIN, University of Arizona

Nassir EL-JABI, Université de Moncton

Donald M. GRAY, University of Saskatchewan

Dieter KLUEPFEL, IAF

James R. KRAMER, McMaster University

Robert LAGACÉ, Université Laval

Pierre LAVALLÉE, ASSEAU inc.

Richard MARCEAU, ÉNAP

Van Than Van NGUYEN, Université McGill

Alain R. PESANT, Agriculture Canada

André P. PLAMONDON, Université Laval

Moumtaz RAZACK, Université de Poitiers

Réjean SAMSON, IRB

Régis Réginald SIMARD, Agriculture Canada

#### Chargés de cours

Gaston ARTEAU, MRN

Alain GADBOIS, Environnement Gadbois

Sam HAMAD, Roche limitée

#### Associés de recherche

Jean-François BLAIS<sup>1</sup>

Richard De VITRE

Alain MAILHOT

Louis MATHIER<sup>1</sup>

Taha OUARDA

Francisco PADILLA<sup>1</sup>

Jean ROBERGE<sup>1</sup>

Milutin STOJANOVIC<sup>1</sup>

#### Stagiaires et boursiers postdoctoraux

Hossine AMOKRANE

Olivier ERRECALDE

Nassiba HAMMOU<sup>1</sup>

T.R. SREEKRISHNAN<sup>1</sup>

Dacheng WANG

Lesley WARREN

#### Personnel de recherche

Martin BOLINDER<sup>1</sup>

Paul BOUDREAU

Jacques BOURGET<sup>1</sup>

Josée BOURGOIN

Claude BÉDARD<sup>1</sup>

Myriam CHARTIER

Pierre CHOUNARD<sup>1</sup>

Danielle DE SÈVE

Marie-Renée DOYON

Josée FITZBACK<sup>1</sup>

Yves GAUTHIER

Guy GENEST<sup>1</sup>

---

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

Mario HACHÉ  
 André HOUDE<sup>1</sup>  
 Marie LAROCQUE<sup>1</sup>  
 Marie-Josée L'HEUREUX<sup>1</sup>  
 Khalil MAMOUNY<sup>1</sup>  
 Sylvain MARTIN<sup>1</sup>  
 Serge MASSICOTTE  
 Carl MATHIEU  
 Guy MERCIER  
 Martin MONTMINY<sup>1</sup>  
 Nathalie MEUNIER<sup>1</sup>  
 Oscar NILO<sup>1</sup>  
 Pierre PAQUET  
 Luc PERREAULT  
 Hugues PERRON  
 Lise POTVIN  
 Serge PROULX<sup>1</sup>  
 Marie-Emmanuelle QUENTIN  
 Lise RANCOURT  
 Guy ROBERGE<sup>1</sup>  
 Francis ROY<sup>1</sup>  
 Esther SALVANO<sup>1</sup>  
 Wanda SOCHANSKI  
 Pierre TRUDEL

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

#### Administration

Gaétane BÉLANGER  
 Jean-Louis BLANCHET<sup>1</sup>  
 Jean-Léon DOYON  
**Denise DOYON-PAQUET<sup>2</sup>**  
 France-Anne FORTIN<sup>1</sup>  
 Ginette LÉGARÉ  
 Claire MIGNEAULT<sup>1</sup>  
 Nathalie PICHET<sup>1</sup>  
 Vicky SIROIS<sup>1</sup>

#### Secrétariat

Martyne CHARBONNEAU  
 Johanne DESROSIERS  
 Suzanne DUSSAULT  
 Lucie MERCIER  
 Éloïse PARENT  
 Lise RAYMOND

#### Laboratoire

Paul BOISVERT  
 Pauline FOURNIER

Michelle GEOFFROY-BORDELEAU  
 Brigitte PATRY<sup>1</sup>  
**Stéfane PRÉMONT<sup>2</sup>**  
 René RODRIGUE  
 Sylvie ST-PIERRE  
 Bernard VEILLEUX

#### Documentation

Jean-Daniel BOURGAULT  
 Chantal PAQUIN  
**Sophie RENAUD<sup>2</sup>**  
 Jocelyne ROBERGE  
 Anne ROBITAILLE

#### Cartographie

André PARENT

#### Informatique

Claude BLANCHETTE  
 Marc HUGUES<sup>1</sup>  
**Jean LACROIX<sup>2</sup>**  
 Alain POIRIER

### COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE

#### Étudiants à la maîtrise

Marie-Hélène APRIL  
 Sophie BÉDARD, CRSNG<sup>3</sup>  
 Andrée BILODEAU  
 Jean-Mathieu BINGBOURE, Francophonie  
 Sophie CANTIN, FCAR  
 Miroslav CHUM  
 Édouard CISHAHAYO, Burundi  
 Éric CORMIER  
 Michael CORMIER, CRSNG  
 Isabelle COTÉ, CRSNG  
 Sophie DUCHESNE, CRSNG  
 Steeve DUFRESNE  
 Claude FORTIN  
 Pierre GAGNÉ, FCAR  
 Stéphan GAGNON  
 Martin GAMACHE, FCAR  
 Éric GAUDREAU  
 Joël GAUTHIER, FCAR  
 François GODIN  
 Carmela GRANDE  
 Marie-Claude GUMOND, CRSNG  
 Kanza LACHHAB, Francophonie  
 Julie LAFLEUR

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

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

<sup>3</sup> Boursier ou boursière.

Mireille LAPOINTE  
Anny-Christine LAVOIE, FCAR  
Élisabeth MARCEAU, FCAR  
Chantal MARCOTTE  
Grégoire-Yves MAYNARD  
Jacinthe PAQUET  
Dany PIGEON  
Martine PROULX  
Élisabeth RAINVILLE  
Marie ROY, FCAR  
Vishal SACHDEVA  
Martin SIMARD  
André VACHON

***Étudiants au doctorat***

Irène ABI-ZEID, FCAR  
Suzanne BEAUCHEMIN, Éco-Recherche  
Hamel BENMOUSSA  
Paul BOUDREAULT, FCAR  
Bernard BOULANGER, CRSNG  
Hakim CHAMBAZ  
Keltoum CHAUCHE  
Raynald CHASSÉ, FCAR  
Angelo CHOUINARD, FCAR  
Albert CRAIG  
Louise DESCHÊNES, FCAR  
Marie-Hélène DE SÈDE  
Marième DIALLO, Francophonie  
Bernard DOYON  
Yangguang DU  
Marc DUCHEMIN  
Sophie DUFRESNE, CRSNG  
Kamal EL-HAJI

Mohammed ESSADAoui  
Vincent FORTIN, CRSNG  
Diane FOURNIER, Éco-Recherche  
Hélène GLÉMET, FCAR  
Daniel HOULE, FCAR  
Julien HOUNTIN  
Nlombi KIBI  
Rachid LABCHIR  
Claude LABERGE, CRSNG/FCAR  
Stéphane LAPOINTE, CRSNG  
Marco LATRAVERSE  
Yves LEFEBVRE, FCAR  
Yvon MARANDA  
Patrick MARCEAU  
François MARQUIS  
Daniel MARTIN, FCAR  
Michel MARTIN, FCAR  
Jean MORIN, CRSNG  
Catherine MUNGER  
B.R. RAVISHANKAR  
Agnès RENOUX  
Robert ROY, FCAR  
Frédéric SHOONER  
André ST-HILAIRE  
Nathalie TESSIER  
Maria de Lourdes TIRADO MONTIEL, MAI  
Michael TWISS, CRSNG/FCAR/Éco-Recherche  
Luc VESCOVI  
Fenghai WANG



## 3 RECHERCHE

---

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

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

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

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

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

### 3.1 Hydrologie

Les recherches poursuivies dans ce programme concernent la compréhension, la modélisation et la simulation des écoulements et des transports de l'eau et de ses solutés. Ce programme regroupe les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique, de modélisation, de télédétection et de géomatique appliquées aux écoulements. Les recherches en analyse statistique traitent des crues et de l'évolution temporelle et spatiale de la qualité des eaux. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques permettant la simulation des mouvements de l'eau et des déplacements de substances nutritives et toxiques à travers 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.

#### 3.1.1 Aménagement des bassins versants

**Daniel CLUIS**

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

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, à modéliser le potentiel de rétention du phosphore par le sol et à évaluer son niveau dans les sédiments de la rivière. / Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE) / Coll.: A. Pesant, R. Simard, M.-E. Quentin

**Marius LACHANCE**

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

Les objectifs de ce projet sont: (i) développer et adapter des méthodes statistiques multi-dimensionnelles au domaine de l'environnement aquatique et analyser la complémentarité de certaines méthodes d'analyse de données (analyses factorielles, analyses en composantes principales et classification hiérarchique); (ii) 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.

##### *Mise à jour et orientation de l'information sur les habitats de poisson du golfe du Saint-Laurent*

Il s'agit d'un ensemble de projets réalisés conjointement avec le Groupe Environnement Shooner pour le ministère des Pêches et Océans du Canada, direction de la gestion de l'habitat du poisson. Le but de ces projets consiste à effectuer une cartographie des ressources halieutiques et de leurs habitats dans diverses régions côtières du Québec (baie des Cha-

leurs, baie d'Hudson, baie James...), à constituer une base de données géographiques facilement interrogeable dans un système d'information géographique et à proposer différents plans de mise en valeur des habitats en milieu côtier en vue d'interventions dans ce milieu. / Groupe Environnement Shooner / Pêches et Océans Canada / Coll.: M. Boies, R. Lalumière

### **Michel LECLERC**

#### ***Projet Sainte-Marguerite - étude des répercussions du détournement de la rivière aux Pékans sur le saumon de la Rivière Moisie***

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 hydrodynamique aux éléments finis couvrant-découvrant.

Le projet vise à définir un débit réservé pour le saumon. Les travaux de cette année ont porté sur l'élaboration de protocoles de suivis environnementaux pour la validation du modèle d'habitats, la productivité primaire et la génétique. / Hydro-Québec / Groupe Environnement Shooner / Coll.: L. Bernatchez

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

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

### **Guy MORIN**

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

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. / CRSNG - Partenariat de recherche (Hydro-Québec) / Coll.: D. Cluis, D. Couillard, G. Jones, W. Sochanski

### **Jean STEIN**

#### ***Modélisation de l'écoulement dans un bassin versant forestier boréal***

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. 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 et à son effet sur l'infiltration. 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. / FCAR Équipe (Univ. Laval / CRSNG - recherche

#### ***Effets du gel saisonnier et du pergélisol sur l'hydrologie des pentes subarctiques et des bassins versants***

Le gel saisonnier et le pergélisol affectent significativement l'emmagasinement et le mouvement de l'eau. La composante terrain de ce projet va étudier le comportement thermique et massique combiné sur les pentes et bassins versants subarctiques et contribuera

ainsi à notre compréhension des sciences hydrologiques en régions froides. Des données environnementales du bassin de recherche de Wolf Creek au Yukon seront prises pour permettre la paramétrisation d'un modèle. Les résultats de terrain provenant de l'étude de processus combinés avec l'information provenant d'autres recherches hydrologiques effectuées dans le cadre de GEWEX (Global Energy and Water Experiment) vont être incorporés dans un modèle de bassin qui sera modifié pour accentuer le rôle du gel dans la description de l'hydrologie nordique. / Climate Research Program / SEA/CRSNG / Coll.: L. Martz (Univ. Sask.), M. Woo (Univ. McMaster)

### **Jean-Pierre VILLENEUVE**

#### *Modèles mathématiques appliqués*

Les travaux proposés répondent aux préoccupations actuelles concernant les besoins de modélisation et de simulation des écoulements, du transport et de la qualité des eaux, et s'inscrivent dans un contexte d'utilisation optimale de la ressource et de protection de l'environnement. Les travaux antérieurs ont porté sur la modélisation du transport des contaminants dans les eaux souterraines, sur la modélisation de la vulnérabilité et sur un modèle de pluie-débit. Les travaux prévus portent sur l'adaptation de modèles au suivi de la qualité et à l'établissement de paramètres globaux régionaux caractérisant l'état de la qualité des eaux. Par ailleurs, des travaux porteront sur le calage des modèles dans l'optique de l'établissement de systèmes d'aide pour le calage de leurs paramètres. Enfin, les recherches sur la modélisation de la vulnérabilité et sa représentation cartographique à l'aide d'un SIG seront poursuivies. / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: O. Banton, J.P. Fortin, A. Mailhot, C. Blanchette

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

Le projet GIBSI-I se veut le développement, l'adaptation et l'intégration d'outils informatiques (modèles), dans le but de juger de l'état du milieu et suivre son évolution. Ces outils permettront de juger de la capacité de support des cours d'eau, d'évaluer l'efficacité de programmes d'assainissement, de permettre l'affectation de la ressource, d'identifier les priorités d'intervention, d'évaluer les bénéfices de programmes de contrôle et d'optimiser les processus de contrôle de pollution de différentes origines. Ce projet sera réalisé en intégrant certains outils déjà développés par le Centre avec d'autres outils réalisés par différentes équipes de recherche à travers le

monde. / Ministère de l'Environnement et de la Faune / Coll.: O. Banton, J.P. Fortin, M. Lachance, P. Lavallée, G. Morin, Y. Secretan, Mailhot

#### *Formation d'un Cercle scientifique: "La technologie RADAR et le suivi du couvert nival"*

Quelques mois avant le lancement du satellite canadien RADARSAT, il n'existe pas encore de modèle opérationnel qui permette d'estimer directement ou indirectement l'équivalent en eau d'un couvert neigeux à partir du signal rétrodiffusé. Cette problématique est l'objet d'études à l'INRS-Eau et au Laboratoire de la montagne alpine (LAMA) à Grenoble depuis quelques années. Ces deux organismes veulent utiliser cette Action concertée pour joindre leurs efforts et ceux d'autres collègues du **Laboratoire CNRS de glaciologie** (Grenoble), du **CEMAGREF** (Montpellier) et du **CESR** (Toulouse), afin de favoriser le développement rapide de nouveaux outils. Deux firmes de consultants sont déjà impliquées dans le transfert technologique: **Viasat** (Montréal) et **GEOSYS** (Toulouse). On retrouve aussi **Hydro-Québec** et **Électricité de France** comme utilisateurs finaux des nouveaux outils. / FCAR-Action concertée de soutien à la coopération scientifique internationale / Coll.: M. Bernier, J.-P. Fortin, Y. Gauthier, J.-P. Dedieu, P. Vincent

#### *Simulateurs d'écoulements en réseau*

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

#### *Modèle de calcul du débit en temps réel aux usines de traitement d'eau*

La réalisation d'un algorithme de contrôle permet de calculer le débit en temps réel au point d'injection du chlore ou du bioxyde de chlore aux usines de traitement d'eau Chomedey et Pont-Viau. / Ville de Laval / Coll.: A. Mailhot

### 3.1.2 Écoulements

**Monique BERNIER**

#### *Complémentarité de RADARSAT et des micro-ondes passives pour le suivi du couvert nival*

Le suivi adéquat de la couverture nivale nécessite des outils de télédétection utilisables à intervalles réguliers et indépendants de la couverture de nuages et de l'illumination du soleil. Les capteurs tant passifs qu'actifs, travaillant dans les hyperfréquences, offrent un potentiel très intéressant pour les gestionnaires publics et privés de la ressource en eau et les scientifiques, suivant les éléments de la cryosphère (projets CRYISIS, GEWEX). Il faut donc développer des méthodes d'utilisation de ces capteurs. Nous proposons de réaliser les objectifs suivants: développer une stratégie d'utilisation des données micro-ondes (passives et actives) en tenant compte des différents scénarios financiers, économiques et techniques; intégrer l'information provenant des données passives et des données actives pour produire des cartes d'équivalent en eau et/ou d'épaisseur du couvert de neige. / Environnement Canada - Service de l'environnement atmosphérique

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

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 l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-Eau) et des universités Laval et Sherbrooke. Les entreprises participantes sont: VIASAT Géo-Technologie inc., MIR Télédétection inc. et les Consultants TGIS inc.. Les deux sous-projets pilotés par l'INRS-Eau découlent des recherches amorcées antérieurement dans le domaine de l'évaluation du couvert de neige à l'aide des images radar. Le premier a pour but de développer une méthode de surveillance de l'état de la couverture nivale (neige sèche vs neige humide) et une approche pour évaluer l'équivalent en eau de la neige d'un bassin versant. Le second a comme objectif l'évaluation des données radar pour déterminer les secteurs potentiels de gel dans les luzernières. / Fonds de développement technologique - programme SYNERGIE / Coll.: J.-P. Fortin, J. Stein

#### *Surveillance du couvert de neige à l'aide de données d'un radar à antenne synthétique*

Les satellites européens ERS-1/2 et le satellite canadien RADARSAT (1995) vont fournir une source continue d'images radar en bande C, pour cette décennie. Étant indépendants de l'illumination du soleil ou de la couverture nuageuse, les satellites munis d'un radar peuvent suivre régulièrement les paramètres du couvert nival (l'étendue, la teneur en eau liquide et l'équivalent en eau). Comme il n'existe pas encore de méthode opérationnelle pour le faire, ce programme veut combler cette lacune. Les sites expérimentaux sont les régions agricoles de La Pocatière et de Nicolet, ainsi que le bassin de La Grande. Des images radar de deux types ont été acquises, celles des satellites (30 m de résolution spatiale) et des données aéroportées du Centre canadien de télédétection (6 m). Lors de l'acquisition des données radar, plusieurs mesures de contrôle ont été relevées au sol. / CRSNG - Demande de subvention de recherche reliée à l'obtention d'une bourse (1993-96) du Programme Professeures-Boursières

