

## **VINGT-CINQUIÈME RAPPORT ANNUEL**

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

**Décembre 1994**



# 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 .....	17
3.2	Biogéochimie .....	19
3.2.1	Eaux de surface .....	19
3.2.2	Eaux souterraines .....	20
3.2.3	Eaux atmosphériques .....	22
3.2.4	Sédiments .....	22
3.2.5	Sol (bassin versant) .....	25
3.2.6	Ichtyologie - Étude et gestion des habitats .....	25
3.3	Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales .....	28
3.3.1	Boues .....	28
3.3.2	Rejets miniers .....	29
3.3.3	Contrôle .....	29
3.3.4	Métaux .....	32
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 .....	39
5.3	Communications avec arbitrage .....	40
5.4	Communications ou publications sans arbitrage .....	46
5.5	Rapports de recherche .....	47
5.6	Rapports internes .....	50
5.7	Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise .....	50
5.8	Publications diverses .....	52
5.9	Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1993-1994 .....	52
6	SÉMINAIRES ET COLLOQUES .....	53
7	SERVICES .....	55
7.1	Administration .....	55
7.2	Documentation .....	55
7.3	Informatique .....	55
7.4	Laboratoires .....	56
8	RAPPORT FINANCIER .....	57



# 1 RAPPORT DU DIRECTEUR

---

## Faits saillants

Au cours de la dernière année, les chercheurs du Centre ont terminé ce qui s'avérera une des grandes aventures scientifiques de l'INRS-Eau. Nous devons être fiers des chercheurs du Centre qui ont mené à bien les deux projets d'envergure financés dans le cadre d'appels publics à l'épargne (APE). Ces projets ont demandé à plusieurs chercheurs du Centre un effort important et une discipline peu commune pour atteindre les objectifs fixés et respecter les échéances. Ceux-ci se sont impliqués avec dévouement et sans jamais compter leur temps. Nous devons les en féliciter et les en remercier. Et ce, d'autant plus que ces projets auront permis dans un court laps de temps un accroissement très significatif de notre expertise et de nos connaissances dans les domaines des biotechnologies et du génie des logiciels appliqué aux sciences de l'eau. Ces acquis, par leur ampleur et leurs qualités, positionnent actuellement notre Centre comme un acteur important dans ces domaines.

En plus des travaux effectués dans le cadre des APE, les chercheurs ont poursuivi leurs activités régulières de recherche, tant subventionnées que commanditées. Ces activités de recherche se sont poursuivies dans les domaines définis dans la programmation scientifique du Centre. Au total, plus de 87 projets de recherche étaient en cours cette dernière année. De nouveaux projets se sont vus subventionnés par le CRSNG dans le cadre du programme de partenariat de recherche (industrie) et de subventions stratégiques.

L'enseignement universitaire a lui aussi motivé une part importante des activités réalisées à l'INRS-Eau. En effet, le Centre a accueilli 40 étudiants au doctorat et 25 à la maîtrise. De ce nombre, 12 étaient nouvellement inscrits à la maîtrise. Le nombre d'étudiants qui ont gradué a été de 12 à la maîtrise et de 5 au doctorat. Les modifications et les aménagements résultant de l'évaluation de notre programme de maîtrise et de doctorat ont été mis en place. De plus, la proposition du Centre de créer un nouveau programme de maîtrise professionnel a reçu l'aval de l'Université du Québec, de telle sorte que le programme a débuté officiellement le 9 février 1994 et que trois étudiants s'y sont inscrits. Ce nouveau

programme, par son contenu, se veut une ouverture pour ceux ayant une expérience de travail mais qui n'ont pas de formation spécifique en sciences de l'eau et de l'environnement. Il se veut aussi, par la flexibilité de l'horaire des cours qui y sont offerts, un moyen de mettre en oeuvre un programme de formation continue.

La chaire en hydrologie statistique subventionnée conjointement par le CRSNG, l'Hydro-Québec et l'INRS s'est mise en route comme prévu dans le plan qui avait été proposé aux partenaires. La planification des travaux à long terme a été réalisée. La poursuite des activités de recherche a permis d'atteindre les objectifs 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 professeur, monsieur Peter F. Rasmussen, y a été recruté.

Cette année 1993-1994 a encore été marquée par la nécessité d'accroître l'autofinancement des activités de recherche. Les revenus extérieurs dépensés ont totalisé la somme de 5 345 905 \$. Ces sommes sont équivalentes à 64% des dépenses de fonctionnement du Centre pour l'année 93-94 (figure 1). Ces revenus extérieurs proviennent de subventions pour un montant de 2 782 232 \$ et de contrats de recherche pour un montant 2 467 800 \$. Les principaux organismes subventionnaires qui nous ont soutenus sont le fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR), 291 038 \$ ; le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), 1 409 654 \$ ; le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 580 275 \$ (figure 2). Les contrats de recherche viennent de différentes sources ; notons entre autres : Hydro-Québec, 137 478 \$ ; la firme BPR et la Communauté urbaine de Québec, 196 189 \$ ; Tembec, 66 569 \$ ; et le ministère de l'Environnement du Canada, 39 703 \$.

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 retrouve actuellement placé la recherche et le développement scientifique.

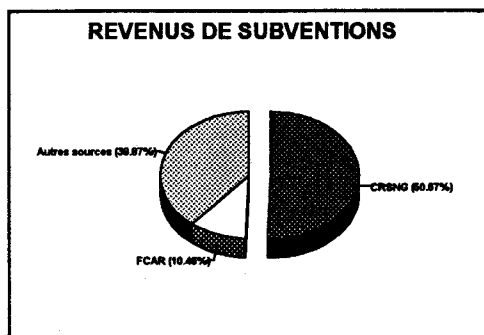


Figure 1

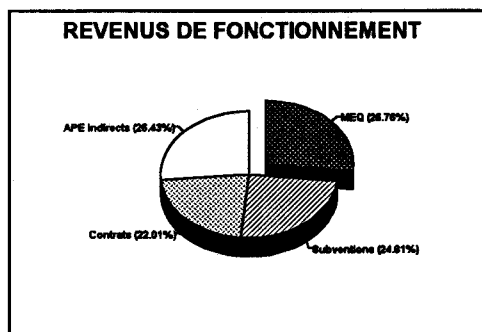


Figure 2

Nous devons noter aussi que le corps professoral s'est accru et qu'il comprend entre autres trois professeurs sous octroi, Mme Monique Bernier, M. Louis Bernatchez et M. Peter F. Rasmussen.

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

**B - Biogéochimie :** Les recherches dans ce programme visent (i) la compréhension et la modélisation des réactions (géo)chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques ; pesticides ; N ; S) dans un bassin versant, (ii) l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances, et (iii) la

détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire ; organisme individuel ; population ; communauté). Menés aussi bien au laboratoire que sur le terrain, les travaux portent sur l'écotoxicologie de contaminants et sur la dynamique des éléments nutritifs. Dans le premier cas, on étudie le comportement de contaminants (métaux traces ; pesticides) dans la colonne d'eau, à l'interface eau-sédiment et dans les eaux souterraines. Les résultats de ces recherches servent à raffiner des modèles conceptuels du comportement des contaminants dans divers milieux ; il existe ici des liens importants avec le programme d'hydrologie (modélisation des écoulements). D'autres travaux visent à définir des méthodes d'évaluation des risques liés à la présence de contaminants dans l'environnement. Il s'agit d'étudier les mécanismes de bioaccumulation des contaminants et de leur détoxification, et d'identifier des indicateurs biochimiques de "stress environnementaux". Les recherches sur la dynamique des éléments nutritifs portent sur les cycles du soufre et de l'azote dans les écosystèmes forestiers et lacustres, milieux fortement perturbés par l'augmentation des apports atmosphériques. Des études particulières sont consacrées aux transformations de ces éléments dans la neige et le sol.

**C - Assainissement.** Ce programme comporte à la fois des recherches à caractère technologique et des études sur les aspects administratifs et institutionnels du contrôle de la pollution. Dans le premier axe, orienté vers les technologies environnementales, le Centre met beaucoup d'accent sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Ces boues étant contaminées en métaux toxiques, cette valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci ; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme "Biogéochimie", il existe ici des liens inter-programme importants. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers ; soulignons de nouveau le lien avec le programme B. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils informatiques et des modèles d'aide à la décision susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagements et les décisions concernant le contrôle de la pollution de l'eau. Parmi les applications les plus directes de ces dernières recherches, mentionnons celles qui touchent la

localisation et l'optimisation des usines d'assainissement, l'élaboration de stratégies de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs, ainsi que la gestion des réseaux et d'égouts sanitaires.

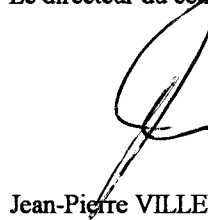
## Conclusion

Comme objectif prioritaire, nous avons poursuivi l'application de nos travaux à la solution des problèmes qui touchent notre société et nous avons continué nos efforts pour la formation de chercheurs et de spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement. Sur le plan scientifique, les projets d'APE ont amené une activité fébrile en R&D et transfert technologique. Ils se sont terminés selon les échéances et les objectifs fixés ont été pleinement atteints. Sur le plan de l'enseignement, nous avons mis en route le programme de maîtrise professionnelle. Globalement le Centre a encore connu une excellente année pour ses activités scientifiques et d'enseignement. Sur le plan financier, grâce aux efforts soutenus des chercheurs, les objectifs budgétaires ont été dépassés.

Il demeure cependant une ombre majeure au fonctionnement harmonieux du Centre : la localisation du personnel en deux lieux différents et le manque d'espace de recherche et de laboratoire. Au cours de la prochaine année nous poursuivrons nos efforts pour la solution du problème des locaux.

Enfin en janvier 1994, le mandat du Directeur de l'INRS-Eau a été renouvelé pour une période de quatre ans. C'est avec enthousiasme, courage, détermination et dévouement que le Directeur a entrepris son second mandat.

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  
Monique BERNIER  
Bernard BOBÉE  
Peter G.C. CAMPBELL  
Richard CARIGNAN  
Daniel CLUIS  
Denis COUILLARD  
Pierre COUTURE<sup>1</sup>  
Jean-Pierre FORTIN  
Landis HARE  
H. Gerald JONES  
Marius LACHANCE  
Pierre LAFRANCE  
Michel LECLERC  
Guy MORIN  
Marcel OUELLET  
Peter Funder RASMUSSEN  
Jean-Louis SASSEVILLE  
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  
Sam HAMAD, Roche limitée  
Marcel PINEAU, SNC-Lavallin

#### **Associés de recherche**

Jean-François BLAIS  
Richard De VITRE  
Louis MATHIER  
Francisco PADILLA  
Yves SECRETAN

#### **Stagiaires et boursiers postdoctoraux**

Hossine AMOKRANE  
Jose BÉCHARA<sup>1</sup>  
Juan Antonio GARCIA<sup>1</sup>  
Laurent GRANIER<sup>1</sup>, CRSNG<sup>2</sup>  
Nassiba HAMMOU  
Salvador JORDANA<sup>1</sup>  
Rabia LEBCIR<sup>1</sup>  
Alain MAILHOT  
Jean-Philippe RABOUD<sup>1</sup>  
T.R. SREEKRISHNAN  
Milutin STOJANOVIC

#### **Personnel de recherche**

Louis-Marie BARRETTE<sup>1</sup>  
Stéphanie BAZIN<sup>1</sup>  
Paul BOUDREAU  
Jacques BOURGET  
Josée BOURGOIN  
Claude BÉDARD  
Pierre CHOUINARD  
Myriam CHARTIER<sup>1</sup>  
Pierre D'ARCY<sup>1</sup>  
Marie-Renée DOYON  
Josée FITZBACK  
Langis GAGNON<sup>1</sup>

---

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

<sup>2</sup> Boursier ou boursière.

Éric GAUME<sup>1</sup>  
 Céline GAUTHIER<sup>1</sup>  
 Yves GAUTHIER  
 Guy GENEST  
 François GINGRAS<sup>1</sup>  
 Mario HACHÉ  
 André HOUDE  
 Jacynthe LAREAU<sup>1</sup>  
 Marie LAROCQUE  
 Bernard LEBLANC<sup>1</sup>  
 Elaine LEBLANC<sup>1</sup>  
 Marie-Josée L'HEUREUX  
 Ronxuang LI<sup>1</sup>  
 Khalil MAMOUNY  
 Yves MARCHAND<sup>1</sup>  
 Christian MARCOUX<sup>1</sup>  
 Sylvain MARTIN  
 Serge MASSICOTTE  
 Guy MERCIER  
 Nathalie MEUNIER<sup>1</sup>  
 Martin MONTMINY  
 Jean NOLET<sup>1</sup>  
 Pierre PAQUET  
 France PELLETIER<sup>1</sup>  
 Luc PERREAULT  
 Hugues PERRON  
 Lise POTVIN  
 Serge PROULX  
 Marie-Emmanuelle QUENTIN  
 Lise RANCOURT  
 Guy ROBERGE  
 Jean ROBERGE  
 Francis ROY  
 Esther SALVANO  
 Wanda SOCHANSKI  
 Daniel TESSIER<sup>1</sup>  
 Cyrille THILLOY<sup>1</sup>  
 Guy TREMBLAY<sup>1</sup>  
 Pierre TRUDEL  
 Pascale VACHON<sup>1</sup>

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

#### Administration

Jean-Léon DOYON  
**Denise DOYON-PAQUET<sup>3</sup>**  
 Ginette LÉGARÉ  
 Claire MIGNEAULT<sup>1</sup>  
 Nathalie PICHET

#### Secrétariat

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

#### Laboratoire

Paul BOISVERT  
 Danielle BOULANGER<sup>1</sup>  
 Pauline FOURNIER  
 Michelle GEOFFROY-BORDELEAU  
 Alain GOULET<sup>1</sup>  
 Martin LANGLOIS<sup>1</sup>  
 Isabelle LÉVESQUE<sup>1</sup>  
 Yves MARCHAND<sup>1</sup>  
 Brigitte PATRY  
**Stéfane PRÉMONT<sup>3</sup>**  
 René RODRIGUE  
 Sylvie ST-PIERRE  
 Bernard VEILLEUX

#### Documentation

Jean-Daniel BOURGAULT  
 Chantal PAQUIN  
 Alain POIRIER  
**Sophie RENAUD<sup>3</sup>**  
 Jocelyne ROBERGE

#### Cartographie

André PARENT

#### Informatique

Claude BLANCHETTE  
 Marc HUGUES  
**Jean LACROIX<sup>3</sup>**

### COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE

#### Étudiants à la maîtrise

Marie-Hélène APRIL  
 François AUBÉ, CRSNG<sup>2</sup>  
 Sophie BÉDARD, CRSNG  
 Angelo CHOUINARD, FCAR  
 Miroslav CHUM  
 Édouard CISHAHAYO, Burundi  
 Éric CORMIER  
 Michael CORMIER, CRSNG

<sup>3</sup> Responsable de service.

Isabelle COTÉ, CRSNG  
Christine DESNOYERS, FCAR  
Stéphane FORTIER  
Claude FORTIN  
Vincent FORTIN, CRSNG  
Pierre GAGNÉ, FCAR  
Stéphan GAGNON  
Martin GAMACHE, FCAR  
Joël GAUTHIER, FCAR  
Jean-Michel GOUIN  
Carmela GRANDE  
Marie-Claude GUIMOND, CRSNG  
Mireille LAPOINTE  
Richard LAPOINTE  
Suzanne LAVOIE, CRSNG  
Chantal MARCOTTE  
Sylvain MARTINEAU  
Caroline MULLER  
Catherine MUNGER, CRSNG  
Jacinthe PAQUET  
Dany PIGEON  
Elizabeth RAINVILLE  
Marie ROY, FCAR  
Martin SIMARD  
André VACHON  
Pascale WENDLING

***Étudiants au doctorat***

Irène ABI-ZEID, FCAR  
Suzanne BEAUCHEMIN, Éco-Recherche  
Hamel BENMOUSSA  
Paul BOUDREAULT, FCAR  
Bernard BOULANGER, CRSNG  
Oscar CAMARA-DURAN  
Hakim CHAMBAZ

Raynald CHASSÉ, FCAR  
Albert CRAIG  
Louise DESCHÈNES, FCAR  
Marie-Hélène DE SÈDE  
Marième DIALLO, Francophonie  
Bernard DOYON  
Yangguang DU  
Marc DUCHEMIN  
Mohammed ESSADAoui  
Diane FOURNIER, Éco-Recherche  
Hélène GLÉMET  
Daniel HOULE, FCAR  
Julien HOUNTIN  
Nlombi KIBI  
Riva KUNDE  
Rachid LABCHIR  
Claude LABERGE, CRSNG/FCAR  
Yves LEFEBVRE, FCAR  
Yvon MARANDA  
Patrick MARCEAU  
Michel MARTIN, FCAR  
Hacène MESSAOUDI  
Jean MORIN, CRSNG  
Yves PARISOT  
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 sexennale de l'INRS-Eau pour la période 1988-1994, des orientations et axes de recherche sont définis pour mieux refléter la réalité des activités du Centre. Les activités scientifiques sont regroupées en trois grands domaines de recherche :

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

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

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

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

### 3.1 Hydrologie

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 Beaurivage sur lesquels des déjections animales ont été épandues à des taux élevés depuis de nombreuses années, de modéliser le potentiel de rétention du phosphore par le sol et d'évaluer son niveau dans les sédiments de la rivière. / Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE) / Coll.: A. Pesant, M.-E. Quentin, R. Simard

*Marius LACHANCE*

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

Les objectifs de ce projet sont: (i) développer et adapter des méthodes statistiques multidimensionnelles 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. / CRSNG - Dépenses courantes

***Développement de cartes thématiques sur l'habitat du poisson aux Îles-de-la-Madeleine***

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

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

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

Le mandat du présent projet est de réaliser un traitement statistique des données concernant les métaux et de rédiger un rapport faisant état de la validité de ces dernières. Il s'agit plus précisément: (i) d'utiliser un fichier de base (stations témoins et principales, environ une cinquantaine couvrant la période de 1978 à 1992) fourni par la DQCE et incluant les résultats d'analyse des métaux (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn); (ii) de faire un historique de l'évolution des méthodes analytiques utilisées et de leurs limites de détection; (iii) de présenter graphiquement l'évolution globale dans le temps des limites de détection et des résultats d'analyse pour l'ensemble des stations et ce, pour chaque métal; (iv) de réaliser l'analyse des tendances temporelles pour chaque métal, dans un premier temps pour l'ensemble des stations et, dans un deuxième temps, pour les stations regroupées par région hydrographique; (v) et, donner un avis scientifique sur la validité des méthodes et des résultats d'analyse. / Ministère de l'Environnement du Québec / Coll.: P. Campbell

***Élaboration d'une méthodologie d'analyse de données écologiques***

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

***Mise à jour et orientation de l'information sur les habitats de poisson de la Baie-des-Chaleurs et du Nord du Québec***

Les travaux à réaliser se divisent en trois parties: 1) cartographie des ressources halieutiques et de leurs habitats dans la Baie James et le sud de la Baie d'Hudson; 2) mise à jour et numérisation des cartes de ressources dans la Baie-des-Chaleurs; 3) mise au point d'un plan 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. Greendale, R. Lalumière, G. Shooner

***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 suivi environnementaux pour la validation du modèle d'habitats, la productivité primaire et la génétique. / Hydro-Québec et 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.: P. Boudreau, Y. Secretan

***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***

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

L'objectif du programme est de comprendre les processus hydrologiques qui déterminent le positionnement des eaux de fonte printanière pour des bassins de tête forestiers situés en forêt boréale. L'objectif du projet est de déterminer l'effet du refroidissement nocturne de la température de l'air sur l'infiltration de l'eau de fonte sur l'hydrogramme. Cette recherche devrait améliorer les connaissances hydrologiques nécessaires au développement d'un modèle mathématique (mécanismes) qui pourra simuler et prédire le cheminement d'eau pendant la fonte printanière à l'échelle du bassin versant. La simulation va servir d'infrastructure de prédiction d'un modèle géochimique, applicable à la forêt boréale. / CRSNG - Dépenses courantes / Coll.: S. Proulx

***Modélisation de l'écoulement***

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. Notre attention a été concentrée sur l'infiltration dans les sols gelés ou partiellement gelés. La prédiction du type de gel et son effet sur l'infiltration doivent être élucidés pour améliorer la précision des modèles hydrologiques. Ainsi, durant les prochaines années, nous compléterons l'étude des mécanismes reliés au gel du sol. L'intégration de ces connaissances se fait par le développement, le couplage et la validation d'un modèle de fonte de la neige (SNOW17) et de génération de l'écoulement (VSAS2) à l'échelle du bassin. / FCAR Équipe - Université Laval / Coll.: P. Bernier, D. Gray, D. Lévesque, A. Plamondon, S. Proulx