**Bernard BOBÉE**

#### *CHAIRE INDUSTRIELLE EN HYDROLOGIE STATISTIQUE*

Titulaire: Bernard Bobée

Responsables administratifs:

Jean-Pierre Villeneuve (INRS-Eau)

Gilbert Neveu, directeur (Hydro-Québec)

Comité aviseur:

Gilbert Neveu, Octave Caron et Jean-Louis Bisson, secrétaire (Hydro-Québec)

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

Financement:

Hydro-Québec, CRSNG et INRS-Eau

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

#### *Projet C1: Validation des apports historiques*

La connaissance des apports naturels, c'est-à-dire de la quantité d'eau en amont d'un ouvrage hydraulique, est très importante du point de vue de la gestion des stocks énergétiques dont Hydro-Québec dispose. L'apport naturel est calculé par bilan hydrique et dépend en particulier du niveau du réservoir, du débit turbiné et du débit déversé. Or, ces trois mesures sont souvent entachées d'erreurs et l'apport naturel est

alors très imprécis. Malgré une validation des composantes du bilan hydrique à chaque site, certaines incohérences régionales demeurent dans les séries d'apport. Les objectifs généraux de ce projet sont: (i) une étude et une évaluation de la procédure d'acquisition des données à Hydro-Québec; (ii) une étude des données hydrométriques des systèmes hydriques du réseau d'Hydro-Québec; (iii) le développement d'un système de contrôle de la fiabilité des apports historiques pour la validation globale, c'est-à-dire la cohérence des données hydrométriques aux différents sites d'un même complexe hydroélectrique. / Coll.: M. Haché, J.-L. Bisson (chargé de projet: Hydro-Québec); L. Perreault, H. Perron; P. Bruneau, M. Durocher, B. Houle, N. Kang, D. Tremblay (Hydro-Québec)

**Projet C2: Étude des séries historiques d'apports énergétiques**

Hydro-Québec dispose de mesures d'apports énergétiques mensuels pour l'ensemble des centrales de son parc d'équipement. Les statistiques issues de la série agrégée (cumul des apports énergétiques à chaque site en une série globale annuelle) des apports énergétiques sont utilisées comme intrants dans des modèles de planification énergétique à court, moyen et long termes. Or, cette série présente de nombreuses irrégularités statistiques (non-stationnarité, par exemple) qui peuvent avoir un impact sur la prise de décision. Le présent projet vise tout d'abord à effectuer une étude statistique approfondie de la construction de cette série globale et ensuite à développer des outils de modélisation permettant de tirer le maximum d'informations de ces observations. Ce projet est divisé en trois sous-projets: (i) étude critique des données de base nécessaires au calcul des apports énergétiques des huit complexes hydroélectriques; (ii) étude critique et évaluation du calcul des intrants des modèles de planification énergétique; (iii) modélisation des séries d'apports énergétiques des différents complexes et détermination des probabilités d'occurrence d'événements extrêmes. / Coll.: L. Perreault, J.-L. Bisson (chargé de projet: Hydro-Québec); M. Slivitzky, M. Haché; P. Bruneau, D. Tremblay (Hydro-Québec)

**Projet C3: Détermination des crues de conception**

L'estimation des crues de conception des ouvrages (*design flood*) est importante pour déterminer de manière optimale le dimensionnement des évacuateurs de crue. Une surestimation conduit à un surdimensionnement des ouvrages entraînant ainsi des coûts de construction plus élevés tandis qu'une sous-estimation peut occasionner des risques d'inondation

et des pertes de vies humaines. Ce projet consiste à développer un outil efficace pour aider à la détermination des crues de conception à partir de la modélisation par des distributions statistiques des pointes et des volumes pour les crues maximums annuelles. Dans le cas où les données à un site sont peu nombreuses, nous utiliserons une approche régionale. On envisage également l'élaboration d'un module d'aide à la décision pour aider les non-spécialistes dans le choix d'une distribution et d'une méthode d'estimation adéquates pour la modélisation des crues de conception. Ce projet est divisé en quatre sous-projets: (i) système d'aide à la décision pour le choix d'une loi statistique; (ii) étude sur les méthodes de caractérisation des crues; (iii) module d'estimation régionale (suite à la réalisation du projet C5); (iv) projet intégrateur. / Coll.: H. Perron; P. Bruneau (chargé projet: Hydro-Québec); P.F. Rasmussen, L. Perreault; J.-L. Bisson, G. Brosseau, D. Sparks (Hydro-Québec)

**Projet C4: Élaboration d'un modèle stochastique appliqué aux systèmes hydriques d'envergure**

La gestion des systèmes hydriques d'envergure, comme les Grands Lacs par exemple, doit être effectuée en tenant compte de plusieurs contraintes: navigation, contrôle des inondations, protection des rives, production hydroélectrique, etc. La capacité de stockage de ces grands systèmes est importante et l'amplitude des événements extrêmes dépend à la fois du niveau des réservoirs, de l'importance des débits d'entrée et des corrélations entre les séries de débits aux différents sites. L'objectif principal de ce projet consiste, à partir de l'étude des séries chronologiques des apports nets de chaque composante du système, à construire un modèle stochastique multidimensionnel de ces apports. / Coll.: P. F. Rasmussen; L. Fagherazzi (chargé de projet: Hydro-Québec); T.B.M.J. Ouarda, M. Slivitzky, M. Haché; J.-C. Rassam (Hydro-Québec), J.D. Salas (Colorado State University)

**Projet C5: Régionalisation des événements hydrologiques extrêmes**

La qualité des études portant sur l'estimation d'événements hydrologiques extrêmes est fortement dépendante de la qualité et de la longueur des séries historiques de débits disponibles. Pour les sites où l'on dispose de peu ou même d'aucune information hydrologique, il peut être nécessaire d'estimer des événements hydrologiques extrêmes correspondant à une période de retour T donnée. Pour ce faire, on utilise l'information régionale provenant de sites jaugés considérés similaires au site d'intérêt selon des critères hydrologiques. Hydro-Québec dispose de

nombreux sites qui sont caractérisés par un manque d'information important, et l'application de ces techniques de régionalisation à ces sites permettra d'améliorer considérablement la qualité d'estimation des événements extrêmes. On envisage également l'application de ces techniques à d'autres types de données, telles que les étiages et les précipitations. / Coll.: T.B.M.J. Ouarda; J.-L. Bisson (chargé de projet: Hydro-Québec); P.F. Rasmussen, H. Perron; P. Bruneau, S. Weyman (Hydro-Québec)

#### **Projet C6: Risque et fiabilité en hydrologie.**

L'analyse du risque et de la fiabilité appliquée à l'hydrologie est un domaine qui a connu des développements importants au cours des dernières années. L'équipe de la chaire s'engage dans ce domaine, afin d'y effectuer des travaux de recherche susceptibles de trouver de nombreuses applications à Hydro-Québec. La probabilité de défaillance d'un système hydrique peut être reliée au risque hydrologique (dû à la variabilité de l'écoulement), ou au risque hydraulique global (le risque hydrologique et aussi le risque de défaillance de la structure elle-même). L'objectif général de ce projet est d'introduire, dans l'analyse du risque et de la fiabilité, des critères adaptés à la construction, la planification et l'opération d'ouvrages destinés à la production hydroélectrique, tout en tenant compte de l'imprécision des facteurs qui interviennent à différentes étapes de cette analyse. / Coll.: T.B.M.J. Ouarda; L. Fagherazzi (chargé de projet: Hydro-Québec); P.F. Rasmussen, L. Perreault; J.-L. Bisson, P. Bruneau, P. Caron, J.-C. Rassam, S. Weyman (Hydro-Québec)

#### **Adaptation de REMUS à l'environnement Windows**

Compte tenu des lacunes observées dans les programmes actuels REMUL et HEC-4: (i) non-examen systématique de la normalité (hypotheses *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); (ii) non-prise en compte de la structure de dépendance des variables indépendantes, l'objectif de ce projet est d'adapter le logiciel REMUS, réalisé par l'INRS-Eau et déjà utilisé à Hydro-Québec, à l'environnement Windows.

Le modèle proposé (REMUS II) rassemblera toutes les particularités de son prédécesseur (REMUS) mais sera développé à l'aide du langage C++ sous l'environnement Windows. / CRSNG Programme de partenariats de recherche (Hydro-Québec) / Coll.: H. Perron; P. Bruneau (chargé de projet: Hydro-Québec); L. Perreault, S. Leblanc, P. Trudel

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

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. / CRSNG - Programme de partenariats de recherche (Hydro-Québec) / Coll.: L. Perreault; P. Legendre (chargé de projet: Hydro-Québec); J. Bernier, L. Mathier, H. Perron; P. Bruneau (Hydro-Québec)

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

Il arrive fréquemment que l'on doive effectuer une estimation des débits de crue 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: (i) utiliser des données disponibles à des sites hydrologiquement semblables au site considéré, donc appartenant à la même région homogène; (ii) considérer une méthode d'estimation régionale dans la zone homogène identifiée.

En pratique, cependant, on peut considérer plusieurs: (i) techniques de détermination des régions homogènes  $[DRH]_i$ , ( $i = 1, \dots, p$ ); (ii) 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. / CRSNG - Stratégique / Coll.: L. Perreault, H. Perron; K. Adamowski, F. Ashkar, J. Bernier, L. Mathier, V.-T. Van Nguyen, J. Rousselle, R. Roy

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

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

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

***Élaboration d'une méthodologie de validation des niveaux d'eau des réservoirs et des rivières en temps réel***

Ce projet de partenariat entre Alcan et l'INRS-Eau vise à élaborer une méthodologie globale de validation et d'estimation des niveaux horaires des réservoirs et des rivières du système hydrique d'Alcan en temps réel. Ce projet est divisé en deux parties: (i) élaboration d'une procédure de validation des niveaux bruts des réservoirs et des rivières en temps réel et revue de la littérature concernant les développements méthodologiques prévus à la phase 2; (ii) développements méthodologiques pour déterminer les données hydrologiques (niveaux, débits, apports non contrôlés) en temps réel. / Alcan / Coll.: M. Haché, B. Larouche (chargé de projet: Alcan); L. Perreault, I. Doré, C. Gignac (Alcan)

***Validation des apports non contrôlés***

Développement d'une méthodologie de validation et de correction des apports non contrôlés historiques; application aux principaux réservoirs d'Alcan. Étude préliminaire concernant l'élaboration d'une procédure de validation et de correction des apports non contrôlés en temps réel. / Alcan / Coll.: M. Haché, B. Larouche (chargé de projet: Alcan); L. Mathier, L. Perreault, H. Perron, P. Trudel; I. Doré, C. Gignac (Alcan)

***Analyse de fréquence des apports naturels extrêmes saisonniers et des volumes de crue des bassins du réseau hydrométrique d'Alcan***

La connaissance de la probabilité d'occurrence d'événements comme les apports naturels extrêmes saisonniers et les volumes de crue pour les principaux bassins du réseau est très importante pour Alcan. Dans ce projet, nous cherchons à estimer par ajustement de lois de probabilité les quantiles  $X_T$  de période de retour  $T$  ( $T = 1, \dots, 10\ 000$  ans) pour un ensemble de séries de données hydrologiques saison-

nières des principaux bassins versants du réseau d'Alcan. Plus précisément, les deux objectifs du projet sont de fournir à Alcan, pour chacun des bassins versants, des recommandations concernant les lois de probabilité les plus aptes à représenter: (i) les apports naturels extrêmes (printemps, été et automne); (ii) les volumes de crues printanières. Les bassins versants considérés sont: Lac Manouane, Passes-Dangereuses, Chute du Diable, Lac St-Jean, Amont, Aval et Total. Le bassin Total possède des données d'apports calculés depuis 1913, les bassins Lac St-Jean et Chute du Diable depuis 1953 et les autres bassins depuis 1943.

Ce projet est divisé en quatre sous-projets: (i) détermination des  $k$  saisons pour les apports naturels extrêmes (étude de sensibilité); (ii) modélisation des séries d'apports extrêmes saisonniers; (iii) modélisation des séries de volumes de crues de printemps; (iv) comparaison des ajustements effectués sur les séries d'apports et de volumes et recommandations d'une loi de probabilité. / Coll.: L. Perreault; L. Rémillard (chargé de projet: Alcan); M. Haché

***Daniel CLUIS***

***Persistence des séries hydrologiques. Utilisation des coefficients d'autocorrélation pour étudier la persistance des séries temporelles en hydrologie quantitative et qualitative***

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

### **Jean-Pierre FORTIN**

#### **Traitement d'images ERS-1 pour la prévision hydrologique**

L'objectif du projet est d'estimer les caractéristiques de la neige au sol par un radar à antenne synthétique à bord d'un satellite (ERS-1 ou RADARSAT). Pour ce faire, une région représentative du bassin de la rivière La Grande sera sélectionnée et des sites expérimentaux précisés. Des images radar de la région seront acquises et des campagnes de terrain permettront de recueillir les données nécessaires à leur interprétation. Après étalonnage des images acquises, on procédera à l'extraction des informations désirées sur les images et au traitement des mesures au sol sur les divers sites. On passera finalement à l'établissement de la relation entre les données acquises par télédétection et les données acquises au sol, en vue de l'estimation de l'équivalent en eau de la neige. Une stratégie opérationnelle de mesure sera enfin proposée. / Hydro-Québec / Coll. M. Bernier, Y. Gauthier et S. Massicotte

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

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 spécifiquement, 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 multidate pour l'estimation des caractéristiques du couvert nival; c) vérifier et améliorer l'approche définie précédemment, à l'aide des données ROS du satellite ERS-1. / CRSNG - Dépenses courantes

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

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: (i) révision des critères pour la sélection des données d'orages extrêmes dans les régions boréales; (ii) établissement des règles de transposition des

orages extrêmes sur de longues distances; (iii) intégration de données non-publiées; (iv) confiance à accorder à la méthode actuelle d'établissement du point de rosée; (v) 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. / Canadian Electrical Association / Coll.: M. Bernier, B. Bobée

#### **Stratégie d'estimation de l'équivalent en eau de la neige au sol pour utilisation conjointe des micro-ondes actives (radar) et passives: phase I**

Le programme de recherche proposé se divise en deux phases. La phase I vise à vérifier le potentiel de divers capteurs opérant dans les micro-ondes, et la phase II à intégrer les informations fournies par ces capteurs dans une stratégie opérationnelle d'estimation de l'équivalent en eau du couvert nival sur les bassins d'HYDRO-QUÉBEC.

Les activités porteront en particulier sur la sélection de sites expérimentaux, l'analyse des images ERS-1 et des mesures au sol et la stratégie d'estimation de l'équivalent en eau du couvert nival sur les bassins d'HYDRO-QUÉBEC.