### **Jean-Pierre VILLENEUVE**

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

Forts de l'expérience acquise, nous poursuivrons nos travaux dans les thèmes déjà développés précédemment. **Gestion optimale de la ressource eau d'un bassin:** Nous avons développé un modèle (prototype) du système rivière-aménagement. Cet outil mathématique permet d'effectuer les choix optimaux d'aménagement, en tenant compte des contraintes inhérentes au système eau-usage, et de la capacité auto-épuratrice du système rivière. Le prototype a été appliqué au bassin de la rivière Yamaska. Ce modèle d'optimisation du système eau-usage-aménagement tient compte des contraintes physiques, des technologies de traitement et des normes à respecter (quantité/qualité). On utilise une technique de programmation non linéaire adaptée pour la solution optimale du système. Nous désirons poursuivre le développement et généraliser la structure du prototype afin qu'il soit transposable. / CRSNG - Dépenses courantes

#### ***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, D. Cluis, M. Lachance, P. Lavallée, K. Mamouny, G. Morin, J. Stein, J.-L. Sasseville

### **3.1.2 Écoulements**

#### **Monique BERNIER**

#### ***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 des 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. / Fonds de développement technologique (programme SYNERGIE) / Coll.: J.-P. Fortin, Y. Gauthier, J. Stein

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

Les satellites européens ERS-1 (1991) et ERS-2 (1994) et le satellite canadien RADARSAT (1995) vont fournir une source continue d'images radar (RAS), en bande C, pour cette décennie. Étant indépendants de l'illumination du soleil ou de la couverture nuageuse, les satellites munis de RAS peuvent suivre régulièrement les paramètres du couvert nival. Cependant, il n'existe pas encore de méthode opérationnelle pour suivre l'évolution de la couverture de neige à l'aide des images RAS. Ce programme veut combler cette lacune en mettant au point un système de surveillance des paramètres du couvert de neige (son étendue, sa teneur en eau liquide, son équivalent en eau). Les sites expérimentaux seront les régions agricoles de La Pocatière et de Nicolet, au Québec ainsi que des



bassins forestiers gérés par Hydro-Québec. Des images RAS de deux types seront acquises, celles des satellites dont la résolution spatiale est de 30 m et celles du RAS-C/X aéroporté du Centre Canadien de télédétection dont la résolution spatiale est de 6 m. Lors de l'acquisition des données RAS plusieurs mesures de contrôle seront relevées au sol: profils du couvert nival, lignes de neige, température et constante diélectrique du sol, rugosité du terrain. / CRSNG - Demande de subvention de recherche reliée à l'obtention d'une bourse (1993-96) du Programme Professeurs-Boursières

**Bernard BOBÉE**

### **CHAIRE INDUSTRIELLE EN HYDROLOGIE STATISTIQUE**

**Responsable:**

Gilbert Neveu, directeur  
Hydro-Québec

**Comité avisur:**

Gilbert Neveu et Jean-Louis Bisson, secrétaire  
(Hydro-Québec)  
Jean-Pierre Villeneuve et Bernard Bobée  
(INRS-Eau)

**Financement:**

Hydro-Québec, CRSNG et INRS-Eau

#### **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. Plusieurs projets concernant la validation locale (à chaque site) des données hydrométriques ont été réalisés ou sont en cours de réalisation à Hydro-Québec. Cependant, 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 d'aide à la décision pour la validation globale, c'est-à-dire la cohérence des données hydrométriques aux

différents sites d'un même complexe hydroélectrique. Chargés de projet: L. Perreault (INRS-Eau) / J.-L. Bisson (Hydro-Québec) / Coll.: M. Haché, L. Mathier, L. Perreault et H. Perron (INRS-Eau) / P. Bruneau, M. Durocher, N. Kang (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 (la 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'information 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.

Ce projet permettra à Hydro-Québec de réévaluer: (i) la planification de ses équipements de production pour assurer l'adéquation entre l'offre et la demande hydroélectrique des années à venir et l'élaboration des stratégies d'exploitation pour divers scénarios; (ii) la planification de l'exportation d'énergie en cas d'excédents énergétiques et de l'importation de soutien en cas de déficits énergétiques. / Chargés de projet: L. Perreault (INRS-Eau) / J.-L. Bisson (Hydro-Québec) / Coll.: M. Haché, L. Mathier, M. Slivitzky (INRS-Eau) / D. Tremblay, G. Brosseau et P. Bruneau (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 qui pourrait être basé sur la logique floue 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.

De plus, nous allons effectuer une étude concernant les méthodes de caractérisation des crues, c'est-à-dire proposer une méthode qui permet de déterminer un hydrogramme synthétique (correspondant à une période de retour quelconque) à partir des hydrogrammes observés. 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. / Chargés de projet: H. Perron (INRS-Eau) / P. Bruneau (Hydro-Québec) / Coll.: P. F. Rasmussen, L. Perreault (INRS-Eau) / D. Sparks, G. Brosseau et J.-L. Bisson (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. / Chargés de projet: P. F. Rasmussen (INRS-Eau) / L. Fagherazzi (Hydro-Québec) / Coll.: L. Mathier, M. Haché, B. Bobée (INRS-Eau) / J.-C. Rassam (Hydro-Québec)

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

Ce projet débutera en 1995.

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

Ce projet débutera en 1995.

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

Compte tenu des lacunes observées dans les programmes actuels REMUL et HEC-4: (i) non-examen systématique de la normalité (hypothèses a priori que les débits mensuels sont distribués suivant la loi log-normale ou la loi log-Pearson type 3, hypothèses qui ne sont pas vérifiées); (ii) non-prise en compte de la structure de dépendance des variables indépendantes.

L'objectif de ce projet est de construire un modèle de simulation et de génération des données hydrologiques mensuelles qui: (i) comble les lacunes précédemment décrites; (ii) soit d'un usage simple, souple et efficace compte tenu de son emploi fréquent pour divers usages.

Le modèle proposé, qui rassemblera l'ensemble des recherches effectuées, sera programmé en Pascal (programme REMUS) afin d'être utilisé sur un micro-ordinateur. / CRSNG - Programme de partenariats de recherche (Hydro-Québec) / Chargés de projet: H. Perron (INRS-Eau) / P. Bruneau (Hydro-Québec) / Coll.: L. Mathier, L. Perreault, P. Trudel (INRS-Eau) / G. Brosseau (Hydro-Québec)

***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) / Chargés de projet: L. Perreault (INRS-Eau) / P. Legendre (Hydro-Québec) / Coll.: F. Ashkar, 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.: K. Adamowski, F. Ashkar, J. Bernier, L. Mathier, V.-T. Van Nguyen, L. Perreault, H. Perron, J. Rousselle, R. Roy, P. Trudel

***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.: L. Perreault, H. Perron, P. Rasmussen

***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, L. Perreault, H. Perron, B. Larouche, C. Gignac

***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, L. Perreault, H. Perron, L. Mathier, P. Trudel, B. Larouche, C. Gignac

***Daniel CLUIS***

***Persistance 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 coefficients de rétrodiffusion et à la détermination des rapports de rétrodiffusion. Par ailleurs, à partir des données au sol on procédera à l'estimation de la résistance thermique du couvert de neige sur les divers sites de mesure. 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 multirate 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.

Le satellite RADARSAT devant être lancé en 1995, l'analyse des données supplémentaires obtenues par de nouvelles campagnes de mesures s'avère nécessaire pour mettre au point une méthodologie de traitement. / 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

**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 relées 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.: P. Boudreau, M.-J. L'Heureux, F. Padilla, Y. Secretan

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

Dans le cadre de l'étude environnementale du projet d'aménagement hydro-électrique de la rivière Ashuapmushuan, l'INRS-Eau a la responsabilité de la

modélisation hydrodynamique d'une section du cours de la rivière et la simulation des habitats salmonicoles à divers débits dans ces tronçons.

Concernant la modélisation du micro-habitat de la ouananiche, la même approche que celle utilisée pour la rivière Moisie est privilégiée. Cependant, de nouveaux développements ont été entrepris pour mettre à jour cette approche et incorporer l'aspect temporel dominant du présent projet. L'aspect thermique est également être pris en considération.

Quelques travaux ont été réalisés en 1993 en vue d'établir un régime d'exploitation des ouvrages adapté à la conservation de la ressource saumon. / Hydro-Québec (Groupe Environnement Shooner inc.) / Coll.: J. Béchara, P. Boudreau

### **Peter Funder RASMUSSEN**

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

Hydro-Québec s'intéresse actuellement au système hydrique de la rivière des Outaouais où l'on dispose de données à 40 stations de mesure. Dans le bassin de la rivière des Outaouais, il y a 43 centrales et 30 réservoirs. Hydro-Québec désire appliquer un modèle stochastique multidimensionnel pour simuler un grand nombre de séries hebdomadaires. L'INRS-Eau doit faire une agrégation spatiale des données à environ 8 séries et ensuite estimer les paramètres d'un modèle PARMA multidimensionnel. Nous allons également appliquer le modèle SVD (Singular Value Decomposition) développé par G. Cavadias pour générer des données hebdomadaires. / Hydro-Québec / Coll.: B. Bobée, G. Cavadias, L. Faghezari, M. Haché, L. Mathier, V.-T. Van Nguyen, J.-C. Rassam

#### ***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

### **3.1.3 Hydrogéologie**

#### **Olivier BANTON**

#### ***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. Au niveau fondamental, 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 la nappe phréatique. Elle examine entre autres le problème des variabilités spatiales et temporelles des paramètres physiques, hydrodynamiques et chimiques des sols. On s'intéresse particulièrement à l'utilisation et au développement des méthodes géostatistiques pour la caractérisation du milieu et de la contamination. De même, on travaille au développement et à l'application des méthodes d'étude et de simulation des milieux fracturés. Finalement, on vise le développement d'un outil et d'une méthodologie de délimitation des périmètres de protection des puits de captage des eaux souterraines en zone agricole. / Subvention Québec-France, Ministère des Affaires internationales

#### ***Évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines de pépinières par les nitrates et les pesticides. Application des logiciels AgriFlux et VulPest***

Le projet consiste à évaluer les risques de contamination des eaux souterraines de la pépinière Sainte-Luce du ministère des Forêts du Québec. On applique les logiciels AgriFlux et VulPest développés à l'INRS-Eau sur un site expérimental de la pépinière. Pour cela, on réalise une caractérisation physique et hydrodynamique du sol. Les logiciels seront alors appliqués à différents types d'amendements (tourbe, compost) et à différents pesticides utilisés à la pépinière. Dans le cadre de ce projet, des employés

du Ministère sont formés à l'utilisation des logiciels.  
/ Ministère des Forêts du Québec

***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. Le projet réalise une synthèse de l'ensemble des informations concernant les besoins en eau et en fertilisants des cultures, l'effet des pratiques de travail du sol sur leur disponibilité et les pertes par infiltration et ruissellement des fertilisants et produits phytosanitaires. Un outil informatique est ensuite développé basé sur la simulation des processus de migration de l'eau et des solutés associés, ainsi que des processus de transformations 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, et permettent le choix des processus à retenir dans l'étude de la contamination. Les méthodes d'acquisition des données sur le terrain sont vérifiées dans l'optique de la caractérisation de la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques, de la détermination ou de leur distribution statistique et leur interdépendance spatiale. La modélisation stochastique du transport des contaminants dans le sol est réalisée et calibrée pour les conditions canadiennes. Cette modélisation est intégrée sous la forme d'un logiciel d'évaluation des risques de contamination des eaux souterraines par les diverses pratiques agricoles. Finalement cette approche

d'évaluation quantitative de la vulnérabilité est appliquée pour les différents types de contaminants étudiés sur des sites canadiens. / CRSNG - Dépenses courantes

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

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

***Étude des phénomènes intervenant dans la problématique de la contamination des eaux souterraines***

Ce projet vise la mise en place d'activités de recherche en hydrogéologie environnementale. Son but est la compréhension des phénomènes contrôlant le devenir et la migration des contaminants dans les sols et les eaux souterraines. On se préoccupe particulièrement des contaminations d'origine agricole (engrais et pesticides) affectant la qualité et l'exploitation des ressources en eau potable. La compréhension des phénomènes conduit au développement d'outils d'intervention et de gestion destinés aux responsables publics et privés (ministères et consultants) chargés de la surveillance et du maintien de ces ressources. Par ailleurs, le développement de ces outils et des méthodologies d'application de ceux-ci nécessitent des recherches tant fondamentales qu'appliquées au niveau des paramètres et des caractéristiques du milieu. / CRSNG Générale, subvention de démarrage INRS

## 3.2 Biogéochimie

Les recherches dans ce programme visent (i) la compréhension et la modélisation des réactions (géo)chimiques et microbiologiques auxquelles sont soumises les substances polluantes (métaux toxiques; pesticides; N; S) dans un bassin versant, (ii) l'identification des facteurs biologiques clés qui affectent la bioaccumulation de ces substances, et (iii) la détermination de leurs effets sur les organismes aquatiques à différents niveaux (cellulaire; organisme individuel; population; communauté). Menés aussi bien au laboratoire que sur le terrain, les travaux portent sur l'écotoxicologie de contaminants et sur la dynamique des éléments nutritifs. Dans le premier cas, on étudie le comportement de contaminants (métaux traces; pesticides) dans la colonne d'eau, à l'interface eau-sédiment et dans les eaux souterraines. Les résultats de ces recherches servent à raffiner des modèles conceptuels du comportement des contaminants dans divers milieux; il existe ici des liens importants avec le programme d'hydrologie (modélisation des écoulements). D'autres travaux visent à définir des méthodes d'évaluation des risques liés à la présence de contaminants dans l'environnement. 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.

### 3.2.1 Eaux de surface

**Jean-Christian AUCLAIR**

#### *Recyclage de phosphore dans la boucle microbienne des lacs oligotrophes*

L'objectif de ce projet était de quantifier le phosphore excrété et par la suite recycler à l'intérieur de la boucle microbienne du lac Pavin, un lac alpin méromictique du Massif Centrale Français. Le projet s'est déroulé aux mois de mai et juin 1993. Plusieurs expériences de prise en charge de phosphore radioactif ( $^{32}\text{P}$ ) ont été effectuées sur l'eau brute, ainsi que sur l'eau pré-filtrée sur différents filtres

Nucléopore de porosité variable (0.2, 2 et 10  $\mu$ ). Les résultats ont révélé des taux de prises en charge faibles, une observation inattendu pour ce lac oligotrophe, et suggère que d'autres facteurs limitent la croissance phytoplanctonique dans ce système lacustre. En ce qui concerne l'excrétion de phosphore, la fraction comprise entre 2 et 10  $\mu$  fut responsable de la majorité du recyclage dans l'epilimnion du lac, et peu d'excrétion de phosphore fut détectée en profondeur. / Ministère Français de l'Éducation. / Coll.: Christian Amblard et Hans Hartmann.

#### *Simulation d'une augmentation de la photoréduction par les rayons UV-B dans les eaux du Bouclier Canadien: effet d'un enrichissement en Fe(II)*

Dans le but de quantifier un des effet indirects de l'augmentation possible des rayons UV-B, la photoréduction du fer (Fe(III) - Fe(II)), des expériences d'enrichissement différentielle en enclos ont été menées dans un lac acide à forte transparence, le lac Tantaré à 40 km au nord de la ville de Québec. Les enclos en polyéthylène (UV<sub>300-400nm</sub> > 85%) d'environ 500 L ont été remplie avec l'eau du lac filtrée, (0.65  $\mu$ , libre de brouteurs) par immersion. Ensuite les enclos ont été enrichis suivant trois traitements différents: 1) phosphore, 2) phosphore et azote et 3) phosphore, azote et fer, (Fe(II)). Les résultats ont démontré qu'au printemps, la biomasse phytoplanctonique est limitée par le broutage, plutôt que par un élément nutritif. Lorsque la biomasse phytoplanctonique augmente d'un facteur de 2 à 3, le Fe (II) stimule la croissance des picocyanobactéries, se traduisant par une augmentation de l'abondance des chrysophycées mixotrophes, et de l'activité de la boucle microbienne. / INRS

**Peter G.C. CAMPBELL**

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

Ce programme de recherche a pour objectif général la prédiction de la biodisponibilité des métaux traces dissous pour la vie aquatique. En d'autres termes, on vise le développement de modèles prédictifs reliant la géochimie/spéciation des métaux à leur bioaccumulation/toxicité. Nous avons choisi comme point de départ le "Modèle de l'ion libre" (MIL), compte tenu de sa capacité indéniable de rationaliser la grande majorité des données toxicologiques obtenues au laboratoire dans des milieux artificiels.

Les métaux qui retiennent notre attention actuelle sont l'aluminium, le manganèse, le cadmium et le zinc; il s'agit d'éléments dont les concentrations dans les eaux superficielles augmentent en réponse à l'acidification environnementale. Les cibles biologiques étudiées comprennent des algues-tests unicellulaires ou filamenteuses, le phytoplancton naturel ainsi que les poissons. / CRSNG - Dépenses courantes

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

Le présent projet vise le développement d'un modèle général pour prédire les effets toxiques des métaux chez les poissons d'eau douce en présence de la matière organique dissoute (MOD) naturelle. Pour y arriver, nous avons fixé trois objectifs spécifiques: (i) décrire quantitativement les interactions entre la MOD et  $M^{2+}$  (afin de permettre le design rationnel des milieux d'exposition); (ii) vérifier les interactions directes entre la MOD et les branchies de l'espèce cible; (iii) et finalement, quantifier la biodisponibilité des métaux (toxicité, bioaccumulation) en présence de la MOD dans des conditions contrôlées. L'hypothèse à vérifier est que la matière organique naturelle se comporte comme les ligands synthétiques (ex.: EDTA, NTA) qui ont servi à l'élaboration du Modèle de l'ion libre, c'est-à-dire qu'elle n'agisse pas directement sur les poissons. / CRSNG - Pêches et Océans Canada

***Spéciation des métaux traces aux interfaces biologiques***

En considérant les interactions de métaux (traces) avec des organismes vivants, on peut identifier trois niveaux d'intérêts: (i) la spéciation des métaux dans le milieu externe; (ii) les interactions de ces différentes formes de métal avec la membrane biologique qui sépare l'organisme de son environnement; (iii) la répartition du métal dans l'organisme, une fois la barrière membranaire franchie, et les effets biologiques concomitants. Ce projet, de nature méthodologique, s'adresse au premier niveau - on évalue le potentiel des résines d'échange d'ion pour déterminer la concentration de l'ion métallique libre ( $Cd^{2+}$ ;  $Zn^{2+}$ ) en présence de la matière organique naturelle (acides fulviques et humiques). / Environnement Canada (Plant Vert - subvention administrée par le Réseau canadien de Centres de Toxicologie, le RCCT)

***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 ( $< 2 \mu m$ ) contribue beaucoup à la production primaire de ces vastes plans d'eau. Compte tenu des caractéristiques du picoplancton (rapport surface:volume élevé; croissance très rapide des cellules; renouvellement fréquent de la surface cellulaire; broutage intense par le microzooplancton), nous avons élaboré une hypothèse selon laquelle le picoplancton devrait jouer un rôle important non seulement dans le cycle des éléments nutritifs, mais également dans le cycle 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). La vérification de cette hypothèse implique notre participation à deux croisières sur le lac Érié. Ce projet est réalisé en collaboration avec l'Institut national de Recherche sur l'Eau à Burlington, Ontario. / CRSNG - Environnement Canada, Programme GLURF

**3.2.2 Eaux souterraines**

***Pierre LAFRANCE***

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

Le but du programme est de quantifier en conditions québécoises l'impact d'herbicides sur la qualité des sols et de l'eau souterraine en milieu agricole. L'évaluation prédictive des pertes d'herbicides vers les eaux souterraines est intimement liée à celle de la dégradation de ces composés dans le sol. Le programme visera ainsi à quantifier: (i) le transport et la transformation d'herbicides dans la zone non-saturée du sol; (ii) la persistance d'herbicides dans le sol en relation avec l'activité de la biomasse; (iii) l'impact d'herbicides sur l'activité de cette biomasse, incluant la minéralisation de l'azote et du carbone organiques; (iv) identifier les pratiques culturales (type de fertilisation et intensité de la répression chimique) les moins dommageables en regard de la contamination des eaux souterraines par les herbicides. / CORPAQ (MAPAQ)