Les activités du volet micro-ondes passives porteront en particulier sur la sélection d'algorithmes existants permettant d'estimer l'équivalent en eau du couvert nival à partir des données SSM/I, l'analyse des données SSM/I et des données au sol en vue de l'adaptation d'un algorithme à l'environnement de la taiga. / CRSNG - programme Université-Industrie / Coll.: M. Bernier, Y. Gauthier, S. Massicotte

### **Michel LECLERC**

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

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

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

***Développement d'une méthode de calcul de débit réservé pour la protection de l'habitat du poisson***

L'exploitation des cours d'eau par la mise en place d'ouvrages hydro-électriques, l'irrigation ou d'autres causes peuvent affecter l'habitat du poisson. À des fins de protection de ces milieux, le projet vise à élaborer une méthode permettant de déterminer des débits réservés pour la faune ichtyologique. Il comporte 4 activités principales: 1) revue des méthodes existantes, 2) classification éco-hydrologique du territoire québécois, 3) identification des espèces-cibles à protéger, revue de leurs préférences d'habitats et de leur cycle vital (phases sensibles), 4) proposition régionalisée et saisonnière de seuils de débit à maintenir. / MEF / Ministère des Pêches et Océans Canada / Groupe Environnement Shooner

***Modélisation de l'habitat salmonicole d'un tronçon de la rivière Betsiamites***

Le projet consiste à élaborer un modèle hydrodynamique d'un tronçon représentatif de la rivière Betsiamites. Cette rivière est influencée par un ouvrage hydro-électrique à l'amont qui opère en régime de pointe. Le groupe Environnement Shooner collabore à la réalisation de ce projet et fournit les données de base nécessaires à la modélisation. Une modélisation de l'habitat du site doit être réalisée en utilisant le modèle salmonicole de la rivière Moisie. Une relation débit-habitat résultera de l'analyse de sensibilité au débit. / Hydro-Québec / Groupe Environnement Shooner / Coll.: Y. Secretan, P. Boudreau

***Modélisation de l'habitat salmonicole d'un tronçon du ruisseau expérimental Catamaran, Nouveau-Brunswick***

Le projet, en collaboration avec le consultant principal, Groupe Environnement Shooner, consiste à élaborer un modèle hydrodynamique d'un tronçon du ruisseau Catamaran, Nouveau-Brunswick, à partir de données recueillies sur le terrain par le Ministère des Pêches et Océans. En vue d'établir la relation débit-habitat du site, des simulations de la disponibilité et de la distribution des habitats salmonicoles à partir du modèle d'habitat propre au ruisseau en question

seront effectuées. / Ministère des Pêches et Océans Canada / Groupe Environnement Shooner / Coll.: P. Boudreau

***Projet de modélisation des microhabitats de la rivière Ste-Marguerite.***

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

***Peter Funder RASMUSSEN***

***Élaboration d'un modèle stochastique multidimensionnel appliqué au système hydrique de la rivière des Outaouais***

Le système hydrique de la rivière des Outaouais dispose de 43 centrales et 30 réservoirs. Dans le cadre d'une évaluation de la capacité des évacuateurs de crue, Hydro-Québec désire simuler des séries stochastiques multidimensionnelles. Le projet de l'INRS-Eau a pour objectifs: (i) l'agrégation des sous-bassins du système hydrique en cinq régions; (ii) le développement d'un modèle PARMA (2,2) multivarié pour la simulation des débits hebdomadaires intermédiaires des cinq régions. Une nouvelle méthode d'estimation basée essentiellement sur la méthode des moments est développée. (iii) l'application du modèle SVD (Singular Value Decomposition). / Hydro-Québec / Coll.: B. Bobée, L. Mathier, M. Haché; L. Fagherazzi, J.-C. Rassam (Hydro-Québec), G. Cavadias, V.T.V. Nguyen (Univ. McGill)

***Application de méthodes bayésiennes en hydrologie statistique***

Les méthodes bayésiennes sont, en raison de leur complexité, peu utilisées en hydrologie statistique. Cependant, les aspects théoriques de cette approche pourraient être adaptés avec profit à plusieurs problèmes hydrologiques. En effet, ces méthodes permettent de prendre des décisions optimales (en minimisant l'espérance mathématique des coûts) et d'incorporer explicitement des informations supplémentaires pour

un problème donné. L'objectif de ce projet est d'explorer l'application des méthodes bayésiennes en hydrologie statistique. / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: B. Bobée, L. Perreault

***Développement des méthodes bayésiennes en hydrologie statistique.***

Les objectifs de cette subvention sont d'explorer l'application des méthodes bayésiennes en hydrologie statistique. Plus particulièrement, on considère les cas suivants: (i) l'estimation d'un quantile de crue à un site jaugé à partir d'une série de débits maximums annuels et la quantification de la précision de cette estimation. Dans un contexte bayésien, ceci peut être effectué en déterminant, par le théorème de Bayes, la distribution *a posteriori* du quantile inconnu, (ii) l'estimation d'un quantile de crue à un site non jaugé, en considérant l'information hydrologique, physiographique et météorologique provenant des sites similaires au site cible (estimation régionale), à l'aide de l'approche bayésienne. Cette méthodologie est particulièrement adéquate pour combiner l'information locale et régionale, (iii) la comparaison de la performance des méthodes d'estimation régionale. Ceci est un problème complexe auquel l'approche bayésienne peut offrir une solution appropriée, (iv) l'estimation du risque hydrologique (probabilité de défaillance), en tenant compte de l'incertitude sur l'estimation des paramètres d'une distribution. / FCAR - Programme établissement de nouveaux chercheurs

**Yves SECRETAN**

***Système de modélisation hydroécologique; développement de logiciels scientifiques***

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

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

### 3.1.3 Hydrogéologie

**Olivier BANTON**

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

La recherche vise le développement, le test et l'application d'outils de gestion des eaux souterraines (risques de contamination, périmètres de protection, gestion des droits et conflits d'usage). La démarche scientifique consiste à réaliser: (1) des expérimentations de terrain visant la caractérisation des paramètres (incluant la structure de variabilité spatiale); (2) le développement d'algorithmes mathématiques de simulation des écoulements d'eau et du transport des contaminants destinés à une application de recherche scientifique; (3) le couplage des outils aux bases de données et systèmes d'informations géographiques. / CRSNG - Incidence Industrielle / Coll.: M. Bernier, P. Lafrance, M. Seguin

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

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

***Développement d'un outil informatique d'évaluation des pertes environnementales de fertilisants et produits phytosanitaires utilisés dans le contexte des cultures en pépinières***

Le projet vise le développement d'un outil fiable et facile d'utilisation permettant la réduction des pertes environnementales de fertilisants et pesticides utilisés en pépinières. Un outil informatique est développé, basé sur la simulation des processus de migration de l'eau et des solutés associés, ainsi que des processus de transformation affectant les formes azotées et les pesticides. L'outil est ensuite appliqué et validé sur les données de terrain. / Ministère des Ressources naturelles / Coll.: P. Lafrance

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

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. 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. / CRSNG - Dépenses courantes

### ***Développement d'un outil d'évaluation des pertes environnementales de pesticides***

Le projet vise le développement d'un outil d'évaluation des pertes environnementales de pesticides destiné aux gestionnaires de l'environnement et de l'agriculture. Cet outil sera intégré au logiciel AgriFlux développé à l'INRS-Eau (Banton et al., 1993) contenant actuellement les modules Hydriflux et NitriFlux, permettant respectivement l'évaluation des flux d'eau et de nitrates vers les eaux superficielles et souterraines. L'intégration d'un module PestiFlux dans le logiciel fournira aux gestionnaires des ressources un outil complet et intégré. / MES - PARDE / Coll.: P. Lafrance

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

Le projet comprendra le développement d'une méthodologie de gestion et des outils associés. L'étape théorique conduira au développement de quatre logiciels de gestion et d'évaluation spécifiques aux eaux souterraines: - un logiciel d'aide à la gestion des eaux souterraines destiné aux intervenants de l'environnement et aux municipalités; - un logiciel de délimitation des périmètres de protection des puits de captage; - un logiciel d'évaluation des risques d'atteinte de la qualité des eaux souterraines; - un logiciel de simulation des systèmes hydrogéologiques. / AGEOS (FRDTE - MEF)

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

La subvention octroyée s'inscrit dans le cadre du développement d'une gestion intégrée des ressources d'eaux souterraines à l'échelle du territoire régional.

Ce projet est réalisé en collaboration avec la compagnie Agéos de Montréal. La méthodologie développée et les outils qui y sont associés sont appliqués sur un contexte hydrogéologique typique du Québec, présentant un ensemble d'usages des ressources d'eau. / Corporation de développement des Laurentides

## **3.2 Biogéochimie**

Les recherches dans ce programme visent la compréhension et la modélisation des réactions (géo)-chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques, pesticides, N, S) dans un bassin versant. Elles visent également l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances ainsi que la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire, organisme individuel, population, communauté). Menés aussi bien 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 sur le Bouclier canadien, 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.

### 3.2.1 Eaux de surface

**Jean-Christian AUCLAIR**

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

L'amincissement de la couche d'ozone augmentera le flux des rayons UV<sub>B</sub> reçu par les écosystèmes aquatiques arctiques et boréaux. L'objectif de ce programme de recherche est d'établir l'importance relative des effets directs des rayons UV<sub>B</sub> sur des organismes cibles par rapport aux effets indirects opérant sur les composantes abiotiques de l'écosystème. Parmi les effets directs, nous quantifions l'altération du taux de croissance, les mécanismes pigmentaires de photoprotection et les remplacements d'espèces ayant lieu dans les communautés naturelles planctoniques des eaux du Bouclier canadien. Parmi les effets indirects, d'une part, nous élucidons l'effet d'un accroissement de la photoréduction du fer (Fe[III]-Fe[II]) sur la croissance microbienne planctonique, et d'autre part, nous examinons le rôle oxydoréducteur du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> qui est produit lors de la photooxydation de la matière organique dissoute présente dans les eaux naturelles. Notre approche expérimentale consiste à incuber des communautés naturelles en enclos (~ 500-800 L; UV<sub>300-400nm</sub> > 85%) pendant des périodes de temps réalistes (semaines) pour observer des modifications biologiques extrapolables à l'échelle de l'écosystème. Les conditions expérimentales en enclos sont modifiées, soit par exclusion d'une partie du spectre UV (-UV<sub>A+B</sub> [polycarbonate], -UV<sub>A</sub> [mylar]) ou à l'aide de pièges spécifiques à radicaux libres et/ou ajout d'agents complexants ou réducteurs. / INRS / Coll.: M. Twiss; D. Lean (INRE).

**Peter G. C. CAMPBELL**

*Spéciation et biodisponibilité de métaux dans les eaux naturelles*

Pour plusieurs métaux bivalents (ex.: Cd, Cu, Pb, Zn) et pour des milieux artificiels étudiés au laboratoire, il existe beaucoup d'évidence à l'effet que la réponse biologique provoquée par le métal dissous dépend de la concentration de l'ion métallique libre, M<sup>2+</sup>. Pour un organisme aquatique donné, les effets biologiques d'un métal dissous vont également dépendre de divers autres facteurs environnementaux (ex.: pH, dureté, [Ca], alcalinité, [matière organique dissoute]). Ces facteurs peuvent en principe agir de deux manières:

**directement** sur l'organisme, en influant sur sa physiologie et donc sa sensibilité au métal; **indirectement**, en influençant notamment la spéciation du métal dans le milieu. Le présent programme vise le développement d'un modèle général pour prédire la biodisponibilité des métaux traces chez les organismes aquatiques; ce modèle devra prendre en compte la spéciation du métal ainsi que l'influence directe de trois facteurs environnementaux - la matière organique dissoute, le calcium et le pH.

Les recherches en cours comprennent des éléments de chimie analytique, de géochimie et de toxicologie aquatique. D'abord, on vise le développement de méthodes analytiques fiables pour déterminer la spéciation de certains métaux traces dissous, aussi bien dans les eaux naturelles que dans les milieux synthétiques utilisés pour des bioessais; nous nous intéressons tout particulièrement aux métaux dont les concentrations augmentent en réponse à l'acidification environnementale (ex.: Al, Mn, Cd et Zn). L'application de telles méthodes analytiques à des eaux naturelles permet d'étudier le comportement géochimique de ces métaux et d'identifier/quantifier les facteurs qui contrôlent leur spéciation et leur mobilité. Finalement, on poursuit des recherches écotoxicologiques complémentaires sur ces mêmes métaux, dans le but d'élucider les relations existant entre les formes de métal présentes dans les eaux naturelles et leurs effets biologiques. Pour les métaux cationiques et leurs complexes hydrophiles, nous avons choisi comme point de départ le "Modèle de l'ion Libre" (MIL, ou "Free-Ion Model"), compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire, dans des milieux artificiels. Il s'agit ici de tester les limites du MIL dans des conditions réalistes, notamment en ce qui concerne le pH, la [Ca<sup>2+</sup>], la présence de ligands organiques naturels, et la présence de métabolites de poids moléculaire faible. Cette validation du modèle fait appel à des expériences de prise en charge ("uptake"), où on suit de près la cinétique des réactions impliquées (adsorption à la surface biologique; transport à travers la membrane biologique; complexation intracellulaire), et à des bioessais. Les cibles biologiques sont exposées aux métaux, en contrôlant avec soin la spéciation du métal dans le milieu d'exposition - la manipulation de la spéciation des métaux dans le milieu externe permet d'explorer les limites du modèle et de le raffiner. / CRSNG - Subvention de recherche. Environnement Canada (Plan vert - subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT). / Coll.: B. Hale (Guelph), F. Denizeau (UQAM); O. Érréalde, C. Fortin, J. Gauthier, R. Roy; M. Seidl (stagiaire France-Québec).

### ***Rôle du picoplancton dans le cycle des métaux traces dans la région pélagique des Grands Lacs Laurentiens***

Des chercheurs s'intéressant aux Grands Lacs se sont récemment rendus compte que le picoplancton (<2 µm) contribue beaucoup à la production primaire de ces vastes plans d'eau. Compte tenu de ces caractéristiques propres (rapport surface:volume élevé; croissance très rapide des cellules; renouvellement fréquent de la surface cellulaire; broutage intense par le micro-zooplancton), le picoplancton devrait jouer un rôle important non seulement dans le cycle des éléments nutritifs mais également dans celui des métaux traces (exemple: adsorption des métaux sur le picoplancton; ingestion du picoplancton par le microzooplancton; égestion d'une partie des métaux sous forme dissoute ou colloïdale . . . ce qui aurait pour effet de prolonger le séjour des métaux dans l'épilimnion du lac). Ce projet a pour objectif de vérifier cette hypothèse. Il implique des essais au laboratoire avec une chaîne trophique modèle (picoplancton - nanoflagellé hétérotrophe) ainsi qu'avec la communauté planctonique naturelle du Lac Érié. Cette dernière phase du projet est réalisée en collaboration avec l'Institut national de Recherche sur l'Eau (INRE) à Burlington, Ontario. / CRSNG - Subvention de recherche / Coll.: J.-C. Auclair, M. Twiss; D. Lean (INRE).

### ***Évaluation à partir de bioessais du potentiel de fertilité et de la toxicité des eaux de ruissellement d'origine agricole***

Au Québec, la qualité des eaux de ruissellement ou souterraine en milieu agricole ne cesse de se détériorer parce qu'une grande partie des fertilisants (organiques ou inorganiques) et des herbicides utilisés dans la production agricole n'est pas récupérée par les cultures et devient susceptible de migrer vers les eaux superficielles ou souterraines. Dans une perspective de développement durable, le projet a pour objectif de quantifier, en parcelles confinées situées à St-Lambert, Deschambeault, Sorel et St-Anicet et cultivées en maïs-grain, l'impact des fertilisants (N et P) et des herbicides utilisés sur les eaux de ruissellement superficiel. L'influence de la texture (loam, limons-argileux, loam sableux et loam argileux), du travail du sol (charrue, chisel, semis directs), du type de fertilisants et d'herbicides (atrazine et tropotox) sur cette pollution sera étudiée par analyses chimiques et bioessais. / Agriculture Canada (Plan Vert) / COGISOL Inc / Coll.: K. Lachhab; M.R. Laverdière (Univ. Laval)

## **3.2.2 Eaux souterraines**

**Pierre LAFRANCE**

### ***Évaluation environnementale des pratiques culturelles sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides***

Ce projet étudie et compare entre elles les pratiques culturelles, 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 culturelles 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 culturelles sur la grandeur de ces processus; 5) évaluer la faisabilité agronomique de pratiques culturelles associées aux systèmes de culture intégrés; et 6) évaluer l'efficacité environnementale de pratiques culturelles conçues pour réduire de façon significative les taux d'application en herbicides sur maïs. / PREE du FRDTE / MENVIQ / Coll.: O. Banton, F. Bernard

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

Le projet porte sur l'influence des processus biophysico-chimiques sur le destin et le transport de composés organiques dans le sol et l'eau souterraine. Le programme vise à approfondir la compréhension des contaminations par des sources diffuses (évolution, caractérisation et prédiction), et à appliquer les connaissances acquises à la biogéochimie et au traitement des contaminations, principalement les hydrocarbures lourds fortement adsorbés au sol. Les démarches de recherche comprendront: 1) l'étude d'interactions entre les contaminants organiques et les éléments constitutifs du sol; 2) l'impact de ces interactions sur le devenir des contaminants (transport et biodisponibilité); 3) l'étude *in situ* de l'évolution des contaminations et la validation d'hypothèses de transport; et 4) le transfert des

connaissances vers: i- l'application d'outils prédictifs du devenir des contaminations (modèles de transport) et; ii- le développement de critères de conception d'un bio-procédé de décontamination *in situ*. / CRSNG - Subvention de recherche

**Jean-Pierre VILLENEUVE**

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

Ce projet vise à étudier les processus conditionnant la migration des contaminants potentiels vers les eaux souterraines ainsi que les paramètres hydrogéologiques et bio-physico-chimiques intervenant dans la prédiction du destin des contaminants dans le sol. Les activités seront réparties à l'intérieur de quatre axes de recherche: 1) Etablissement et vérification en laboratoire d'hypothèses concernant la complexation/adsorption, la biotransformation, et le transport des contaminants dans les sols et les eaux souterraines. Acquisition des données sur le terrain; 2) Caractérisation des variabilités spatiales et temporelles des processus et paramètres, ainsi que des corrélations entre les paramètres utilisés dans la modélisation du transport; 3) Modélisation stochastique du transport dans les zones non-saturées et saturées. Calibration des modèles. Développement de logiciels d'évaluation de la vulnérabilité des nappes phréatiques et des points de captage, et; 5) Développement, application et vérification des méthodologies spécifiques d'investigation de la vulnérabilité, ainsi que des logiciels développés. / FCAR - Soutien aux équipes de recherche / Coll.: O. Banton, P. Lafrance, M. Leclerc