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

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

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

Ce projet vise à appuyer des recherches déjà existantes et à développer un secteur de recherche relatif au destin et à l'impact de micropolluants organiques. Les recherches actuelles appuyées par le projet sont: 1) augmentation de la biodisponibilité de HAP fortement adsorbés aux sols contaminés à l'aide de biosurfactants, et: 2) bioaccumulation de HAP et de BPC: impact de la matière organique dissoute. Dans le premier cas, on étudie l'importance de la production de biosurfactants naturels sur l'adsorption/désorption, la biodisponibilité et la biodégradation de HAP lors du traitement aérobie d'un sol contaminé par la créosote. Dans le deuxième cas, on vise à vérifier l'hypothèse que la matière

organique dissoute naturelle est susceptible de s'associer avec des contaminants hydrophobes, pour ainsi réduire leur biodisponibilité en phase aqueuse. Le projet permet également le développement méthodologique nécessaire aux études de suivi des micropolluants organiques dans l'eau et le sol. / CRSNG Générale / Coll.: P. Campbell, J.-P. Villeneuve

### ***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) étude d'interactions entre les contaminants organiques et les éléments constitutifs du sol; 2) impact de ces interactions sur le devenir des contaminants (transport et biodisponibilité); 3) étude *in situ* de l'évolution des contaminations et validation d'hypothèses de transport, et; 4) 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***

Le but de ce projet de recherche est de développer une méthodologie rationnelle, pratique et fiable d'évaluation quantitative de la vulnérabilité des eaux souterraines. Ce programme vise donc à établir, d'une part une méthodologie d'investigation de la vulnérabilité, et d'autre part une méthode d'évaluation des paramètres hydrogéologiques et bio-physico-chimiques intervenant dans la prédiction du destin des contaminants dans le sol. / 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 microbiologiques qui exercent un contrôle majeur sur la transformation et 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 forestiers et agricoles et en laboratoire avec des simulateurs de couvert de neige. / CRSNG - Dépenses courantes; CRSNG - Partenariat de recherche (Environnement Canada); FCAR - Université Laval; Ministère de l'Agriculture, Canada, Plan Vert).

### 3.2.4 Sédiments

**Peter G.C. CAMPBELL**

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

Le présent projet a pour objectif général d'évaluer le potentiel des plantes aquatiques supérieures comme bioindicateurs de contaminants dans le système Saint-Laurent, et ceci à deux niveaux complémentaires. Le premier consiste à développer et à tester un modèle prédictif de la bioaccumulation des métaux traces chez les plantes aquatiques; ce modèle tiendra

notamment compte du rôle clé que peuvent jouer les oxyhydroxydes de fer en "protégeant" les plantes, à la fois dans leur rhizosphère et dans les sédiments. Le second niveau consiste à déterminer le rôle des phytochélatines dans la détoxification des métaux accumulés, et à évaluer le potentiel de ces peptides chélateurs et de certains enzymes comme indicateurs biochimiques d'une pollution chronique en métaux toxiques. / CRSNG - Partenariat de recherche (Centre Saint-Laurent)

#### *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

**Richard CARIGNAN**

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

Le présent projet comporte trois objectifs: (i) quantifier l'importance absolue de la génération d'alcalinité interne due à la réduction du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et du SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dans des lacs représentatifs de trois régions affectées par les précipitations acides (Jacques-Cartier, Mauricie et Témiscamingue), et d'autre part peu affectée (Haute Côte-Nord); (ii) identifier les principaux facteurs contrôlant la génération interne d'alcalinité par réduction du SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans les lacs de ces régions. Ceci permettra la formulation de modèles prédictifs du taux de génération interne d'alcalinité; (iii) la portée socio-économique d'un tel projet resterait limitée si les connaissances acquises en 1 et 2 n'étaient pas traduites en un formalisme

simple pouvant s'appliquer directement aux problèmes de gestion des régions affectées par les précipitations acides. / CRSNG - Stratégique / Coll.: A. Tessier

***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 microscopiques (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 microélectrode à iridium qui serviront à l'étude de la chimie et des flux de métaux traces à l'interface eau-sédiment. Nos principaux objectifs sont: (i) la détermination des propriétés de la couche stagnante benthique; (ii) le développement de microélectrodes spéciales aux 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

***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. Ces recherches visent à élucider ces relations pour plusieurs niveaux d'organisation biologique. / CRSNG - Dépenses courantes

***Études environnementales sur les métaux comme contaminants dans les lacs***

D'un côté, les sédiments lacustres riches en métaux posent un danger potentiel aux animaux qui y habitent. De l'autre côté, les animaux qui accumulent les métaux peuvent nous servir comme indicateurs du degré de contamination des lacs. Pour développer des modèles déterministes qui permettent une bonne prédiction des concentrations des métaux chez les animaux, une série d'études sont menées afin de mesurer les principaux facteurs chimiques et biologiques influençant l'accumulation des métaux par les animaux aquatiques. L'accumulation des métaux par les insectes aquatiques serait étudiée dans une série de lacs par une gamme de concentration en métaux. En laboratoire, des expériences sont conçues pour étudier les mécanismes chimiques contrôlant la bioaccumulation. Par exemple, l'effet atténuateur de  $[H^+]$  sur la concentration des métaux chez les animaux serait mesuré. / Emploi et Immigration Canada

***Prédiction des concentrations en métaux traces chez les invertébrés aquatiques***

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

***Écotoxicologie des métaux traces chez les insectes lacustres***

Les métaux traces en milieu lacustre ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et dans les animaux

benthiques. Cette bioaccumulation suggère qu'on pourrait utiliser des animaux benthiques comme indicateur de l'état de contamination des systèmes aquatiques. Ceci sera possible lorsque les relations entre le bioindicateur, le contaminant et le milieu seront mieux connues. **Les objectifs de projet se résument:** (i) Déterminer les facteurs biologiques (nutrition, comportement, physiologie, cycle de vie) affectant l'accumulation des métaux traces. (ii) Étudier les voies d'entrée, les mouvements internes, le stockage, et la sortie des métaux traces chez les insectes aquatiques. (iii) En fonction des connaissances obtenues dans (i) et (ii), élaborer et tester des modèles pouvant prédire l'accumulation et la toxicité des métaux traces chez les invertébrés benthiques, à partir de mesures géochimiques dans le milieu où ils vivent. / INRS Générale, subvention de démarrage INRS

### **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 séismiques 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 de 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

#### ***Séismiques des lacs Brompton, Massawippi et Memphrémagog, sud du Québec***

Cette recherche avait pour but de corrélérer les phases glacio-lacustres de ces bassins aux événements quaternaires de la région. L'analyse et l'interprétation des variations spatio-temporelles des unités séismo-acoustiques nous ont permis de mieux préciser la paléocologie du Wisconsinien supérieur et de l'Holocène. Des séries d'indices sédimentaires reliés à la néotectonique régionale ont aussi été observées. / CRSNG - Partenariat de recherche (Énergie, Mines et Ressources Canada), Coll.: J.-M. Dubois, S.C. Turgeon

### **Bernadette PINEL-ALLOUL**

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

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

Les principales hypothèses mises à l'épreuve dans le cadre du projet sont: (i) les organismes phytophiles peuvent servir de bioindicateurs des variations à court terme de contamination de leur milieu par les métaux lourds; (ii) la concentration des métaux dans les organismes phytophiles varie en une fonction de la concentration de l'ion métallique libre  $[M^{+}]$ , laquelle est contrôlée par des réactions de sorption sur la matière organique et le fer dans les sédiments superficiels; (iii) chez les organismes phytophiles (amphipodes, gastéropodes), la concentration des métaux dans le seston et/ou l'épiphyton influence aussi la bioaccumulation des métaux par ces organismes. / CRSNG - Partenariat de recherche (Centre Saint-Laurent) / Coll.: P. Campbell

**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 organique et les oxyhydroxydes de Fe et Mn, en faisant intervenir des concepts de complexation de surface. Ces constantes conditionnelles sont confrontées avec celles calculées à partir de la géochimie des lacs étudiés et des caractéristiques d'adsorption des oxyhydroxydes de Fe et Mn 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 - Dépenses courantes

***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 celles 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 / Coll.: P. Campbell, L. Hare

**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 diagenèse 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.: J. Buffle, P. Campbell, R. Carignan, R. De Vitre, L. Hare

**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 éliminations 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

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

Le complexe spécifique de Grand corégone représente le poisson d'eau douce de plus grande valeur économique au Canada. Il constitue une composante majeure de la pêche de subsistance de même qu'une ressource potentielle pour le développement d'une exploitation commerciale pour les populations autochtones.

L'objectif premier de la poursuite de cette étude est de déterminer les relations génétiques entre populations atypiques naines de Grand corégone de l'est du Canada. Ce projet procurera les connaissances sur la composition génétique de ces populations exceptionnelles qui sont essentielles au développement d'une politique de gestion en vue d'assurer leur conservation face aux perturbations de leur habitat. / CRSNG - Ministère des Pêches et Océans Canada

***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 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'Eperlan 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'Eperlan-arc-en-ciel dans l'estuaire du Saint-Laurent. Cette étude permettra donc d'établir quels sont les groupes d'Eperlans qui devraient être considérés séparément, selon le concept des stocks, dans l'établissement de nouvelles mesures de gestion face au déclin apparent de l'espèce dans certaines régions. / Ministère de l'Environnement et 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 ensemencements 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* Müchill) 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

***Caractérisation génétique du saumon de la rivière Moisie***

Dans ses recommandations, le Comité scientifique sur le saumon de la rivière Moisie stipulait qu'en raison des caractéristiques uniques de la population de saumons de la Moisie, il était nécessaire de porter une attention particulière à sa caractérisation génétique, notamment en ce qui concerne le nombre de stocks qui la composent. Dans cet optique, l'objectif premier d'une étude génétique des saumons de la Moisie sera de déterminer si l'ensemble de ceux-ci appartient à une seule unité de reproduction (un seul stock génétique), ou réciproquement, déterminer si les saumons utilisant des sites de fraie différents, soient sur le tronçon principal de la rivière ou dans ses tributaires, représentent des stocks génétiques distincts. Dans cette dernière éventualité, il s'agira de déterminer le nombre de stocks distincts qui composent l'ensemble des saumons du système Moisi et également de déterminer le degré de différenciation génétique entre ceux-ci. / Groupe Environnement Shooner / Coll.: A. Boudreault

***Réalisation de protocoles en vue d'un programme d'acquisition de connaissances sur la ouananiche et son habitat***

Le présent ouvrage s'inscrit dans la foulée du programme de restauration de la ouananiche du lac St-Jean et a pour objet de présenter un programme d'acquisition de connaissances sur la ouananiche et son habitat. Ce programme permettra d'améliorer les outils et les méthodes de gestion, en place ou à venir,

de façon à rétablir et maintenir une pêcherie à un niveau économiquement rentable tant en lac qu'en rivière et ce dans une perspective d'un développement soutenu à moyen et à long termes. / Centre écologique du lac St-Jean