**3.2.3 Eaux atmosphériques**

**H. Gerald JONES**

***Chimie environnementale du couvert de neige et de la fonte de la neige***

Cette étude vise à établir le rôle de la neige dans les cycles de l'eau et de l'azote afin d'évaluer l'influence du changement global du climat sur ce rôle. La méthodologie comprend la détermination des mécanismes physiques, chimiques et micro-biologiques qui exercent un contrôle majeur sur la transformation et le transfert des composés azotés entre le sol et l'atmosphère, en hiver. Les travaux visent en particulier la dynamique de N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub> et N-organique aux interfaces atmosphère-neige et sol-

neige. Les processus physiques présentement à l'étude sont l'évolution thermique du système sol-neige-atmosphère et métamorphisme du couvert de neige, l'interaction neige-vent et la ventilation du couvert, et l'influence de la radiation solaire. Les processus chimiques et microbiologiques comprennent les flux de composés entre l'atmosphère et la neige (NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, et N-organique, dépôts secs et humides) et entre le sol et la neige (N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, NO et émissions gazeuses) en périodes froides et l'activité des populations d'algues pendant la fonte. La méthodologie fait appel aux expériences sur le terrain en milieux forestier et agricole, et en laboratoire avec des simulateurs de couvert de neige. / CRSNG - Dépenses courantes / FCAR - Université Laval / Ministère de l'Agriculture, Canada, Plan Vert / l'Otan / Coll.: J. Stein; T. Davies (Univ. De l'East Anglia, Angleterre); A. Plamondon (Univ. Laval), J. Pomeroy (NHRI, Environnement Canada), M. Tranter (Univ. De Bristol, Angleterre)

**3.2.4 Sédiments**

**Peter G.C. CAMPBELL**

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

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 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 biomarqueurs 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. / CRSNG - stratégique / Coll.: L. Hare, A. Tessier, D. Wang

### **Richard CARIGNAN**

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

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 microscopique (quelques dizaines de microns à quelques millimètres). Le développement 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 microélectrodes 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: (i) la détermination des propriétés de la couche stagnante benthique; (ii) le développement de microélectrodes pour les métaux traces (Pb, Cu, Cd, Zn) et la quantification des flux de métaux traces à l'interface eau-sédiment; (iii) la description des transformations géochimiques des métaux traces à l'intérieur de la zone de transition redox, près de l'interface eau-sédiment. / CRSNG / Coll.: A. Tessier, R. De vitre

### **Landis HARE**

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

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. Les objectifs spécifiques des recherches sont: i) d'expliquer l'effet atténuateur de  $[H^+]$  sur les concentrations en métaux traces chez les insectes aquatiques, tel qu'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. Ces recherches généreront des équations de prédiction de concentrations de métaux dans les animaux aquatiques. / CRSNG - Dépenses courantes

/MEF - Projets de Recherche Exploratoire en Environnement / Coll.: A. Tessier, P. Campbell / Ressources Humaines Canada / Environmental Protection Agency des E.U. /

### **Marcel OUELLET**

#### ***Séismicité de l'Holocène telle que révélée par l'étude de certains sédiments lacustres de la Vallée du Saint-Laurent***

Les principaux objectifs du présent programme de recherche visent, au moyen de l'approche paléolimnologique, à mieux définir 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 paléoséismicité de l'Holocène. Une meilleure compréhension de la paléoséismicité nous permettra d'accroître la précision des modèles prédictifs des risques sismiques du Sud du Québec. / CRSNG - Partenariat de recherche (Énergie, Mines et Ressources Canada)

#### ***La dynamique des lacs de carrières et l'exploitation de leur énergie héliothermique***

L'objectif du projet consiste à caractériser la dynamique des cycles géobiochimiques des lacs de carrières de la région sud-est de Montréal, dans le but d'évaluer le potentiel de réhabilitation de ces anciens sites d'extraction d'agrégats. À cette fin, le promoteur, la Société Désourdy 1949 inc., prévoit la construction de plusieurs unités d'habitations sur les plateaux supérieurs entourant l'excavation, ainsi que l'aménagement d'un plan d'eau qui comblerait la dépression. L'étude évaluera aussi la faisabilité de l'utilisation de l'énergie des eaux du lac comme source de chauffage et de climatisation du complexe domiciliaire. / Société Désourdy 1949 inc. / Coll.: B. Jean, G. Lafrance, P. Pagé

### **André TESSIER**

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

On propose d'améliorer un modèle qui permet de prédire la distribution des éléments traces entre les sédiments oxygènes et l'eau surnageante. Des mesures *in situ* sont effectuées dans des lacs le long d'un gradient de pH; ces mesures nous permettent d'obtenir des constantes conditionnelles globales de sorption de ces éléments traces sur la matière orga-

nique et les oxyhydroxydes de Fe et Mn, en faisant intervenir des concepts de complexation de surface. Ces constantes conditionnelles sont confrontées avec celles calculées à partir de la géochimie des lacs étudiés et des caractéristiques d'adsorption des oxyhydroxydes de Fe et Mn synthétiques. Une concordance entre les deux indique quelles phases synthétiques sont les plus utiles pour prédire l'association des éléments traces avec les sédiments lacustres. / CRSNG - Subvention de recherche

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

Nous avons développé et vérifié *in situ* un modèle qui permet de relier la concentration du métal dans un organisme aquatique à celle dans l'eau ou les sédiments oxygènes superficiels. Le projet vise à améliorer ce modèle en tenant compte spécifiquement de l'effet compétitif de H<sup>+</sup> sur "l'uptake" des métaux par des insectes aquatiques (*Chaoborus*, *Chironomus*) qui sont très répandus dans des lacs de différentes valeurs de pH. Ces insectes offrent aussi un bon potentiel d'utilisation comme biomoniteurs. Le projet propose des expériences de terrain et de laboratoire pour vérifier l'hypothèse qu'il y a une compétition entre H<sup>+</sup> et les métaux dissous pour les sites biologiques "d'uptake" des métaux et que cette compétition est importante dans les lacs de bas pH. / CRSNG - Stratégique - Pêches et Océans Canada / Coll.: P. Campbell, L. Hare

#### ***Développement et application aux eaux douces de senseurs in situ***

Les objectifs du projet sont de développer des méthodes *in situ* simples et fiables pour: i) déterminer de faibles concentrations de métaux dissous et particuliers dans les eaux douces; ii) obtenir des informations sur la spéciation des métaux traces; iii) déterminer les profils de métaux traces dans les eaux interstitielles avec une bonne résolution; iv) valider ces méthodes dans les eaux douces. Pour rencontrer l'objectif 1, on compte développer des appareils submersibles basés sur le principe de la dialyse *in situ*. Pour évaluer la spéciation des métaux, on se basera sur le principe du transport dans des membranes liquides maintenues dans des supports poreux. Pour obtenir des microprofils de métaux dans les eaux interstitielles, on utilisera des microsenseurs électrochimiques fixés à un micromanipulateur submersible, ainsi que des échantillonneurs à gel en couche mince insérés dans les sédiments. / CRSNG - Projet concerté / Coll.: R. Carignan, J. Buffle, W. Davison, J. Nriagu

### **3.2.5 Sol (bassin versant)**

**André TESSIER**

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

Les objectifs du programme de recherche sont: i) de comprendre et modéliser les réactions géochimiques auxquelles sont soumises les substances polluantes dans un bassin versant; ii) de modéliser l'accumulation des substances polluantes dans les organismes aquatiques; iii) de déterminer les effets des substances polluantes sur les organismes biologiques, les populations et les communautés. Dans le cadre de ces objectifs généraux, les projets proposés portent sur la diagénèse des métaux traces dans les sédiments récents, sur l'accumulation de métaux traces par des organismes aquatiques, ainsi que sur l'identification des réservoirs de soufre dans un bassin versant. / FCAR - Soutien aux équipes de recherche / Coll.: P. Cambell, R. Carignan, L. Hare, J. Buffle, R. De Vitre

### **3.2.6 Ichtyologie - Étude et gestion des habitats**

**Louis BERNATCHEZ**

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

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 élimination de barrières géographiques. / CRSNG - Dépenses courantes et FCAR - Nouveaux chercheurs / Coll.: Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife, Ministère de l'Environnement et de la Faune

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

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 à 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. / FODAR / Coll.: P. Blier, P. Magnan

***Détermination de la structure populationnelle de l'éperlan arc-en-ciel de l'estuaire du Saint-Laurent par analyse de l'ADN mitochondrial***

Ce projet vise à évaluer le nombre d'unités de reproduction distincte d'éperlan-arc-en-ciel dans l'estuaire du Saint-Laurent. Cette étude permettra donc d'établir quels sont les groupes d'éperlans qui devraient être considérés séparément, selon le concept des stocks, dans l'établissement de nouvelles mesures de gestion face au déclin apparent de l'espèce dans certaines régions. / Ministère de l'Environnement et de la Faune et Ministère des Pêches et Océans Canada

***Étude génétique en relation avec les paramètres de reproduction chez l'omble de fontaine***

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 des semencements chez l'omble de fontaine. / Projet de coopération Québec - Provinces canadiennes / Coll.: R.G. Danzmann, P. Magnan

***Étude de la faisabilité de caractérisation génétique des stocks de ouananiches du Lac Saint-Jean***

Les objectifs de ce mandat sont: (i) 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; (ii) élaborer un protocole expérimental d'analyse populationnelle de

ouananiches. / Hydro-Québec, collaboration avec le Groupe Environnement Shooner (consultant principal)

***Évaluation de l'effet des perturbations anthropiques sur la diversité génétique des populations d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis* Mitchell) du Parc national de la Mauricie***

Compte tenu de l'état précaire de plusieurs populations du Parc de la Mauricie et des impacts négatifs potentiels de la perte de diversité génétique, l'objectif principal de cette étude sera d'évaluer l'influence des facteurs agissant sur la diversité génétique de l'omble de fontaine. Plus spécifiquement, nous vérifierons l'hypothèse voulant que les pressions imposées par les activités d'origine anthropique, notamment la pêche sportive, ajoutées à celles des facteurs environnementaux, favorisent la détérioration de l'intégrité génétique chez les populations de tailles réduites. / Environnement Canada / Coll.: P. Magnan

***Étude de la biodiversité de la truite brune dans son aire de répartition eurasienne***

L'objectif de ce programme de recherche consiste à identifier les grands ensembles de populations de la truite brune en Europe et en Asie, afin d'établir leurs relations généalogiques, leur structure et leur diversité génétique. Les résultats de ces travaux serviront notamment à mieux orienter les mesures de conservation visant à préserver l'intégrité naturelle de cette espèce commerciale et sportive de première importance. / Coll.: R. Guyomard, A. Osinov

***Détermination du degré de différenciation génétique entre échantillons d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) provenant de la pêcherie hivernale de Miguasha et de sites éloignés de la Baie-des-Chaleurs***

Dans l'optique de déterminer si le fait d'accorder de nouveaux droits de pêche à l'éperlan dans la Baie-des-Chaleurs pourrait avoir des conséquences sur les rendements de la pêcherie hivernale de la région de Miguasha, nous avons déterminé la différenciation génétique entre échantillons d'éperlans prélevés à des sites éloignés dans la baie par l'analyse de l'ADN mitochondrial, afin de vérifier si les éperlans provenant de la pêche hivernale de Miguasha et ceux capturés à l'automne dans des secteurs éloignés de la baie représentent soit: a) un même stock, b) un mélange homogène de plusieurs stocks, ou c) des stocks bien différenciés, tant spatialement que génétiquement. / Ministère de l'Environnement et de la Faune

### 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'efforts sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Ces boues étant contaminées en métaux toxiques, cette valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme Biogéochimie, des liens interprogrammes importants ont cours. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons de nouveau le lien avec le programme Biogéochimie. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils informatiques et des modèles d'aide à la décision susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagements et les décisions concernant le contrôle de la pollution de l'eau. Parmi les applications les plus directes de ces dernières recherches, mentionnons celles 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'égoûts sanitaires.

#### 3.3.1 Boues

**Denis COUILLARD**

##### *Étude à l'échelle pilote du procédé au $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ de solubilisation des métaux lourds dans les boues d'épuration*

Le procédé de biolixiviation au  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  permet de débarrasser les boues 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  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , dont l'optimisation est presque complètement au niveau du laboratoire. Plus spécifiquement, il s'agit de démontrer l'applicabilité du procédé, à l'échelle pilote, et d'évaluer le degré de décontamination des boues traitées et leur valeur agricole. / CRSNG -

Subventions de recherche / Firme Alex Eau Inc. / Coll.: G. Mercier, M. Chartier, G. Roberge

##### *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*

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  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$  et les métaux qui sont présents dans une boue d'épuration. / Ministère de l'Environnement du Québec (FRDTE) / Agriculture Canada / Communauté Urbaine de Québec / Université de Sherbrooke / Groupe Conseil Solivar Inc. / Coll.: M. Roy, P. Chouinard, G. Mercier

**Jean-Louis SASSEVILLE**

##### *Procédé chimique de décontamination des boues municipales*

Les activités de R&D touchant la décontamination des boues municipales par un procédé physico-chimique ont surtout porté sur le développement de modèles de simulation coûts-dimensionnement et coûts-efficacité, en vue de soutenir les efforts de montage financier destiné à la construction de prototypes industriels et à la démonstration de leur performance. Ces travaux mettent en évidence tant les difficultés de mise en marché que les rendements escomptables des investissements. De plus, ils montrent l'importance de la simulation dans la détermination des problèmes technologiques à résoudre et dans la formulation de protocoles expérimentaux efficaces. / Fonds privés d'investissement en montage / Industrielle de l'environnement inc. / Alex-Eau / D. Couillard, J.P. Villeneuve, J.F. Blais; M.Grondin, R. Tremblay (IE Inc.); R. Painchaud (Alex-Eau); M. Létourneau (BPR); R.Lampron (Opti-Conseil)

### **Rajeshwar D. TYAGI**

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

Ce projet de recherche a comme objectif d'étudier l'inhibition par les métaux sur la réponse dynamique de la biodégradation d'une substance, des performances du séparateur secondaire et de la digestion anaérobie. L'élimination par lixiviation microbienne des métaux des boues digérées anaérobie fait également l'objet de la présente recherche. / CRSNG - Dépenses courantes

#### ***Biolixiviation-digestion des boues d'épuration municipales***

Les activités scientifiques menées à l'intérieur de ce projet consistent à l'optimisation, en laboratoire, du procédé simultané de biolixiviation des métaux lourds et de digestion des boues d'épuration. De plus, des travaux mathématiques sont réalisés afin de modéliser la dynamique de cette technologie. / CRSNG - Stratégique / Coll.: J.-C. Auclair, P.G.C. Campbell, T.R. Sreekrishnan

### **Jean-Pierre VILLENEUVE**

#### ***Production de Bt à partir de boues d'épuration***

Optimisation des paramètres du procédé de production de Bt à partir de boues d'épuration dans un fermenteur de capacité de 10 L. et 70 L. pour maximiser l'activité pesticide et minimiser le temps de fermentation. / Coll.: R.D. Tyagi, J.R. Valéro

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

En période d'orage, la gestion en temps réel des réseaux d'égouts apparaît comme une voie efficace et économique pour limiter les débordements de ces réseaux et, par conséquent, limiter la pollution des milieux récepteurs. Cette gestion fait appel à l'utilisation intégrée de modèles de simulation hydraulique du réseau (pour tester différents scénarios de gestion) et de méthodes de recherche du scénario le plus adapté (optimisation, système expert...). Les travaux de recherche portent sur : 1) le raffinement de la modélisation hydraulique dans SWIFT, et particulièrement des aspects touchant la simulation des mises en charge, 2) la prise en compte des incertitudes sur la prévision de la pluie dans le processus

d'optimisation des consignes de gestion du réseau, et 3) l'utilisation d'éventuelles mesures de débit en temps réel dans le réseau, afin d'augmenter la robustesse du simulateur-optimisateur SWIFT et de palier les incertitudes des mesures de précipitations. Enfin, il est prévu, dans une phase ultérieure, de regrouper les connaissances développées au cours de la recherche dans un système d'aide à la décision devant aider les gestionnaires de réseaux dans l'utilisation du modèle de simulation et dans la prise de décision pour la réalisation d'aménagements. / CRSNG Stratégique Coll.: / O. Banton, M. Leclerc, A. Mailhot, C. Blanchette, S. Duchesne, E. Marceau, L. Vescovi, A. Ceciu, J.-C. Deutsch, P. Lavallée, C. Marcoux

### **3.3.2 Rejets miniers**

### **Jean-Louis SASSEVILLE**

#### ***Retraitement des résidus miniers sulfureux***

Un ensemble d'activités préparatoires de R&D sur le retraitement des résidus miniers sulfureux ont été mises en oeuvre au cours de l'année 1994-95. Ces efforts visent: 1) à intégrer l'ensemble des connaissances développées dans le cadre des projets de R&D sur le recyclage des résidus miniers réalisés sous la responsabilité d'ITEC-Mineral; 2) à développer un modèle de simulation coûts-efficacité en vue de choisir les variantes de procédé les plus performantes, eu égard aux caractéristiques géomorphologiques, minéralogiques et industrielles du site de résidu à traiter; et 3) à internaliser les contraintes d'exploitation dans le développement de nouvelles variantes de procédés. De plus, la mise en forme de divers cadres de recherches sur le contrôle de l'innocuité des résidus de deuxième génération, sur l'efficacité des processus de pré-oxydation ainsi que sur l'évaluation des technologies concurrentes a été requise pour supporter les montages financiers destinés à l'homologation de la technologie de recyclage et à sa commercialisation. / Fonds de développement technologique. Itec-Mineral. / Coll. J.F. Blais; F. Baril, B. Côté, J. Larivée (ITEC-Mineral)

### 3.3.3 Contrôle

**Denis COUILLARD**

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

Les usines de traitement biologique conventionnelles doivent souvent absorber des apports subits (dits effets-chocs) 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 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. / CRSNG - Dépenses courantes

#### *Efficacité énergétique dans les industries municipales de l'eau*

Les travaux sur l'efficacité énergétique dans les industries municipales de l'eau ont porté sur: 1) la conservation de l'énergie électrique dans le traitement des boues municipales; 2) l'analyse technologique des mesures d'efficacité énergétique destinées aux stations d'épuration des eaux municipales. Le premier projet a permis un approfondissement considérable de la problématique de production et de valorisation des boues, ainsi que des aspects économiques reliés à l'installation et à l'opération de systèmes de traitement. Elles ont permis d'analyser les procédés et pratiques présentant un intérêt particulier dans la gestion énergétique des procédés. Le second projet a porté sur l'analyse des mesures d'efficacité énergétique pouvant s'avérer d'intérêt pour réduire significativement la consommation d'énergie électrique dans les stations d'épuration.. Hydro-Québec / D. Couillard, J.-F. Blais, K. Nlombi

**Michel LECLERC**

#### *Étude par modélisation hydrodynamique de solutions visant la restauration de la plage de la baie de la Faim, lac Saint-François*

Le projet consiste à étudier et proposer une solution au problème de dégradation de la plage de la zone nord de la baie de la Faim. L'augmentation significative des vitesses d'écoulement reliée à l'exploitation du canal de Beauharnois a érodé le sable de la plage située à proximité. Les vagues, importantes à cet endroit, contribuent également à l'accélération de l'érosion.

Dans une étude préliminaire visant à proposer des solutions à ce problème, Hydro-Québec préconisait la construction d'une digue permettant d'isoler la baie de la Faim de l'influence hydrodynamique du canal de Beauharnois. La modélisation hydro-dynamique servira à vérifier le potentiel d'une telle approche et d'optimiser les dimensions d'un tel ouvrage. / Hydro-Québec / Coll.: Y. Secretan, P. Boudreau; M. Drapeau (Consultants BPR)

**Jean-Pierre VILLENEUVE**

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

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*

**Michel LECLERC**

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 modifications physiques et physico-chimiques affectant les habitats à poisson. Plus précisément, les logiciels développés comprennent les modules d'analyse suivants: i) l'advection-diffusion bidimen-

sionnelle eulérienne pour l'analyse de la propagation des eaux de tributaires importants dans une masse fluviatile (ex: Yamaska dans le fleuve Saint-Laurent) (*DISPERSIM*); (ii) l'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour l'analyse de la propagation d'eaux d'effluents industriels ou urbains dans un cours d'eau (*PANACHE*); (iii) la représentation des habitats ichtyofauniques pour la définition de régimes hydrologiques adaptés à leur conservation (*HABIOSIM*).

Ces logiciels sont développés "indépendants de plateforme" selon la philosophie "orientée-objet" avec le langage C++. / Coll.: L. Bernatchez, Y. Secretan, F. Padilla, A. Houde, M.-J. L'Heureux

### *Volet Petites rivières*

**Olivier BANTON, Bernard BOBÉE, Daniel CLUIS, Jean-Pierre FORTIN, Marius LACHANCE, Guy MORIN, Jean-Louis SASSEVILLE, Jean STEIN, Jean-Pierre VILLENEUVE**

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 moyen 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. / Appel public à l'épargne / Coll.: A. Mailhot, K. Mamouny, P. Paquet, L. Perreault, J. Fitzback, M. Larocque, S. Massicotte, H. Perron, S. Proulx, M.-E. Quentin

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

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

### 3.3.4 Métaux

**Denis COUILLARD**

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

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. / Ministère de l'Environnement du Québec (FRDTE), Communauté urbaine de Québec et la firme R&D Inc. / Coll.: G. Mercier, M. Chartier, G. Roberge

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

Ce projet de recherche vise le développement de procédés qui permettent de traiter des produits contaminés en métaux ou de recycler des résidus en contenant. Les sols, les sédiments, les boues d'épuration sont des produits qui souffrent souvent de la contamination par les métaux et les volumes qu'ils représentent sont importants. Le premier projet de recherche porte donc sur la décontamination des sols et sédiments. L'équipe développera donc un procédé mixte (biologique et chimique) capable de décontaminer des sols à un coût très compétitif. Le deuxième projet aborde la problématique des métaux et du recyclage d'un autre angle, car il vise la réutilisation de boues rouges de l'Alcan pour alléger le fardeau financier des petites municipalités qui doivent faire la déphosphatation de leurs eaux usées pendant l'été. Le troisième projet aborde la problématique des boues trop contaminées pour l'épandage agricole. Ce volet propose de continuer les recherches sur la biolixiviation de métaux et la digestion combinée des boues d'épuration (Procédé BDC). Un quatrième projet vise la modélisation dynamique du procédé de boues activées en combinaison avec le procédé BDC afin de développer une stratégie efficace de contrôle du procédé en développement. / FCAR - Soutien aux

équipes de recherche / Coll.: D. Cluis, R.D. Tyagi, G. Mercier

#### *Procédé de décontamination de sols fins et de sédiments fortement chargés en métaux avec présence de contamination légère d'hydrocarbures et de HPA*

La contamination des sols par des métaux est un problème complexe et coûteux. La plupart des technologies existantes actuellement visent la fixation des métaux afin de les stabiliser; cette technique est peu acceptée par le gouvernement du Québec. Les méthodes d'enlèvement des métaux via la solubilisation sont rares et leur coût unitaire de traitement est souvent trop élevé pour être utilisable.

Ce projet d'une durée de 2 ans vise la mise au point à l'échelle pilote d'un procédé de décontamination des métaux polluants des sols et des sédiments. Les métaux problématiques sont dans la plupart des cas, Cu, Cd, Zn et surtout Pb. L'équipe a développé depuis quelques années un procédé mixte alliant les capacités des thiobacilles à solubiliser les métaux à des étapes de lavage chimique. Un tel procédé a été appliqué avec succès au niveau des sédiments. Le présent projet vise, pour sa part, à appliquer le même genre de procédé à l'échelle du laboratoire pour les sols et, par la suite, à faire la décontamination de la fraction fine d'un sol (< 2mm) à l'échelle pilote. Il y aura donc pré-traitement de 35t d'un sol contaminé par le Centre de recherche minérale du Québec. De cela, 11 tonnes de fines contaminées serviront à la mise au point du procédé au pilote. Le procédé sera étudié à l'échelle pilote sur une période de 13 mois pour les sols et 2 mois pour les sédiments. / CRSNG Stratégique / Environnement Canada / Université du Québec - FODOR / Firme Alex Sol Inc. / Coll.: G. Mercier, M. Chartier, G. Roberge

### 3.3.5 Transfert technologique

**Jean-Louis SASSEVILLE**

#### *Développement des industries de l'environnement en Europe de l'Est*

Ce projet avait pour but d'analyser le potentiel de coopération technologique dans les industries tchèques et slovaques de l'environnement. Suite à diverses missions réalisées en République tchèque et en Slovaquie par un consortium québécois, dont l'INRS-Eau assure la direction scientifique, et sur la base d'une analyse des problèmes environnementaux et des opportunités de transfert technologique, deux

programmes complets d'implantation de véhicules de transfert technologique ont été élaborés. Ces programmes, qui seront mis en oeuvre au cours de l'année 1995-1996, se destinent à concevoir et à créer, dans la région d'Ostrava, en République tchèque, et dans la région de Spišská Nová Ves, en Slovaquie, une société d'économie-mixte (publique-privée) devant prendre en charge, avec l'aide des institutions et de la communauté d'affaires et suivant des règles commerciales de gestion et d'investissement, l'implantation et, le cas échéant, l'opération de compagnies ou de services dans le cadre du développement des industries de l'environnement. Ces véhicules de transfert technologique dans les industries de l'environnement ont une vocation régionale. Des projets sur la gestion éco-énergétique, le recyclage des résidus miniers, la valorisation des déchets organiques, le traitement des sols, le traitement de l'eau contaminée, etc., sont envisagés pour faire partie des programmes de transferts. / MAIQ, BCSD, UNDP, MAEC, BM / Coll.: J. Barussaud (BCSD), O. Langlais, M.Lemercier (Pluralité), R.Volders (Interel)

#### ***Développement des industries de l'environnement au Québec***

L'INRS-Eau, en collaboration avec le Centre de recherche industrielle du Québec et le Groupe Conseil Gesco, a entrepris divers projets d'analyse stratégique dans le secteur du transfert technologique en environnement. Ces études avaient pour but d'identifier les domaines technologiques d'intérêt pour la région, de mettre en forme des véhicules de transfert destinés à répondre aux besoins en technologies environnementales et de concerter les ressources techniques ainsi que les agents socio-économiques. Elles s'inscrivaient dans les efforts déployés en région en vue de favoriser le développement des industries de l'environnement. Ces études ont abouti à la mise en forme d'un concept corporatif nouveau dans le domaine du transfert technologique, notamment sous les aspects de la concertation des intervenants, de la dynamisation du processus d'innovation technologique, et sur l'internalisation des contraintes de marché au processus de développement des technologies. Ce concept technologique s'est traduit en pratique par la création d'une société mixte sans but lucratif: l'Industrielle de l'environnement inc.. À titre de société mixte, *l'Industrielle de l'environnement* regroupe l'ensemble des acteurs concernés par le développement d'affaires dans le secteur de l'environnement, notamment les technologues, les chercheurs, les intervenants financiers et les gens d'affaires intéressés qui se retrouvent à la fois dans des entreprises privées, publiques ou parapubliques.

Cette nouvelle façon de faire permettra d'orienter la recherche en fonction de la demande commerciale et de faciliter l'obtention du financement requis. / Fonds d'investissement régional (CRCDQ) / EnviroCapital / Innovatec / MAI / BFDRQ etc. - Montage financier en développement. / Coll. J.P.Villeneuve, P. Roy (CRIQ), R.Blais (GESCO), G.Bellemare (GESCO), P. Toupin (CRIQ) M. Grondin, R. Tremblay (IE Inc.)



## 4 ENSEIGNEMENT

### 4.1 Maîtrises en sciences de l'eau

*Avec mémoire, Landis HARE*  
*Sans mémoire, Yves SECRETAN*

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

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

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

La maîtrise sans mémoire en sciences de l'eau s'adresse, d'une façon générale, aux diplômés en sciences naturelles et en génie qui cherchent une formation spécialisée orientée vers les applications. Elle s'adresse également aux professionnels oeuvrant déjà dans les bureaux de génie conseil, les laboratoires et les agences des secteurs privés et gouvernementaux.

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

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

**Pour être admis au profil avec mémoire**, le candidat doit démontrer que ses orientations de recherche sont conformes aux objectifs des programmes de recherche qui supportent le programme d'enseignement visé.

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

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

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

Le programme de maîtrise *avec mémoire* est un programme d'études comportant quarante-cinq (45) crédits, dont dix-huit (18) sont consacrés aux cours et vingt-sept (27) aux activités de recherche. Les trois cours de base, de trois crédits chacun, sont Mathématiques appliquées, Hydrologie et Limnologie et une activité de terrain d'un crédit. Les huit autres crédits doivent être choisis parmi les cours suivants: Hydrogéologie, Introduction au droit de l'eau et de l'environnement, Introduction à l'administration publique de l'eau, Statistiques d'échantillonnage et de suivi, Gestion de projet, Échantillonnage et suivi environnemental, Techniques d'analyses en laboratoire, Chimie physique des eaux douces, Écologie aquatique, Chimie environ-

nementale de la neige, Chimie environnementale de la glace, Contamination souterraine, Écotoxicologie aquatique, Toxiques inorganiques, Toxiques organiques, Traitement préliminaire et primaire des eaux usées, Traitement biologique aérobie, Traitement tertiaire des eaux usées, Traitement anaérobie des eaux usées, Traitement des eaux potables, Aménagement des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de système, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multivariées, Télédétection - Principes de base, Télédétection - Extraction de l'information, Paléolimnologie, Aménagement de bassins hydrographiques forestiers, Notion de géologie, Droit et contrôle de la pollution, Problèmes d'administration publique de l'eau et de l'environnement. Les vingt-sept (27) autres crédits sont consacrés aux activités de recherche (séminaires, conférences et mémoire).

Le programme de maîtrise *sans mémoire* comporte quarante-cinq (45) crédits dont vingt-cinq (25) sont consacrés aux douze activités de base suivantes: Hydrologie, Limnologie: eaux lacustres et eaux courantes, Mathématiques appliquées, Stage de terrain, Hydrogéologie, Droit de l'eau et de l'environnement, Administration publique de l'eau, Statistiques d'échantillonnage et de suivi, Gestion de projet en eau et environnement, Échantillonnage et suivi environnemental, Techniques d'analyses en laboratoire, Recherches bibliographiques. Douze (12) crédits sont alloués pour un stage en milieu professionnel. Les huit (8) autres crédits doivent être choisis parmi les activités suivantes: Chimie environnementale de la glace, Contamination souterraine, Écotoxicologie aquatique, Toxiques inorganiques, Toxiques organiques, Traitement préliminaire et primaire des eaux usées, Traitement biologique aérobie, Traitement tertiaire des eaux usées, Traitement anaérobie des eaux usées, Traitement des eaux potables, Aménagement des poissons d'eau douce, Ichtyologie, Écologie du plancton lacustre, Micro-organismes planctoniques, Modélisation hydrodynamique, Modélisation physico-chimique, Modélisation hydrogéologique, Analyse de système, Systèmes experts, Tests statistiques, Lois statistiques, Statistiques multivariées, Télédétection - Principes de base, Télédétection - Extraction de l'information, Paléolimnologie, Aménagement de bassins hydrographiques forestiers, Notion de géologie, Droit et contrôle de la pollution, Problèmes d'administration publique de l'eau et de l'environnement, Assainissement et épuration en milieu urbain, Contrôle de la pollution industrielle,

Contrôle de la pollution agricole, Gestion des substances toxiques et des matières dangereuses, Technologies de restauration, Études d'impacts, Modèles hydrologiques de bassin versant, Initiation aux modèles hydrodynamiques, Modèles en hydrogéologie, SIG et bases de données en hydrologie, Application de logiciels statistiques, Application de la télédétection aux sciences de l'eau.

Au cours de l'année 1994-1995, douze étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle avec mémoire et sept au profil sans mémoire. Durant la même année, six étudiants ont obtenu leur diplôme avec mémoire et deux sans mémoire de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec.

## 4.2 Doctorat en sciences de l'eau

### Daniel CLUIS

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

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

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

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

Durant l'année 1994-1995, neuf nouveaux étudiants se sont inscrits au programme de doctorat, ce qui porte le total à quarante deux (42). Au cours de la même période, deux étudiants ont obtenu leur diplôme de doctorat en sciences de l'eau de l'Université du Québec.