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

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

***Étude de l'héritabilité de certains marqueurs génétiques chez la ouananiche***

L'objectif général de ce projet est d'identifier de nouveaux marqueurs pouvant être utilisés pour l'étude génétique des stocks de ouananiches u lac Saint-Jean, de même que pour évaluer les impacts des programmes d'ensemencement sur l'intégrité des populations naturelles de cette espèce. La méthodologie consiste en la production et l'élevage de familles de ouananiches, puis en la détermination de la présence des mêmes marqueurs chez les parents et leur progéniture, ceci afin de s'assurer de la validité de ces marqueurs pour des fins d'analyse génétique. / Coll.: Centre écologique du lac Saint-Jean, R.G. Danzmann

***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 pourraient 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'accent sur la valorisation des boues résultant du traitement biologique des eaux résiduaires municipales. Ces boues étant contaminées en métaux toxiques, cette valorisation passe nécessairement par une étape de solubilisation et d'enlèvement de ceux-ci; les métaux toxiques étant également étudiés dans le programme "Biogéochimie", il existe ici des liens inter-programme importants. D'autres activités toutes récentes portent sur le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers; soulignons de nouveau le lien avec le programme B. Outre ces travaux sur des procédés d'assainissement, d'autres recherches visent à fournir des outils informatiques et des modèles d'aide à la décision susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagements et les décisions concernant le contrôle de la pollution de l'eau. Parmi les applications les plus directes de ces dernières recherches, mentionnons celles qui touchent la localisation et l'optimisation des usines d'assainissement, l'élaboration de stratégies de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs, ainsi que la gestion des réseaux et d'égouts sanitaires.

#### 3.3.1 Boues

**Denis COUILLARD**

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

Le procédé de biolixiviation au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  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  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dont l'optimisation est presque complètement terminée 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. / Appel public à l'épargne / Coll.: M. Chartier, P. Chouinard, G. Mercier, B. Patry, G. Roberge, J.-P. Villeneuve

*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  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et les métaux qui sont présents dans une boue d'épuration. / Ministère de l'Environnement du Québec (FRDTE), Agriculture Canada, Communauté urbaine de Québec, l'Université de Sherbrooke et le Groupe Conseil Solivar Inc. / Coll.: P. Chouinard, G. Mercier

**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

### **3.3.2 Rejets miniers**

**Jean-Louis SASSEVILLE**

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

Les activités scientifiques menées à l'intérieur de ce programme de recherche sont orientées vers la valorisation de rejets solides (recyclage des résidus miniers et valorisation des boues d'épuration) en vue de proposer des technologies performantes pour le contrôle de la pollution de l'eau. Une partie de ces activités de recherche porte sur la préparation de différents scénarios technologiques visant l'exploitation économique et la disposition sécuritaire des résidus miniers sulfureux. L'autre partie des travaux de recherche est consacrée à la mise au point de procédés de décontamination des boues d'épuration chargées en métaux lourds. / Appel public à l'épargne / Coll.: O. Banton, L.-M. Barrette, J.-F. Blais, J. Bourget, N. Hammou, R. Lebcir, N. Meunier, E. Salvano, R.D. Tyagi, P. Vachon

### **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

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

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

**Jean-Louis SASSEVILLE**

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

Ce projet porte sur les choix stratégiques en matière de valorisation technologique des résidus d'élevage (fumiers et lisiers) et sur les choix présidant à l'établissement et à la réalisation d'une politique de contrôle de la pollution originant des élevages d'animaux. Il vise à fournir aux décideurs du ministère de l'Environnement du Québec et aux intervenants concernés, une argumentation théorique et pratique sur laquelle peuvent se fonder les

interventions gouvernementales et privées dans l'amélioration de la gestion des résidus d'élevage. / Ministère de l'Environnement du Québec (PARDE - Fonds de développement) / Coll.: O. Banton, A. Bélanger, D. Cluis, C. Dutil, J.-P. Dutil, G. Gagné, P. Lafrance, J. Lareau, J. Nolet, A. Simoneau

**Mesures d'efficacité énergétique en environnement et en assainissement (MEEE)**

L'objectif de la prestation est d'accumuler le plus de données et d'information de nature technique et administrative sur les programmes en efficacité énergétique électrique, de façon à dresser un inventaire le plus complet possible des mesures d'efficacité énergétiques électriques (MEEE) applicables au Québec dans les stations de pompage et de traitement des eaux potables et des eaux usées municipales et industrielles. Ces informations permettront à Hydro-Québec de définir les orientations du programme-cadre à mettre sur pied dans les industries de l'eau. / Hydro-Québec / Coll.: J.-F. Blais, J.-D. Bourgault, D. Couillard, P. Hosatte, R. Lampron, J. Lareau, R. Lebcir, M. Létourneau, K. Mamouny, W. Sochanski, J.-P. Villeneuve

**Effets sur la santé humaine des substances toxiques présentes dans les eaux du Saint-Laurent: écart entre les risques réels et perçus**

L'étude de faisabilité proposée vise à établir les bases d'un projet de grande envergure portant 1) sur l'évaluation et l'établissement des risques réels et perçus pour la santé humaine liés à la présence de substances toxiques dans les eaux du fleuve Saint-Laurent et 2) sur la mise au point d'un programme de communication des risques permettant aux individus de faire des choix qui améliorent leur bien-être en regard des rapports directs et indirects qu'ils entretiennent avec les eaux du Saint-Laurent. / Santé Canada / Coll.: B. Bobée, G. Beaulieu, M. Côté, R. Marceau

**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 bidimensionnelle eulérienne pour l'analyse de la propagation des eaux de tributaires importants dans une masse fluviale (ex: Yamaska dans le fleuve Saint-Laurent) (*DISPERSIM*); (ii) L'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour l'analyse de la propagation d'eaux d'effluents industriels ou urbains dans un cours d'eau (*PANACHE*); (iii) L'advection-diffusion bidimensionnelle lagrangienne pour le suivi de nappes de pétrole (accidents de déversement) et l'aide à l'intervention (*DEVERSIM*); (iv) 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, A. Houde, M. Hughes, M.-J. L'Heureux, F. Padilla, Y. Secretan

**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.: J. Fitzback, M. Larocque, A. Mailhot, K. Mamouny, S. Massicotte, P. Paquet, L. Perreault, H. Perron, S. Proulx, M.-E. Quentin

### **Michel LECLERC**

#### ***Modélisations complémentaires du lac Saint-Pierre***

Le projet vise à mettre en oeuvre une version modifiée du modèle de simulation par éléments finis du lac Saint-Pierre mis au point à l'origine pour le compte d'Environnement-Canada. Les modifications visent à tester et analyser des interventions prévues soit pour améliorer le transit des glaces en hiver. / Garde Côtière Canadienne / Coll.: P. Boudreau

### **Jean-Pierre VILLENEUVE**

#### ***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 seront développés afin de prévoir les conditions conflictuelles et adverses d'opération, d'identifier et de valider les stratégies d'exploitation permettant de parer à ces situations, et de mettre en place, à l'intention de l'opérateur, un outil d'aide à la décision. / Communauté urbaine de Québec (Les Consultants BPR) / Coll.: C. Blanchette, É. Gaume, G. Genest, P. Lavallée, C. Marcoux

#### ***Traitements des effluents pâtes et papier par bioréacteur membrane***

Le traitement des effluents pâtes et papier; opération et performance de bioréacteur membrane; procédé mésophile et thermophile (comparaison); déshydratation des boues secondaires (tests préliminaires). / Tembec inc. / Coll.: R.D. Tyagi

***Gestion des boues des pâtes et papier***

Digestion des boues de l'industrie pâtes et papier (aérobie, anaérobie), déshydratation des boues, analyse économique. / Tembec inc. / Coll.: R.D. Tyagi

**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.: M. Chartier, G. Mercier, G. Roberge

## 4 ENSEIGNEMENT

---

### 4.1 Maîtrises en sciences de l'eau

*Avec mémoire, Landis HARE*  
*Sans mémoire, Louis BERNATCHEZ*

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

Tout nouveau de cette année, 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. Les diplômés pourront ainsi apporter une contribution significative à la solution des problèmes et à la prise des décisions grâce à l'approfondissement des connaissances et à leur spécialisation.

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 au profil *avec mémoire*, 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.

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 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.

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 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. Les vingt-sept (27) autres crédits sont consacrés aux activités de recherche (séminaires et conférences et mémoire).

Le programme de maîtrise sans mémoire comporte douze activités de base suivantes (vingt-cinq crédits): 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, Stage en milieu professionnel. Huit crédits 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 1993-1994, onze étudiants se sont inscrits au programme de deuxième cycle avec mémoire, trois au profil sans mémoire et treize étudiants ont poursuivi la rédaction de leur mémoire. Durant la même année, neuf étudiants ont obtenu leur diplôme avec mémoire et trois sans mémoire de maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec.

## 4.2 Doctorat en sciences de l'eau

### *Olivier BANTON*

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

spécialiser dans un des champs d'études qui y sont reliés.

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

Le programme de doctorat en sciences de l'eau comporte quatre-vingt-dix (90) crédits qui sont répartis comme suit. L'étudiant doit accumuler seize (16) crédits parmi les cours suivants: 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 crédits, présenter un séminaire d'un crédit et participer aux séminaires et conférences; enfin, il doit se soumettre à un examen doctoral comptant pour six crédits. La thèse, pour sa part, compte pour soixante-deux (62) crédits.

Durant l'année 1993-1994, dix nouveaux étudiants se sont inscrits au programme de doctorat ce qui porte le total à quarante et un (41). Au cours de la même période, quatre 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

- Auclair, J. C., J. J. Frenette<sup>4</sup> et J. J. Dodson<sup>4</sup> (1993). Zooplankton community structure in southwestern Quebec lakes: the roles of acidity and predation. *J. Plankton Res.*, 15(10): 1103-1128.
- Banton, O. et M. Razack<sup>4</sup> (1993). What should a hydrogeologist be at the dawn of 21st century? Guest editorial. *Ground Water*, 31(6): 882-883.
- Bechara, J., G. Moreau<sup>4</sup> et L. Hare (1993). The impact of brook trout (*Salvelinus Fontinalis*) on an experimental stream benthic community: the role of spatial and size refugia. *J. Anim. Ecol.*, 62(3): 451-464.
- Benmoussa, H., R. D. Tyagi, P. G. C. Campbell et J. F. Blais (1994). Lixiviation biologique des métaux lourds et stabilisation des boues municipales. *Water Pollut. Res. J. Can.*, 29(1): 39-52.
- Bernatchez, L. et R. G. Danzmann<sup>4</sup> (1993). Congruence in control-region sequence and restriction-site variation in mitochondrial DNA of brook charr (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). *Mol. Biol. Evol.*, 10(5): 1002-1014.
- Bernier, M., J. P. Fortin et Y. Gauthier (1994). Suivi du couvert nival par le satellite ERS-1: résultats préliminaires obtenus dans l'Est du Québec. *J. Can. Télédétection / Can. J. Remote Sensing*, 20(2): 138-149.
- Blais, J. F., R. D. Tyagi, J. C. Meunier et J. C. Auclair (1994). Extracellular appendages production during bacterial colonization of elemental sulfur. *Process Biochem.*, 29: 475-482.
- Carignan, R., S. Lorrain<sup>4</sup> et K. Lum<sup>4</sup> (1994). A 50-yr record of pollution by nutrients, trace metals, and organic chemicals in the St. Lawrence river. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51(5): 1088-1100.
- Carignan, R., J. J. Neiff<sup>4</sup> et D. Planas<sup>4</sup> (1994). Limitation of water hyacinth by nitrogen in subtropical lakes of the Paraná floodplain (Argentina) [Notes]. *Limnol. Oceanogr.*, 39(2): 439-443.
- Carignan, R. et D. Planas<sup>4</sup> (1994). Recognition of nutrient and light limitation in turbid mixed layers: Three approaches compared in the Paraná floodplain (Argentina). *Limnol. Oceanogr.*, 39(3): 580-596.
- Carignan, R., S. St-Pierre et R. Gächter<sup>4</sup> (1994). Use of diffusion samplers in oligotrophic lake sediments: Effects of free oxygen in sampler material [Notes]. *Limnol. Oceanogr.*, 39(2): 468-474.
- Cluis, D. et J. Dupont<sup>5</sup> (1993). Des technologies informatiques au service de la gestion intégrée de la ressource eau à l'échelle du bassin versant. *Sci. Tech. Eau*, 26(3): 185-190.
- Couillard, D. (1994). The use of peat in wastewater treatment [review]. *Wat. Res.*, 28(6): 1261-1274.
- Couillard, D. et M. Chartier (1993). Décontamination biologique des sédiments pollués par les métaux lourds: étude de l'influence du substrat, de la teneur en solide totaux et de la température. *Environ. Technol.*, 14(10): 919-930.
- Couillard, D. et M. Chartier (1993). Influence des caractéristiques des boues digérées en aérobiose sur la solubilisation biologique des métaux. *Can. J. Civil Eng.*, 20(3): 509-517.
- Couillard, D. et G. Mercier (1994). An economic evaluation of biological removal of heavy metals from wastewater sludge. *Water Environ. Res.*, 66(1): 32-39.
- Ferguson<sup>4</sup>, M. M., L. Bernatchez, M. Gatt<sup>4</sup>, B. Konkle<sup>4</sup>, S. Lee<sup>4</sup>, M. Malott<sup>4</sup> et R. S. McKinley<sup>4</sup> (1993). Distribution of mitochondrial DNA variation in a lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) from the Moose River basin, Ontario, Canada. *J. Fish Biol.*, 43((supp. A)): 91-101.

---

<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.

- Fortin, D., G. G. Leppard<sup>4</sup> et A. Tessier (1993). Characteristics of lacustrine diagenetic iron oxyhydroxides. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57: 4391-4404.
- Fortin<sup>4</sup>, G. R., L. St-Cyr et M. Leclerc (1993). Distribution of submersed macrophytes by echo-sounder tracings in lake Saint- Pierre, Quebec. *J. Aquat. Plant Manage.*, 31: 232-240.
- Gangbazo<sup>5</sup>, G., D. Cluis et C. Bernard<sup>4</sup> (1994). Contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle du bassin versant. *Sci. Tech. Eau*, 27(2): 33-39.
- Gangbazo<sup>5</sup>, G., D. Couillard, A. R. Pesant<sup>4</sup> et D. Cluis (1993). Effets du lisier de porc sur la charge d'azote et de phosphore dans l'eau de ruissellement sous des pluies simulées. *Can. Agr. Eng.*, 35(2): 97-103.
- Gauthier<sup>5</sup>, E., P. Dupuis<sup>4</sup>, O. Banton et J. P. Villeneuve (1993). Utilisation d'un modèle de simulation stochastique et d'un SIG pour l'analyse et la représentation spatiale des risques de contamination des eaux souterraines par les pesticides. *Sci. Tech. Eau*, 26(4): 273-282.
- Giuffra<sup>4</sup>, E., L. Bernatchez et R. Guyomard<sup>4</sup> (1994). Mitochondrial control region and protein coding genes sequence variation among phenotypic forms of brown trout *Salmo trutta* from northern Italy. *Mol. Ecol.*, 3: 161-171.
- Huerta-Diaz, M. A., R. Carignan et A. Tessier (1993). Measurement of trace metals associated with iron monosulfides and pyrite in organic freshwater sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 27(12): 2367-2372.
- Jain<sup>5</sup>, D. K. et R. D. Tyagi (1993). Factors affecting toxic metals removal from digested sewage sludge by enriched sulphur- oxidizing microorganisms. *Bioresource Technol.*, 45: 33-41.
- Larocque, M. et O. Banton (1994). Determining parameter precision for modeling nitrate leaching: Inorganic fertilization in nordic climates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58(2): 396-400.
- Leclerc, M. et P. Boudreault<sup>5</sup> (1993). Méthodologie d'analyse détaillée de la contamination par tronçon du fleuve Saint-Laurent par modélisation numérique: le cas du lac Saint-Pierre / Lagrangian modeling of water quality & contamination analysis of a St. Lawrence River reach: Lake St. Pierre (Canada). *Rev. Sci. Eau*, 6(4): 427-452.
- Mathier, L. et A. G. Roy<sup>4</sup> (1993). Temporal and spatial variations of runoff and rainwash erosion on a agricultural field. *Hydrol. Process.*, 7(1): 1-18.
- Morin, G., T. J. Nzakimuena<sup>4</sup> et W. Sochanski (1994). Prévission des températures de l'eau en rivières à l'aide d'un modèle conceptuel: le cas de la rivière Moisie. *Can. J. Civil Eng.*, 21(1): 63-75.
- Paquet<sup>4</sup>, J. M., J. Caron<sup>5</sup> et O. Banton (1993). In situ determination of the water desorption characteristics of peat substrates. *Can. J. Soil Sci.*, 73: 329-339.
- Parent, L. et P. G. C. Campbell (1994). Aluminium bioavailability to the green alga *Chlorella pyrenoidosa* in acidified synthetic soft water. *Environ. Toxicol. Chem.*, 13: 587-598.
- Poi de Neiff<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 Paraná floodplain. *Aquat. Bot.*, 47(3-4): 213-223.
- Rasmussen, P. F., B. Bobée et J. Bernier (1994). Comment on: Parameter estimation for the Pearson type 3 distribution. *J. Hydrol.*, 153: 417-424.
- Rasmussen, P. F., B. Bobée et J. Bernier (1994). Une méthodologie générale de comparaison de modèles d'estimation régionale de crue. *Rev. Sci. Eau*, 7(1): 23-41.
- Ravishankar, B. R., J. F. Blais, H. Benmoussa et R. D. Tyagi (1994). Bioleaching of metals from sewage sludge: elemental sulfur recovery. *J. Environ. Eng. - ASCE*, 120(2): 462-470.
- Ravishankar, B. R., J. F. Blais et R. D. Tyagi (1993). Coliform inactivation in sludge by copper sulphate: discussion. *Can. J. Civil Eng.*, 20(6): 1070-1071.
- Saouter<sup>5</sup>, E., P. G. C. Campbell, F. Ribeyre<sup>5</sup> et A. Boudou<sup>5</sup> (1993). Use of partial extractions to study mercury partitioning on natural sediment particles - a cautionary note. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 54: 57-68.

- Simard<sup>4</sup>, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo<sup>5</sup> et A. R. Pesant<sup>5</sup> (1994). Phosphorus sorption and desorption indices in soil. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 25(9-10): 1483-1494.
- Sreekrishnan<sup>5</sup>, T. R. et R. D. Tyagi (1994). Heavy metal leaching from sewage sludge: A techno-economic evaluation of the process options. *Environ. Technol.*, 15(6): 521-543.
- Sreekrishnan<sup>5</sup>, T. R., R. D. Tyagi, J. F. Blais et P. G. C. Campbell (1993). Kinetics of heavy metals bioleaching from sewage sludge-I: Effects of process parameters. *Water Res.*, 27: 1641-1651.
- St-Cyr, L. et P. G. C. Campbell (1994). Trace metals in submerged plants of the St. Lawrence river. *Can. J. Bot.*, 72: 429-439.
- St-Cyr, L., D. Fortin et P. G. C. Campbell (1993). Microscopic observations of the iron plaque of a submerged aquatic plant (*Vallisneria Americana* Michx). *Aquat. Bot.*, 46: 155-167.
- Stein, J., S. Proulx et D. Lévesque<sup>4</sup> (1994). Forest floor frost dynamics during spring snowmelt in a boreal firested basin. *Water Resour. Res.*, 30(4): 995-1007.
- Tyagi, R. D., J. F. Blais et J. C. Auclair (1993). Bacterial leaching of metals from sewage sludge by indigenous iron-oxidizing bacteria. *Environ. Pollut.*, 82: 9-12.
- Tyagi, R. D., J. F. Blais, J. C. Auclair et N. Meunier (1993). Bacterial leaching of toxic metals from municipal sludge: influence of sludge characteristics. *Water Environ. Res.*, 65(3): 196-204.
- Tyagi, R. D., J. F. Blais, B. Boulanger et J. C. Auclair (1993). Simultaneous municipal sludge digestion and metal leaching. *J. Environ. Sci. Health, Part A*, 28(6): 1361-1379.
- Tyagi, R. D., Y. G. Du, T. R. Sreekrishnan<sup>5</sup> et J. P. Villeneuve (1993). Operational control determination of the activated sludge process using neural networks. *Process Biochem.*, 28: 259-267.
- Tyagi, R. D., T. R. Sreekrishnan<sup>5</sup>, P. G. C. Campbell et J. F. Blais (1993). Kinetics of heavy metals bioleaching from sewage sludge-II: Mathematical model. *Water Res.*, 27(11): 1653-1661.
- Vachon, P., R. D. Tyagi, J. C. Auclair et K. J. Wilkinson (1994). Chemical and biological leaching of aluminum from red mud. *Environ. Sci. Technol.*, 28(1): 26-30.
- Wilkinson, K. J., P. M. Bertsch<sup>4</sup>, C. H. Jagoe<sup>4</sup> et P. G. C. Campbell (1993). Surface complexation of aluminum on isolated fish gill cells. *Environ. Sci. Technol.*, 27(6): 1132-1138.
- Wilkinson, K. J. et P. G. C. Campbell (1993). Aluminum bioconcentration at the grill surface of juvenile atlantic salmon in acidic media. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12: 2083-2095.
- Zagury<sup>4</sup>, G. J., K. S. Narasiah<sup>4</sup> et R. D. Tyagi (1994). Adaptation of indigenous iron oxidizing bacteria for bioleaching of heavy metals in contaminated soils. *Environ. Technol.*, 15(6): 517-530.