## 5 PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

---

### 5.1 Articles publiés dans les revues scientifiques

- Amyot\*, M., B. Pinel-Alloul<sup>4</sup> et P. G. C. Campbell (1994). Abiotic and seasonal factors influencing trace metal levels (Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn) in the freshwater amphipod *Gammarus fasciatus* in two fluvial lakes of the St. Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51(9): 2003-2016.
- Benmoussa, H., R. D. Tyagi et P. G. C. Campbell (1994). Biolixiviation des métaux lourds et stabilisation des boues municipales: effet de la forme de soufre élémentaire utilisé comme substrat. *Rev. Sci. Eau*, 7(3): 235-250.
- Bernatchez, L. (1994). Techniques de biologie moléculaire comme outils de gestion des pêches: bilan et perspective / Molecular biology techniques in fishery management: Application and perspectives. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, (332): 1-9.
- Bobée, B. et P. F. Rasmussen (1995). Recent advances in flood frequency analysis. *Review of Geophysics*, 1111-1116.
- Boudreau, P., M. Leclerc et G. R. Fortin<sup>4</sup> (1994). Modélisation hydrodynamique du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent: l'influence de la végétation aquatique / Hydrodynamic Modeling of Lake Saint-Pierre (St Lawrence River) - Influence of Aquatic Vegetation. *Can. J. Civil Eng.*, 21(3): 471-489.
- Boukchina<sup>5</sup>, R., R. Lagacé<sup>4</sup> et G. Morin (1995). Modelling nitrate output from agricultural watersheds using a hydrological model. *Water Qual. Res. J. Canada*, 30(2): 247-263.
- Boulerhcha<sup>4</sup>, M., Y. Secretan, G. Dhatt<sup>4</sup> et D. Nguyen<sup>4</sup> (1995). Application de la méthode des éléments finis aux équations 2D hyperboliques: I- l'équation scalaire de convection. *Revue européenne des éléments finis*, 4(3): 271-306.
- Bruneau, P., F. Ashkar et B. Bobée (1994). SMPLNORM: un modèle simple pour obtenir les probabilités conjointes de deux débits et le niveau qui en dépend. *Can. J. Civil Eng.*, 21(5): 883-895.
- Couillard, D., M. Chartier et G. Mercier (1994). Étude de l'enlèvement du Cd, Cu, Mn et Zn par solubilisation biologique dans les sédiments lacustres fortement contaminés. *Rev. Sci. Eau*, 7(3): 251-268.
- Couillard, D. (1995). Dynamics of municipal wastewater sludges on forest land. *J. Environ. Syst.*, 24(1): 25-47.
- Couillard, D. (1994). Environmental factors affecting sustainable uses of sewage sludge as agricultural fertilizer. *J. Environ. Syst.*, 23(1): 83-97.
- Couillard D., M. Chartier et G. Mercier (1994). Major factors influencing bacterial leaching of heavy metals (Cu and Zn) from anaerobic sludge. *Environ. Pollut.*, 85(2): 175-185.
- Couillard, Y., P. G. C. Campbell, A. Tessier, J. Pellerin-Massicotte<sup>4</sup> et J. C. Auclair (1995). *In situ* transplantation of a freshwater bivalve *Anodonta grandis* across a metal contamination gradient. I. Temporal changes of metallothionein and metal (Cd, Cu, Zn) concentrations in the soft tissues. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 690-702.
- Couillard, Y., P. G. C. Campbell, J. Pellerin-Massicotte<sup>4</sup> et J. C. Auclair (1995). *In situ* transplantation of a freshwater bivalve *Anodonta grandis* across a metal contamination gradient. II. Metallothionein response to metal exposure, evidence for cytotoxicity, and links to effects at higher levels of biological organization. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 703-715.
- Deneiff<sup>4</sup>, A. P., J. J. Neiff<sup>4</sup>, O. Orfeo<sup>4</sup> et R. Carignan (1994). Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* in the Parana floodplain. *Aquat. Bot.*, 47(3-4): 213-223.
- Du, Y. G., T. R. Sreekrishnan, R. D. Tyagi et P. G. C. Campbell (1994). Effect of pH on metal solubilization from sewage sludge: a neural-net-based approach. *Can. J. Civil Eng.*, 21(5): 728-735.
- Fortin, J. P., R. Moussa<sup>4</sup>, C. Bocquillon<sup>4</sup> et J. P. Villeneuve (1995). Hydrotel, un modèle hydrologique distribué pouvant bénéficier des données fournies par la télédétection et les systèmes d'information géographique. *Rev. Sci. Eau*, 8: 97-124.
- Gangbazo<sup>5</sup>, G., A. R. Pesant<sup>4</sup>, G. M. Barnett<sup>4</sup>, J. P. Charuest<sup>4</sup> et D. Cluis (1995). Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of hog manure and mineral fertilizers. *J. Environ. Qual.*, 24(3): 420-425.

---

<sup>4</sup> Publication faite en collaboration avec des personnes externes à l'INRS-Eau

<sup>5</sup> Publication faite en collaboration avec des personnes ayant déjà travaillé à l'INRS-Eau

- Goyer<sup>4</sup>, S., A. Jaouich<sup>5</sup>, M. Morency<sup>4</sup> et D. Couillard (1995). Technique de restauration de sites contaminés par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP): -II Procédés physiques, physico-chimiques thermiques. *Vecteur Environnement*, 28(1): 57-69.
- Goyer<sup>4</sup>, S., A. Jaouich<sup>5</sup>, M. Morency<sup>4</sup> et D. Couillard (1995). Technique de restauration de sites contaminés par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP): -I Fondements et procédés biologiques. *Vecteur Environnement*, 28(1): 43-54.
- Hare, L., R. Carignan et M. A. Huertadiaz<sup>5</sup> (1994). A field study of metal toxicity and accumulation by benthic invertebrates; implications for the acid volatile sulfide (AVS) model. *Limnol. Oceanogr.*, 39(7): 1653-1668.
- Hare, L. (1995). Sediment colonization by littoral and profundal insects. *J. North American Benthological Soc.*, 14: 315-323.
- Hare, L. et F. Shooner (1995). Do aquatic insects avoid metal-contaminated sediments? *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 1071-1077.
- Jones, H. G., J. W. Pomeroy<sup>4</sup>, D. A. Walker<sup>4</sup> et R. A. Wharton<sup>4</sup> (1994). Snow ecology - A report on a new initiative. *Arctic Alp. Res.*, 26(2): 195-196.
- Laberge, C., D. Cluis et G. M. Saulnier (1994). Analyses directionnelles multivariées de la qualité des précipitations sur la région de Québec. *Rev. Sci. Eau*, 7(3): 270-284.
- Lafrance, P., L. Marineau, L. Perreault et J. P. Villeneuve (1994). Effect of natural dissolved organic matter found in groundwater on soil adsorption and transport of pentachlorophenol. *Environ. Sci. Technol.*, 28(13): 2314-2320.
- Lafrance, P. et O. Banton (1995). Implication of spatial variability of organic carbon on predicting pesticide mobility in soil. *Geoderma*, 65(3-4): 331-338.
- Larocque, M. et O. Banton (1995). Gestion de la contamination des eaux souterraines par les fertilisants agricoles: application du modèle AdriFlux. *Rev. Sci. Eau*, 8(1): 3-21.
- Leclerc, M., P. Boudreau, J. Bechara<sup>5</sup>, L. Belzile<sup>4</sup> et D. Villeneuve<sup>4</sup> (1994). Modélisation de la dynamique de l'habitat des jeunes stades de saumon atlantique (*Salmo salar*) de la rivière Ashuapmushuan (Québec, Canada) / A model of habitat dynamics applied to landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*) juveniles of the Ashuapmushuan River (Quebec, Canada). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, (332): 11-32.
- Mailhot, A., M. L. Plumer<sup>4</sup> et A. Caillé<sup>4</sup> (1994). Finite-size scaling of the frustrated Heisenberg model on a hexagonal lattice. *Phys. Rev. B-Condensed Matter*, 50(10): 6854-6859.
- Marceau, D., D. Gratton, R. A. Fournier et J. P. Fortin (1994). Remote sensing and the measurement of geographical entities. 2. The optimal spatial resolution. *Remote Sens. Environ.*, 49: 93-104.
- Rasmussen, P. F. (1994). Comment on "A hierarchical and empirical Bayes approach for the regional Pearson type-III distribution" by Ribeiro-Corréa and Rousselle. *Water Resour. Res.*, 30(7): 2343-2344.
- Ravishankar, B. R., J. C. Auclair et R. D. Tyagi (1994). Partitioning of heavy metals in some Quebec municipal sludges. *Water Pollut. Res. J. Can.*, 29(4): 457-470.
- Razack<sup>4</sup>, M. et O. Banton (1994). L'hydrogéologie à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle: une multiscience environnementale. *Hydrogéologie*, 1: 45-46.
- Sabik<sup>4</sup>, H., S. Cooper<sup>4</sup>, P. Lafrance et J. Fournier (1995). Détermination de atrazine, ses produits de dégradation et metolachlor dans les eaux de ruissellement et les sédiments utilisant l'extraction en phase solide. *Talanta*, 42(5): 717-724.
- Sreekrishnan, T. R. et R. D. Tyagi (1995). Sensitivity of metal-bioleaching operation to process variables. *Process Biochem.*, 30(1): 69-80.
- St-Cyr, L., P. G. C. Campbell et K. Guertin<sup>5\*</sup> (1994). Evaluation of the role of submerged plant beds in the metal budget of a fluvial lake. *Hydrobiologia*, 291: 141-156.
- St-Cyr, L. et P. G. C. Campbell (1994). Submerged plants as bioindicators of trace metals in their environment. Case study - fluvial lakes of the St. Lawrence river system. *Can. J. Bot.*, 72: 429-439.
- Tyagi, R. D., J. F. Blais, L. Deschênes, P. Lafrance et J. P. Villeneuve (1994). Comparison of microbial sulfuric acid production in sewage sludge from added sulfur and thiosulfate. *J. Environ. Qual.*, 23(5): 1065-1070.
- Tyagi, R. D., T. R. Sreekrishnan, J. F. Blais et P. G. C. Campbell (1994). Kinetics of heavy metal bioleaching from sewage sludge - III: Temperature effects. *Water Res.*, 28(11): 2367-2375.
- Villeneuve, J. P. et E. Gaume (1994). Efficiency evaluation of an installed swirl separator. *Can. J. Civil Eng.*, 21(6): 924-930.

## 5.2 Livres ou ouvrages collectifs

- Abi-Zeid, I. et B. Bobée. (1994). Some reliability measures for nonstationary Markov chains: short presentation. Dans: *Engineering Risk and in Natural Resources Management*. pp. 149-158. (NATO ASI Series: Applied Sciences: 275) the Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

- Bobée, B., P. F. Rasmussen, L. Perreault, et F. Ashkar<sup>5</sup>. (1994). Risk analysis of hydrologic data: review and new developments concerning the Halphen distributions. Dans: *Engineering Risk and in Natural Resources Management*. pp. 177-190. (NATO ASI Series: Applied Sciences: 275)the Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Bobée, B., et P. F. Rasmussen. (1994). Statistical analysis of annual flood series. Dans: *Trends in Hydrology*. pp. 117-135. India, Council of Scientific Research Integration.
- Campbell, P. G. C. (1995). Interactions between trace metals and organisms: critique of the free-ion activity model. Dans: *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. pp. 45-102, Chapter 2. New York, NY, J. Wiley & Sons.
- Campbell, P. G. C. et A. Tessier, [Conférenciers invités]. (1995). Ecotoxicology of metals in the aquatic environment - geochemical aspects. Dans: Newman, M. C., Jagoe, C. H., (Eds). *Quantitative Ecotoxicology: a Hierarchical Approach*. Chapter 2. Boca Raton, FL, Lewis Publishers Inc.
- Hountin, J., D. Couillard, R. R. Simard<sup>4</sup>, G. Gangbazo<sup>5</sup>, D. Côté<sup>4</sup> et P. Lafrance. (1994). Apports répétés de lisiers et propriétés chimiques d'un sol loam argileux Nebois. Dans: *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. pp. 152-162. Environnement Canada.
- Jones, H. G., T. D. Davies<sup>4</sup>, A. Omura<sup>4</sup> et E. M. Morris<sup>+</sup>, Eds. (1994). Snow and ice covers: interactions with the atmosphere and ecosystems. (IAHS Publication: 223)Oxfordshire, UK, IAHS.
- Tessier, A., J. Buffle<sup>4</sup> et P. G. C. Campbell. (1994). Uptake of trace metals by aquatic organisms. Dans: *Chemical and Biological Regulation of Aquatic Processes*. pp. 197-230, Chapter 6. Chelsea, MI, Lewis Publishers, Inc.
- Tessier, A., R. Carignan et N. Belzile. (1994). Processes occurring near the sediment-water interface: emphasis on trace elements. Dans: *Chemical and Biological Regulation of Aquatic Processes*. pp. 141-178. Chelsea, MI, Lewis Publishers, Inc.
- Wang, F. et D. Couillard. (1995). Neural model for predicting the Al<sup>3+</sup> activity in soil fertilized with alum sludge. Dans: *Advances in Hydro-Science and Engineering*. pp. 1775-1783. Beijing, Chine, Tsinghua University Press.
- ### 5.3 Communications avec arbitrage
- Adamowski<sup>4</sup>, K., P. J. Pilon<sup>4</sup>, B. Bobée et Y. Alilaf (1994). The identification of a regional rainfall distribution for Canada. Dans: *International Workshop , Closing the GAP Between Theory and Practice in Urban Rainfall Applications*. St. Moritz, Suisse, novembre/décembre 1994.
- Auclair, J. C., H. J. Hartmann<sup>4</sup> et C. Amblard (1994). Étude de la demande en phosphore par différentes classes de taille planctonique du lac Pavin. Dans: *4e Congrès annuel du CILEF*. Marrakech, Maroc, avril 1994.
- Beauchemin, S., D. Cluis, R. R. Simard<sup>4</sup> et M. E. Quentin (1994). Utilisation d'un SIG pour identifier les sols vulnérables à la saturation en P dans le bassin de la rivière Beauvillage. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio temporelle des propriétés du sol*. Lennoxville, octobre 1994.
- Bernier, M., J. P. Fortin et Y. Gauthier (1994). The potential and limitations of ERS-1 SAR data to estimate the snow water equivalent. *Second International Workshop: Application of Remote Sensing in Hydrology*. Saskatoon, Saskatchewan, octobre 1994.
- Bobée, B. (1994). Introduction et méthodologie d'estimation régionale des débits de crue: application à la région Québec-Ontario. Dans: *Association québécoise des techniques de l'environnement*. C. E. Delisle et M. A. Bouchard, (Eds), pp. 428-434. Montréal, novembre 1994. AQTE.
- Campbell, P. G. C. et A. Tessier [Conférenciers invités]. Ecotoxicology of metals in the aquatic environment - geochemical aspects. Dans: *Symposium on Quantitative Ecotoxicology: a Hierarchical Approach*. Savannah River Ecology Laboratory, Aiken, SC, juin 1994.
- Cavadias<sup>4</sup>, G. S., P. F. Rasmussen et B. Bobée (1994). Computational aspects of the multivariate seasonal flow simulation model SVD. Dans: *Hydrosoft 94*. Porto Carras, Grèce, septembre 1994.
- Cluis, D. (1994). [Conférencier invité]. De la parcelle au bassin versant. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio temporelle des propriétés du sol*. Lennoxville, octobre 1994.
- Cluis, D. (1995). Specifications of a loading model for assessing optimal interventions at the watershed scale. Dans: *Water Quality Modeling, Proceedings of the International Symposium*. pp. 521-529. Orlando, Floride, avril 1995. St Joseph, MI, ASAE.

- Cluis, D. et E. Quentin (1994). Targeting critical areas vulnerable to agricultural pollution using a geographic information system. Dans: *Hydrosoft 94, 5th Intern. Conf. on Hyd. Eng. Software*. Porto-Carras, Grèce, septembre 1994.
- Cluis, D., R. R. Simard<sup>4</sup>, E. Quentin, G. Gangbazo<sup>5</sup> et P. A. Landry<sup>4</sup> (1995). A GIS as an integrator of the manure management relating factors responsible for phosphorus surface water contamination. Dans: *Water Quality Modeling, Proceedings of the International Symposium*. Orlando, Floride, avril 1995. St Joseph, MI, ASAE.
- Couillard, D. Development of environmental indicators on the basis of response functions method. Dans: *Environmental indicators and their applications (trends of activity and development)* Y.A. Pykh & I.G. Malkina-Pykh (Eds). IIASA, Luxembourg, Australie, 1994.
- Couillard, Y., Y. Parisot<sup>4</sup> et P. G. C. Campbell (1994). Metallathionein concentrations and cytosolic metal distributions in indigenous freshwater benthic invertebrates from metal-contaminated environments. Dans: *21e colloque annuel de toxicologie aquatique*. Sarnia, Ontario, octobre 1994.
- Deschênes, L., P. Lafrance, J. P. Villeneuve et R. Samson<sup>4</sup> (1995). The effect of an anionic surfactant on the mobilisation and the biodegradation of PAHs during the biotreatment of a creosote contaminated soil. Dans: *Groundwater Quality: Remediation and Protection, Proceedings of the Prague Conference*. Prague, mai 1995.
- Deschênes<sup>5</sup>, L., P. Lafrance, J. P. Villeneuve et R. Samson<sup>4</sup> (1995). The impact of biological and chemical anionic surfactants on the biodegradation and solubilisation of PAHs in a creosote contaminated soil. Dans: *4th Annual Symposium on Groundwater and Soil Remediation*. pp. 217-224. Environnement Canada, Calgary, Alberta, septembre 1994.
- Deschênes<sup>4</sup>, C., T. T. P. Tung<sup>4</sup> et Y. Secretan (1994). A new Canadian test stand for the measurements of micro turbines characteristics. Dans: *Modelling, Testing & Monitoring for Hydro Powerplants, Int. Jour. on HydroPower and Dams*. Budapest, Hongrie, juillet 1994.
- Fortier, S. et D. Couillard (1994). Comportement dynamique d'un procédé de solubilisation biologique des métaux lourds retrouvés dans les boues résiduaires municipales. Dans: *17e Symposium international sur le traitement des eaux usées / 17th International Symposium on Wastewater Treatment*. pp. 721-723. Montréal, Québec, novembre 1994.
- Fortin, V. et B. Bobée (1994). Nonparametric bootstrap confidence intervals for the log-Pearson type III distribution. Dans: *Envirosoft 94*. San Francisco, USA, novembre 1994.
- Gagné<sup>5</sup>, P., P. Lafrance et C. Bernard<sup>4</sup> (1994). Persistance et infiltration d'herbicides sous différents travaux de sol et périodes d'application de lisier. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol*. Lennoxville, octobre 1994.
- Gangbazo<sup>5</sup>, G., M. E. Quentin, D. Cluis et C. Bernard<sup>5</sup> (1994). Estimation des risques d'érosion sur le bassin versant du ruisseau des Anges à l'aide d'un SIG. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol*. Lennoxville, octobre 1994.
- Guimond<sup>5</sup>, M. C., P. Lafrance et C. Bernard<sup>5</sup> (1994). Impact de travaux de sol et de la période d'épandage de lisier sur les pertes d'herbicides vers les eaux de surface. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio temporelle des propriétés du sol*. Lennoxville, octobre 1994.
- Handfield<sup>5</sup>, M., R. M. Koerner<sup>4</sup>, H. G. Jones et R. Guay<sup>4</sup> (1994). [Conférenciers invités]. The recovery and culture of microorganisms from deep ice cores of the Agassiz Ice Sheet (80oN, 70oW) Ellesmere Island, Canadian Arctic Archipelago. Dans: *ASM General Meeting*. Las Vegas, mai 1994.
- Hare, L. (1994). [Conférencier invité]. Sediment containers: a useful tool for the study of contaminant effects in nature. Dans: *Colloque annuel de toxicologie aquatique*. Sarnia, Ontario, 1994.
- Hare, L. et A. Tessier (1994). [Conférenciers invités]. Prediction of cadmium concentrations in aquatic insects. Dans: *15th Annual Meeting of Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*. Denver, Colorado, 1994.
- Hountin, J. A., R. R. Simard<sup>4</sup>, D. Couillard, D. Côté<sup>4</sup> et G. Gangbazo<sup>5</sup> (1994). Applications de lisier post-levée et fractions labiles du P. Dans: *8e Congrès annuel de l'AQSSS sur la variabilité spatio-temporelle des propriétés du sol*. p. 8. Lennoxville, octobre 1994.
- Jones, H. G., M. Duchesneau<sup>5</sup> et M. Handfield (1994). Nutrient cycling on the surface of an arctic ice cap: snow-atmosphere exchange of n species and microbiological activity. Dans: *Snow and Ice Covers: Interactions with the Atmosphere and Ecosystems, Symposium Proceeding IAHS*. vol. 223, H. G. Jones, T. D. Davies, A. Omura et E. M. Morris, (Eds), pp. 331-339. Yokohama, Japon, juillet 1993. IAHS.

- Kibi, N., J. L. Sasseville, D. Couillard et J. F. Blais (1994). Évaluation technico-économique, de différentes chaînes de traitement des eaux usées municipales et domestiques, réalisée dans une perspective de choix. Dans: *17e Symposium international sur le traitement des eaux usées / 17th International Symposium on Wastewater Treatment*. pp. 226-247. Montréal, Québec, novembre 1994.
- Laberge, C. et D. Cluis (1994). Robust trend detection using regression analysis. Dans: *Fifth International Conference on Statistical Methods for the Environmental Sciences*. CCIW, Burlington, Ontario, août 1994.
- Lafrance, P. et O. Banton (1995). Impact of field-scale variation in pesticide adsorption parameter on the reliability of soil pesticide transport simulation. Dans: *Groundwater Quality: Remediation and Protection, Proceedings of the Prague Conference*. vol. 225, K. Kowar et J. Krasny, (Eds), pp. 125-132. Prague, mai 1995. IAHS.
- Leclerc, M., J. Bechara, P. Boudreau et L. Belzile (1994). A numerical method for modeling the dynamics of the spawning habitat of landlocked salmon. Dans: *1st International Symposium on Habitat Hydraulics of the IAHR, Proceedings*. Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norvège, Août 1994.
- Matejka<sup>4</sup>, G., R. Mejri<sup>4</sup> et P. Lafrance (1994). Impact du lagunage aéré sur la matière organique dissoute d'un lixiviat de compostage. Dans: *17e Symposium international sur le traitement des eaux usées / 17th International Symposium on Wastewater Treatment*. Montréal, Québec, novembre 1994.
- Mathier, L., R. Roy, B. Bobée et H. Perron (1994). Banques de données utilisées pour la régionalisation des débits de crue du Québec et de l'Ontario. Dans: *Association québécoise des techniques de l'environnement*. C. E. Delisle et M. A. Bouchard, (Eds), pp. 435-449. Montréal, novembre 1994. AQTE.
- Mathier, L., R. Roy et B. Bobée (1994). Estimation régionale des débits de crue: détermination des régions homogènes par la méthode des régions d'influence. Dans: *Association québécoise des techniques de l'environnement*. C. E. Delisle et M. A. Bouchard, (Eds), pp. 479-492. Montréal, novembre 1994. AQTE.
- Mejri<sup>4</sup>, R., G. Matejka<sup>4</sup>, P. Lafrance et M. Mazet<sup>4</sup> (1994). Fractionnement et caractérisation de la matière organique des lixiviats de sites d'enfouissement de déchets domestiques. Dans: *Le Congrès international de recherche sur les sous-produits de traitement et d'épuration des eaux*. Poitiers, France, septembre 1994.
- Perreault, L., B. Bobée et H. Perron (1994). AJUSTE-II: hydrological frequency analysis software. Part 1: Theoretical aspects. Dans: *Hydrosoft 94*. Porto Carras, Grèce, septembre 1994.
- Perreault, L., V. Fortin et B. Bobée (1994). The Halphen family of distributions for modeling maximum annual flood series: new developments. Dans: *Envirosoft 94*. San Francisco, USA, novembre 1994.
- Perron, H., B. Bobée, L. Perreault et R. Roy (1994). AJUSTE-II: hydrological frequency analysis software. Part 2: Computational aspects. Dans: *Hydrosoft 94*. Porto Carras, Grèce, septembre 1994.
- Pomeroy<sup>4</sup>, J. W. et H. G. Jones (1995). Wind-blown snow: sublimation, transport and changes to Polar snow. Dans: *A NATO-ARW*. E. Wolff, (Ed), Il Ciocco, Italie, mars 1995.
- Rasmussen, P. F., J. Bernier<sup>4</sup>, L. Mathier et B. Bobée (1994). Comparison of regional flood frequency procedures: a bayesian approach. Dans: *Association québécoise des techniques de l'environnement*. C. E. Delisle et M. A. Bouchard, (Eds), pp. 543-549. Montréal, novembre 1994. AQTE.
- Rasmussen, P. F., B. Bobée et L. Mathier (1994). The GEV index flood method for regional flood estimation. Dans: *Association québécoise des techniques de l'environnement*. C. E. Delisle et M. A. Bouchard, (Eds), pp. 493-502. Montréal, novembre 1994. AQTE.
- Suzuki<sup>4</sup>, K., Y. Ishii<sup>4</sup>, D. Kodama<sup>4</sup> et H. G. Jones (1994). Chemical dynamics in a boreal forest snowpack during the snowmelt season. Dans: *Snow and Ice Covers: Interactions with the Atmosphere and Ecosystems, Symposium Proceeding IAHS*. vol. 223, H. G. Jones, T. D. Davies, A. Omura et E. M. Morris, (Eds), pp. 313-322. Yokohama, Japon, juillet 1993. IAHS.
- Tessier, A. [Conférencier invité]. Modeling Cd partitioning in oxic lake sediments and Cd concentrations in a freshwater bivalve. Dans: *15th Annual Meeting of SETAC*. Denver, Colorado, 1994.
- Tessier, A. (1994). [Conférencier invité]. Modelling metal concentrations in sediments and benthic organisms. Dans: *Workshop on Metals in Sediments*. Sydney, Australie, 1994. CSIRO.

- Tessier, A. (1994). [Conférencier invité]. Prediction of Cd accumulation in benthic organisms. Dans: *Workshop "The Utility of AVS/EqP in Hazardous Waste Site Evaluation"*. Woods Hole, Massachusetts, 1994. NOAA et U.S. Department of Commerce.
- Tessier, A. (1995). [Conférencier invité]. Reactions of trace metals in lake sediments. Dans: *Third International Conference on Transport, Fate and Effects of Silver in the Environment*. Washington, D.C., 1995.
- Twiss, M. R., P. G. C. Campbell et J. C. Auclair (1995). Cycling of radionuclides in lake Erie surface waters: the key role of microzooplankton grazing. Dans: *Congrès annuel de l'Association internationale de la recherche sur les Grands Lacs*. East Lansing, MI, mai 1995.
- Twiss, M. R. et P. G. C. Campbell (1995). Regeneration of trace metals from picoplankton by microzooplankton grazing. Dans: *14e Congrès annuel de la Société canadienne de limnologie*. Ottawa, Ontario, janvier 1995.
- Twiss, M. R., L. Granier, P. G. C. Campbell et P. Lafrance (1995). Bioaccumulation of PCBs by microalgae in related to the PCB free solute activity. Dans: *Congrès annuel de l'Association internationale de la recherche sur les Grands Lacs*. East Lansing, MI, mai 1995.
- Wang, F. et D. Couillard (1995). Neural model for predicting the Al<sup>3+</sup> activity in soil fertilized with alum sludge. Dans: *Proceedings of the Second International Conference on Hydro-Science and Hydro-Engineering*. pp. 1775-1783. University of Beijing, Beijing, mars 1995.
- Wendling, P., D. Couillard et G. Mercier (1994). Étude de la lixiviation de résidus d'incinération de déchets municipaux bruts et traités soumis à l'action des pluies acides. Dans: *Assises annuelles, Programme technique de l'AQTE*. Centre des Congrès, Québec, mars 1994.
- Wilkinson, K. J., P. G. C. Campbell et P. M. Bertsch<sup>4</sup> (1994). [Conférenciers invités]. Aluminium bioavailability to Atlantic salmon. Dans: *International Conference on Metal Speciation and Bioavailability*. Loen, Norvège, juin 1994.
- Couillard, D. et G. Mercier (1994). Des boues d'épuration propres, propres, propres. *Interface*, 15(2): 46.
- Couillard, D. et G. Mercier (1994). Sludge management practices. *R & D News, Environ. Sci. Eng.*, 7(3): 38-42.
- Du, Y. G., R. D. Tyagi et T. R. Sreekrishnan (1994). Effects of diffusional limitation inside the floc on dynamics of activated sludge process. Dans: *Twenty-Ninth Central Canadian Symposium on Water Pollution Research*. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, février 1994.
- Jones, H. G., J. W. Pomeroy<sup>4</sup>, D. A. Walker<sup>4</sup> et R. A. Wharton<sup>4</sup> (1994). Snow ecology: a report on a new initiative. *Can. Field-Natur.*, 108: 96-98.
- Jones, H. G., J. W. Pomeroy<sup>4</sup>, D. A. Walker<sup>4</sup> et R. A. Wharton<sup>4</sup> (1994). Snow ecology: a report on a new initiative. *Bull. Ecol. Soc. America*, 75: 29-31.
- Jones, H. G., J. W. Pomeroy<sup>4</sup>, D. A. Walker<sup>4</sup> et R. A. Wharton<sup>4</sup> (1994). Snow ecology: a report on a new initiative. *EOS*, 75: 162-63.
- Leclerc, M. (1994). La modélisation des microhabitats: aspects dynamiques. Dans: *4e Journée des éléments finis*. mai 1994.
- Morin, J., P. Boudreau et M. Leclerc (1994). Contrôle de l'écoulement dans le lac Saint-François: analyse des facteurs physiques et des modifications anthropiques. Dans: *Conférence annuelle "Réhabilitation de l'écosystème Saint-Laurent"*. Cornwall, Ontario, juin 1994. Saint-Lawrence College.
- Rasmussen, P. F. (1994). Comparison of regional flood frequency procedures: a Bayesian approach. Dans: *Atelier sur la régionalisation des crues par les méthodes statistiques*. Tunis, Tunisie, décembre 1994. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT).
- Rasmussen, P. F., B. Bobée et L. Mathier (1994). The GEV index flood method for regional flood estimation. Dans: *Atelier sur la régionalisation des crues par les méthodes statistiques*. Tunis, Tunisie, décembre 1994. École nationale d'ingénieurs de Tunis (ÉNIT).
- Wendling, P. et D. Couillard (1994). Étude de la lixiviation de résidus d'incinération de déchets municipaux bruts et traités, soumis à des pluies acides. Dans: *62e Congrès de l'ACFAS*. vol. 62, pp. 362. Montréal, mai 1994. Université du Québec à Montréal, Recueil des résumés de communications.

## 5.4 Communications ou publications sans arbitrage

- Couillard, D. (1994). Nos leaders scientifiques de l'année. *INRS Nouvelles*, 9(1): 2.
- Couillard, D. (1994). Why peat is useful as water treatment? *Water Tech. News*, 2(4): 10.

Wendling, P. et D. Couillard (1994). Mobilization of metals from municipal solid waste incineration ashes by a simulated acid rain. Dans: *Environmental Science and Engineering Research Seminar*. Gananoque, Ontario, février 1994.

## 5.5 Rapports de recherche

Blais, J. F. et J. L. Sasseville (1994). *Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau. État de l'art du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d'usines d'épuration municipales*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 429). Québec, INRS-Eau, 125 pages.

Boudreau, P., J. Morin, Y. Secretan, M. Leclerc, G. Drapeau<sup>4</sup> et Y. Chiasson<sup>4</sup> (1995). *Étude par modélisation hydrodynamique de solutions visant la restauration de la plage de la baie De la Faim, lac Saint-François*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 437). Québec, INRS-Eau, 40 pages..

Cluis, D. et E. Quentin (1995). *Géomatique agricole*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 394). Québec, INRS-Eau, 2 volumes.

Cluis, D., E. Quentin et R. Simard<sup>4</sup> (1994). *Effets à long terme de l'épandage de grandes quantités de fumier sur le potentiel de rétention du phosphore par les sols du bassin versant de la rivière Beauvillage*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 428). Québec, INRS-Eau, 105 pages, + annexes.

Cluis, D. et C. Laberge (1995). *Linear trend detection and statistical power analysis. Lakes from Sudbury area (1983-1994)*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 439). Québec, INRS-Eau, 155 pages.

Couillard, D. et P. Chouinard (1994). *Valorisation des boues d'épuration des eaux usées urbaines (liquides ou séchées): étude de leur effet sur la productivité des érablières et des plantations d'arbres de Noël et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 438). Québec, INRS-Eau, 404 pages.

Couillard, D., J. Bourgoïn, M. Chartier et G. Roberge (1995). *Décontamination des cendres volantes d'incinérateur de déchets municipaux*. (INRS-Eau, Rapport de recherche 440). Québec, INRS-Eau, 196 pages, + annexes. Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la recherche et des technologies environnementales. Rapport confidentiel

Fortin, J. P., M. Bernier et Y. Gauthier (1995). *Traitement d'images ERS-1 pour la prévision hydrologique - 2e rapport d'étape*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 413-2). Québec, INRS-Eau, 44 pages.

Haché, M., B. Larouche, L. Perreault, L. Mathier et B. Bobée (1994). *Validation des apports non contrôlés historiques*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 423). Québec, INRS-Eau, 104 pages.

Lachance, M., M. Boies<sup>4</sup>, M. Crispin<sup>4</sup> et R. Lalumière<sup>4</sup> (1994). *Cartographie de l'habitat du poisson et des ressources halieutiques de la baie des Chaleurs au moyen du logiciel SPANS*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 430). Québec, INRS-Eau, 56 pages.

Lachance, M., M. Boies<sup>4</sup>, R. Lalumière<sup>4</sup> et Lemieux (1995). *Mise à jour de l'information et cartographie de l'habitat du poisson et de ressources halieutiques de la baie James et de la baie d'Hudson*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 447). Québec, INRS-Eau, 26 pages, 5 annexes.

Lafrance, P., O. Banton et F. I. Bernard<sup>4</sup> (1995). *Évaluation environnementale des pratiques culturales sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides - phase no 5*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 390). Québec, INRS-Eau, 117 pages.

Mathier, L., J. P. Fortin, B. Bobée et L. Perreault (1994). *Probable maximum precipitation (PMP) in boreal regions - phase III: analysis of rainfall data from automatic stations in Canada*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 410). Québec, INRS-Eau, 28 pages.

Mathier, L., R. Roy, L. Perreault et B. Bobée (1994). *Estimation régionale des débits de crue: détermination des régions homogènes par la méthode des régions d'influence*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 420). Québec, INRS-Eau, 33 pages.

Morin, J., P. Boudreau et M. Leclerc (1994). *Réhabilitation de l'écosystème du Saint-Laurent, lac Saint-François: les bases de la modélisation hydrodynamique*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 412). Québec, INRS-Eau, 68 pages.

Perreault, L., B. Bobée et P. Legendre<sup>4</sup> (1994). *Rapport général du logiciel AJUSTE-II: théorie et application*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 421). Québec, INRS-Eau, 92 pages.

Perreault, L., B. Bobée, P. Bruneau et L. Mathier (1994). *Rapport général du logiciel RéMuS: théorie*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 422). Québec, INRS-Eau, 63 pages.

- Rasmussen, P. F., L. Mathier, J. Salas<sup>4</sup>, L. Fagherazzi<sup>4</sup> et J. C. Rassam<sup>4</sup> (1995). *Calibration of a multivariate PARMA model for the Ottawa river system*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 432). Québec, INRS-Eau, 77 pages.
- Rasmussen, P. F., L. Mathier, H. Perron, T. Ouarda, F. Ashkar<sup>5</sup>, B. Bobée et J. Bernier<sup>4</sup> (1995). *Résultats d'une intercomparaison de modèles d'estimation régionale de crue*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 436). Québec, INRS-Eau, 80 pages.
- Sasseville, J. L. et J. Nolet (Eds.), (1994). *Méthodologie d'évaluation et choix stratégiques dans la gestion des surplus de fumiers et lisiers*. J. L. Sasseville, C. Dutil<sup>4</sup>, O. Banton, J. Y. Drolet<sup>4</sup>, J. Nolet, G. Gagné<sup>4</sup>, J. P. Dutil<sup>4</sup> et S. Lavoie, (équipe de recherche). (INRS-Eau, Rapport de recherche: 374). Québec, INRS-Eau, 7 volumes.
- Villeneuve, J. P., J. P. Fortin, A. Mailhot, K. Mamouny et M. Montminy (1995). *Projet GIBSI phase I: analyse des besoins*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 416). Québec, INRS-Eau, 154 pages, 11 annexes.

## 5.6 Rapports internes

- Fortin, C. et J. Gauthier (1995). *Constantes de formation et différences d'enthalpie pour divers complexes métalliques: comparaison de différentes bases de données*. (INRS-Eau, Rapport interne: 136). 12 pages, 2 annexes.
- Haché, M., P. F. Rasmussen, G. Cavadias<sup>4</sup>, L. Fagherazzi<sup>4</sup> et J. C. Rassam<sup>4</sup> (1995). *The multivariate seasonal flow simulation model SVD: application to the Ottawa river system*. (INRS-Eau, Rapport interne: 133). Québec, INRS-Eau, 22 pages.
- Mathier, L., P. F. Rasmussen, L. Fagherazzi<sup>4</sup> et J. C. Rassam<sup>4</sup> (1995). *Spatial aggregation of sub-basins in the Ottawa river system*. (INRS-Eau, Rapport interne: 132). Québec, INRS-Eau, 15 pages.
- Ouellet, M. et P. Pagé<sup>4</sup> (1994). *La réhabilitation de carrières par l'aménagement des lacs artificiels*. (INRS-Eau, Rapport interne: 129). Québec, INRS-Eau, 11 pages.
- Rasmussen, P. F. (1994). *A regional index flood procedure based on partial duration series*. (INRS-Eau, Rapport interne: 134). Québec, INRS-Eau, 17 pages.
- Rasmussen, P. F. (1994). *The index flood method for regional estimation of T-year events*. (INRS-Eau, Rapport interne: 135). Québec, INRS-Eau, 15 pages.

## 5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise

- Aubé, F. (1994) *Photoréduction du fer dans la colonne d'eau en milieu lacustre*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 127 pages.  
**Directeur: Tessier, A.**
- Devarences, G. (1994) *Effet de la neige artificielle sur des écosystèmes montagneux*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 66 pages.  
**Directeur: Jones, H.G.**
- Duchesneau, M. (1993) *Échange neige-atmosphère et profil physico-chimique de la neige en période froide (<0°C)*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 127 pages.  
**Directeur: Jones, H.G.**
- Fortin, V. (1994) *Une méthode rationnelle de comparaison des distributions de crue*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 105 pages.  
**Directeur: Bobée, B.**
- Ouellet, J. (1994) *Mise au point d'un logiciel de contrôle des procédés de traitement des eaux usées (unité de biofiltration)*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 282 pages.  
**Directeur: Villeneuve, J. P.**
- Roy, R. (1993) *Régionalisation des caractéristiques de crue - utilisation d'une méthode combinant les approches déterministes et stochastiques*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 275 pages.  
**Directeur: Bobée, B.**  
**Codirecteurs: Ashkar, F., Cavadias, G.**
- Vachon, A. (1995). *Les plantes aquatiques comme bioindicateurs de la contamination du système Saint-Laurent en métaux toxiques*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 155 pages.  
**Directeur: Campbell, P.G.C.**
- Wendling, P. (1994) *Lixiviation des métaux lourds dans les résidus d'incinération de déchets municipaux, bruts et traités, soumis à l'action des pluies acides*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 152 pages.  
**Directeur: Couillard, D.**

## 5.8 Publications diverses

- Bernier, M., J. P. Fortin, Y. Gauthier, Y. Moisan et M. Chum (1994). La surveillance du couvert de neige. Dans: *Projet de recherche sur l'exploitation des données image radar (PREDIR)*. pp. 45-59. Sainte-Foy, Université Laval, mars 1994.
- Bernier, M., P. Vincent, C. Desmarais, J. P. Fortin et Y. Gauthier (1994). La détection du gel dans les luzernières. Dans: *Projet de recherche sur l'exploitation des données image radar (PREDIR)*. pp. 63-67. Sainte-Foy, Université Laval, mars 1994.
- Blais, J. F., N. Meunier, J. L. Sasseville, G. Mercier et D. Couillard (1995). *Procédé chimique de décontamination des boues d'épuration municipales*. (INRS-Eau, Déclaration d'invention). Québec, INRS-Eau.
- Boudreau, P., Y. Secretan, F. Padilla et M. Leclerc (1994). *HYDROSIM V2.0 - Manuel scientifique*. (INRS-Eau, Manuel de logiciel en informatique: 25). Québec, INRS-Eau.
- Boulerhcha<sup>4</sup>, M., G. Dhatt et Y. Secretan (1994). Écoulement eulérien par éléments finis. Dans: *Éléments finis des fluides*. Marseille, École d'été CNRS, juin-juillet 1994.
- Chambaz, H. (1994). *Étude de synthèse des méthodes statistiques de détection de tendance et leurs applications aux changements climatiques*. (INRS-Eau, Mini-projet: 18). 54 pages.
- Couillard, D., G. Mercier, G. Roberge, M. Chartier, J. F. Blais et J. L. Sasseville (1995). *Procédé biologique au FeSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O pour la décontamination des boues résiduaires d'assainissement des eaux usées urbaines*. (INRS-Eau, Déclaration d'invention). Québec, INRS-Eau.
- Lalonde, S., Y. Secretan et M. Leclerc (1994). *HYDROSIM V2.0 - Manuel de l'utilisateur*. (INRS-Eau, Manuel de logiciel en informatique: 26). Québec, INRS-Eau, n.p.
- Leclerc, M. et P. F. Rasmussen (1994). *Risques environnementaux, débits réservés en aval des ouvrages hydroélectriques et gestion des populations salmonicoles en Scandinavie*. (INRS-Eau, Rapport de mission). Québec, INRS-Eau, 18 pages et annexes.
- L'Heureux, M. J., A. Houde, Y. Secretan, M. Hughes et M. Leclerc (1994). *PANACHE V2.0 - Manuel scientifique*. (INRS-Eau, Manuel de logiciel en informatique: 28). Québec, INRS-Eau, n.p.
- Padilla, F., Y. Secretan, P. Boudreau et M. Leclerc (1994). *DISPERSIM V1.0 - Manuel scientifique*. (INRS-Eau, Manuel de logiciel en informatique: 27). Québec, INRS-Eau, n.p.
- Rasmussen, P. F., J. Bernier, L. Mathier et B. Bobée (1995). *Comparison of regional flood frequency procedures: a Bayesian approach*. (INRS-Eau, Rapport technique). Québec, INRS-Eau, 19 pages.

## **5.9 Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1994-1995**

5.0 Rapport annuel	1
5.1 Articles publiés dans des revues scientifiques	41
5.2 Livres ou ouvrages collectifs	10
5.3 Communications avec arbitrage	51
5.4 Communications ou publications sans arbitrage	14
5.5 Rapports de recherche	20
5.6 Rapports internes	6
5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	8
5.8 Publications diverses	12
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>

## 6 SÉMINAIRES ET COLLOQUES

---

En 1994-1995, le professeur Peter G.C. CAMPBELL 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.

**H. DUTHIE**

"The use of diatoms to infer lake paleo-depth"  
1er juin

**F. CARON**

"L'enfouissement définitif des déchets radioactifs à bas niveaux"  
21 septembre

**Y. RICHARD**

"Intégrité biotique des écosystèmes fluviaux au Québec"  
25 octobre

**S. DEMORA**

"Aqueous geochemistry of natural water systems in Antarctica"  
30 novembre

**R. ROY**

"Hydro-Québec et ses activités internationales"  
20 janvier

**U. LALL**

"Dynamics of the Great Salt Lake : climatic connections, system identification, predictability and forecasting"  
10 février

**J.-C. AMIARD**

"Importance des formes physico-chimiques de stockage (métalloprotéines; concrétions minérales) dans la toxicité des métaux"  
27 février

**K. TELMER**

"Chemical dynamics of the Ottawa River and its tributaries"  
8 mars

**L. BERGSTROM**

"Pesticide mobility in soils : Do lab measurements really predict what happens in the field?"

10 mars

**J. LEI**

"Traitement *in situ* des sols et des eaux souterraines contaminés par les hydrocarbures légers"

15 mars

**J. REINFELDER**

"Accumulation of trace elements from food by aquatic animals"

17 mars

**F. BONN**

"Télétection, géomatique et conservation des sols"

24 mars

**H. T. SHEN**

"River ice : physical processes and mathematical models"

31 mars

**D. DITORO**

"Bioavailability of organic contaminants and metals sediments : application to sediment quality criteria"

7 avril

**I. GUAY**

"Les critères de qualité de l'eau : fondements et application"

19 avril

**D. COSSA**

"Le cycle du mercure en mer Méditerranée"

26 avril

**K.W. HIPEL**

"The graph model for conflict resolution and the decision support system GMCR"

11 mai

**A. TOMA**

Variabilité spatio-temporelle des champs de précipitations"

12 mai



# 7 SERVICES

---

## 7.1 Administration

Au cours de l'année 1994-1995, quelques réaménagements ont eu lieu à l'intérieur du service administratif du Centre. D'abord, les approvisionnements ont fait l'objet d'une restructuration au niveau de l'attribution des tâches reliées à ce secteur d'activités. En effet, la responsabilité des opérations courantes relatives aux achats, c'est-à-dire la préparation et le suivi des demandes d'achat, des bons de commande et des demandes de paiement, a été confiée à une seule et même personne.

Dans un deuxième temps, toujours dans le but de poursuivre son objectif de rationalisation, une évaluation du service administratif du centre INRS-Eau a été commandée. Cette étude a confirmé les réaménagements apportés au secteur des approvisionnements, en plus de suggérer d'autres recommandations. Ces dernières concernent notamment les tâches reliées à la gestion des dossiers des ressources humaines, la gestion des revenus externes ainsi que la préparation, la révision et le suivi du budget; elles devraient être mises en application au cours de la prochaine année.

L'année 1994-1995 s'est déroulée dans un contexte de contraintes budgétaires; afin d'en arriver à un meilleur équilibre de notre budget de fonctionnement, des efforts supplémentaires ont été mis sur le suivi des revenus et sur un contrôle serré des dépenses.

En plus de fournir au directeur un support pour la gestion administrative et financière du Centre, le service répond aux demandes du personnel de recherche, de la clientèle étudiante et des responsables de service pour toutes les questions concernant la gestion administrative.

## 7.2 Documentation

L'année 1994-1995 du Service de documentation a surtout été marquée par un travail important de traitement d'une partie de notre collection qui n'était pas encore cataloguée. De plus, nous avons débuté l'incorporation de quelques collections spéciales (documents originant d'Hydro-Québec, traitement individuel des monographies périodiques (actes de conférence publiés dans des périodiques), etc). Notons également qu'un inventaire majeur de notre collection (volumes prêtés ou non) a été effectué; le rapport final devrait être bientôt terminé.

Au plan des statistiques bibliothéconomiques, le nombre de documents demandés via le prêt-entre-bibliothèques a été de 1695 (141/mois), une baisse apparente de plus de 2000 (50%). Toutefois, la manière de comptabiliser ces demandes de documents ayant été modifiée, la baisse réelle se situe plutôt aux alentours de 25%. Elle est probablement attribuable à la taille plus réduite de plusieurs équipes de recherche. Le nombre de base de données accessibles localement est passé de 15 à 16 (sur CD-ROM ou sur disque rigide).

La disparition d'un service spécifique de reprographie a entraîné le transfert d'un poste dans un autre service et permis d'améliorer la productivité du Service de documentation en tant que tel. Ainsi, l'implication de notre équipe dans des dossiers qui ne sont pas à proprement parler bibliothéconomiques mais qui relèvent d'un service d'information s'est accentuée. En effet, le Service est désormais distributeur (pour les Amériques) de la Revue des Sciences de l'Eau. Deux sites WWW sont également en projet, le premier pour l'Institut et le second pour la revue scientifique. Par ailleurs, la formation des usagers à une utilisation optimale de l'Internet ou à la gestion bibliographique a encore occupé une place importante. Nous avons, par exemple, assuré le suivi technique avec une des principales équipes de recherche pour la constitution d'une base de données bibliographiques communes à tous les membres de cette équipe. En ce qui concerne le cours crédité d'initiation à la recherche documentaire, l'expérience débutée l'an dernier a été poursuivie avec succès et le contenu du cours amélioré en fonction des besoins de notre clientèle d'étudiant-e-s gradué-e-s.

## 7.3 Informatique

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.

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

après des usagers, ainsi que l'entretien de l'équipement. S'est ajoutée cette année la gestion des photocopieurs et des télécopieurs (Fax). Les applications de l'informatique aux divers programmes de recherche sont assurées par plusieurs informaticiens rattachés aux équipes de recherche et spécialisés dans les domaines propres aux projets des chercheurs. La fonction bureautique est assurée par quatre secrétaires également rattachées aux équipes de recherche.

Le Service d'informatique comptait cette année sur une équipe polyvalente: outre le responsable, notons la présence d'un technicien, remplacé en cours d'année par un agent de bureau à plein temps et une secrétaire à temps partagé. Notons aussi la participation d'un stagiaire, ainsi que la collaboration d'informaticiens de recherche, spécialistes des environnements UNIX et OS/2. Les efforts concertés de ces personnes, conjugués aux conseils de spécialistes du Service des télécommunications de l'Université du Québec, ont permis d'implanter la gestion du courrier électronique, tant interne qu'externe, sur une plate-forme SUN/UNIX dédiée, de rendre accessibles aux usagers externes les services de base offerts par TCP/IP (telnet, FTP, E-mail, accès aux forums externes, ...) en mode SLIP, de permettre à chaque usager de gérer son courrier électronique sur son propre PC, tant sous Windows que sous OS/2, à partir du réseau local. Notons aussi les débuts d'implantation d'un site "Web" pour l'INRS-Eau et des tests de transmission à haute vitesse avec l'Université du Québec.

Nous prévoyons, pour la prochaine année, mettre l'accent sur l'implantation d'un lien à 2 Mégabits de type WaveLan entre l'Université du Québec, le Complexe scientifique et le Carrefour Molson, sur le remplacement d'équipements de télécommunications, tels le serveur de liens (en mode terminal, SLIP ou PPP) et l'addition de "modems" à 28,8 Kbps en cascade. L'implantation de Windows 95 occupera sans doute une bonne part de nos efforts, quand sa compatibilité avec les logiciels comme WordPerfect ou QuattroPro sera confirmée. Seront également au menu de nos réalisations pour 1995-1996 l'implantation d'un site "Web", en collaboration avec le service de documentation, et la restructuration de la base de données en télécommunication, dans le but de l'étendre à la gestion des usagers, ainsi qu'à l'accès aux locaux.

## 7.4 Laboratoires

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

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

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

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

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

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

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



## **8 RAPPORT FINANCIER**

---

Pour l'exercice terminé le 31 mai

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

#### **REVENUS**

Total des revenus institutionnels		3 405
Autres revenus		319
Subventions de recherche		
CRSNG	1 423	
FCAR	237	
Autres sources	1 118	
Total des subventions		2 778
Contrats de recherche		1 572
<b>TOTAL DES REVENUS</b>		<b>8 074</b>

#### **DÉPENSES**

Recherche et enseignement		5 833
Soutien à la recherche et à l'enseignement		
Frais généraux d'administration	776	
Documentation et édition	250	
Direction du Centre	112	
Informatique	157	
Laboratoire	167	
Terrains et bâtiment	741	
Total soutien à la recherche et à l'enseignement		2 203
<b>TOTAL DES DÉPENSES</b>		<b>8 036</b>
<b>SURPLUS (DÉFICIT)</b>		<b>38</b>

Pour l'exercice terminé le 31 mai

DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x1000)

	Salaires, avantages sociaux et bourses	Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel	Services professionnels, contractuels et publics; loyer	TOTAL
Recherche & enseignement F-3	1926	15	32	1973
Recherche & enseignement F-4	2526	862	472	3860
Frais généraux d'administration	479	138	159	776
Documentation et édition	164	83	3	250
Direction du Centre	93	16	3	112
Informatique	97	12	48	157
Laboratoires	92	55	20	167
Terrains et bâtiments			741	741
<b>TOTAL</b>	<b>5377</b>	<b>1181</b>	<b>1478</b>	<b>8036</b>

DÉPENSES FONCTION UNIVERSITAIRE X1000