## 5.2 Livres ou ouvrages collectifs

- Ouellet, M. (1994). Lac Saint-Jean (Lake Saint-John). Dans: *The Book of Canadian Lakes, The Canadian Association on Water Quality*. R. J. Allan, M. Dickman, C. B. Gray et V. Cromie, (Eds), pp. 263-272.
- Tessier, A., R. Carignan et N. Belzile<sup>5</sup> (1994). Reactions of trace elements near the sediment-water interface in lakes. Dans: DePinto, J., W. Lick et J. F. Paul (Eds.). *Transport and Transformation of Contaminants Near the Sediment-Water Interface*. pp. 129-152. Chelsea, MI, Lewis Publishers, Inc.
- van Coillie<sup>5</sup>, R., Y. Roy<sup>4</sup>, Y. Bois<sup>4</sup>, P. G. C. Campbell, P. Lundahl<sup>4</sup>, L. Martel<sup>4</sup>, M. Michaud<sup>4</sup>, P. Riebel<sup>4</sup> et C. Thellen<sup>4</sup> (Eds.), (1994). *Comptes rendus du vingtième colloque annuel de toxicologie aquatique, 17-21 octobre 1993*. (Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1989). Ottawa, ministre des Approvisionnements et Services Canada, 331 pages.

### 5.3 Communications avec arbitrage

- Angers<sup>4</sup>, D. A., P. Lafrance, R. R. Simard<sup>4</sup>, F. Pelletier et A. Légère<sup>4</sup> (1993). Temporal variation in soil microbial biomass and activity as influenced by compost and atrazine applications. *3rd International Conference Sustainable Agriculture: "Soil Management in Sustainable Agriculture"*. Wye College, U. London, U.K., août-septembre 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F., B. Bobée et B. M. J. Ouarda<sup>4</sup> (1993). Functional relationships and asymptotic properties of distributions of interest in hydrologic frequency analysis. *International Conference on Hydrology and Water Resources*. New Delhi, India, décembre 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F., B. Bobée, P. F. Rasmussen et D. Rosbjerg<sup>4</sup> (1993). A perspective on annual maximum flood approach for flood frequency analysis. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F. et B. Bobée (1993). [Conférencier invité]. Statistical frequency analysis of hydrologic extremes: a review. *International Conference on Hydrology and Water Resources*. New Delhi, India, décembre 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F., T. B. M. J. Ouarda<sup>4</sup>, B. Bobée et M. Haché (1993). Estimation of quantiles of the generalized Pareto distribution. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F., T. B. M. J. Ouarda<sup>4</sup> et B. Bobée (1993). Review of small-sample confidence intervals for flood quantiles under various distributions. *25th IAHR Biannual Congress*. Tokyo, août 1993.
- Ashkar<sup>5</sup>, F., T. B. M. J. Ouarda<sup>4</sup>, R. Roy et B. Bobée (1993). Robust estimators in hydrologic frequency analysis. *International Symposium on Engineering Hydrology, American Society of Civil Engineers*. C. Y. Kua, (Ed), San Francisco, USA, juillet 1993.
- Banton, O. (1993). Comparison of field and laboratory determined hydraulic conductivities considering anisotropy and care surface area. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Banton, O. et M. Larocque (1993). Agriflux, a model evaluating the nitrogen losses in agricultural soils. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Barrette, L. M. et D. Couillard (1993). Bacterial leaching of sulfide tailings in an airlift bioreactor. Dans: *International Biohydrometallurgy Symposium Proceedings: Biohydrometallurgical Technologies, vol. I: Bioleaching Process*. A. E. Torma, J. E. Wey et V. I. Lakshmanan, (Eds), pp. 205-215. Jackson Hole, WY, août 1993. TMS Publication.
- Bernatchez, L. (1994). Usefulness of molecular systematics for defining evolutionarily significant units in fishes. *Conference on the Evolution and Aquatic Ecosystems (ESU)*. Monterey, USA, mai 1994.
- Bernatchez, L. et J. J. Dodson<sup>4</sup> (1993). Mitochondrial genetic differentiation among sympatric populations of Squanga whitefish (*Coregonus* sp.) and lake whitefish (*C. clupeaformis*). *International Symposium on the Biology and Management of Coregonis Fishes*. Olsztyn, Pologne, août 1993.
- Bernatchez, L. et J. J. Dodson<sup>4</sup> (1993). Mitochondrial DNA analysis reveals phylogenetic differentiation between Northern and Central Alpine European whitefish populations. *International Symposium on the biology and management of Coregonis fishes*. Olsztyn, Pologne, août 1993.
- Bernier, J. (1993). [Professeur invité]. Robustness of models and estimation methods in flood analysis. Dans: *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. vol. 1, K. W. Hipel, (Ed), pp. 187-197. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

- Bernier, M., J. P. Fortin et Y. Gauthier (1993). Suivi du couvert nival par le satellite ERS-1: résultats préliminaires obtenus dans l'Est de Québec. Dans: *16e Symposium canadien sur la télédétection, 8e congrès de l'Association québécoise de télédétection: la télédétection, un outil pour la modélisation et la gestion des changements environnementaux*. P. Gagnon et N. O'Neill, (Eds), pp. 271-276. Sherbrooke, Québec, juin 1993. Ste-Foy, Québec, Association québécoise de télédétection.
- Blais, J. F., N. Meunier et R. D. Tyagi (1993). Utilisation des bactéries oxydant le soufre élémentaire pour la décontamination des boues d'épuration municipales. *10e Congrès scientifique de l'Association des microbiologistes du Québec*. Laval, Québec, septembre 1993.
- Blais, J. F., R. D. Tyagi, N. Meunier et J. C. Auclair (1993). Production de polymères extracellulaires lors de l'oxydation biologique du soufre élémentaire. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. p. 47. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Bobée, B., K. Adamowski<sup>4</sup>, F. Ashkar<sup>5</sup>, V. Nguyen<sup>4</sup>, J. Rousselle<sup>4</sup> et P. F. Rasmussen (1993). Comparison of regional flood frequency procedures for canadian rivers: an overview. Dans: *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. vol. 1, K. W. Hipel, (Ed), pp. 209-215. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993. 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 distribution. Dans: *Engineering Risk in Natural Resources Management*. L. Duckstein et E. Parent, (Eds), pp. 177-190. Deauville, France, mai-juin 1993. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Boies<sup>4</sup>, M., E. Quentin, D. Cluis, M. Miller<sup>4</sup> et G. Gangbazo<sup>5</sup> (1993). GIS usefulness to establish distance weighted zones of potential water pollution loadings. Dans: *Application of Advanced Information Technologies: Effective Management of Natural Resources, Proceedings*. C. D. Heatwole, (Ed.), pp. 240-249. Spokane, WA, juin 1993. St. Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers.
- Boukchina<sup>4</sup>, R., R. Lagacé<sup>4</sup>, G. Morin et A. Pesant<sup>4</sup> (1993). CEQNIT: un modèle de simulation de la pollution diffuse par les nitrates sur les bassins versants agricoles. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 1-2. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Campbell, P. G. C. (1994). Links between the speciation of dissolved trace metals and their bioavailability. *24th International Symposium on Environmental Analytical Chemistry*. Ottawa, Ontario, mai 1994.
- Campbell, P. G. C. (1993). Speciation of trace metals at biological surfaces. *39e Congrès canadien de spectroscopie*. Ste-Foy, Québec, août 1993.
- Cotton<sup>4</sup>, F., P. Bérubé<sup>4</sup> et L. Bernatchez (1993). *Acte du Colloque franco-québécois sur l'intégration des technologies modernes à la gestion des poissons dulcicoles et amamphihalins*. Québec, 1993.
- Couillard, D. (1993). Conducting research into the fate of nitrogen during the composting of bovine manures. Dans: *Survey of composting research projects in Canada*. L. Otten et M. Gibson, (Eds), p. 3. Guelph, The Composting Council of Canada, School of Engineering, University of Guelph.
- Couillard, Y., P. G. C. Campbell, A. Tessier et J. Pellerin-Massicotte<sup>4</sup> (1993). Metallothionein response, cytotoxicity and effects at higher levels of biological organization in a freshwater bivalve: an *in situ* transplant experiment along a metal contamination gradient. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 1, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 393-396. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.

- Craig, A. et L. Hare (1993). The physical pathways of cadmium accumulation in aquatic insect larvae. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 1, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 397-398. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.
- Delage<sup>4</sup>, L., J. Ayele<sup>4</sup>, M. Mazet<sup>4</sup> et P. Lafrance (1993). Relation entre l'atrazine, la matière organique du sol et la pollution des nappes souterraines. Dans: *Joint Canadian Society of Civil Engineering - American Society of Civil Engineering Conference on "Environmental Engineering"*. vol. 1, R. N. Yong, J. Hadjinicolaou et A. M. O. Mohamed, (Eds), pp. 581-588. Montréal, Québec, juillet 1993.
- Deschênes, L., C. Beaulieu<sup>4</sup>, L. Paquet<sup>4</sup>, J. Hawari<sup>4</sup>, P. Lafrance, J. P. Villeneuve et R. Samson<sup>4</sup> (1993). Extraction de contaminants organiques contenus dans un sol par la méthode utilisant les fluides supercritiques. *3e symposium sur la restauration des eaux souterraines et des sols contaminés*. Québec, Environnement Canada-CNRC-MENVIQ-PRESSC-DETALC-BIOQUAL, septembre 1993.
- Du, Y. G., R. D. Tyagi et T. R. Sreekrishnan (1993). Dynamic modelling of activated sludge process with consideration of the effect of flocculation. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 57-58. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Du, Y. G., R. D. Tyagi et T. R. Sreekrishnan<sup>4</sup> (1994). Effect of diffusional limitation inside the floc on dynamics of activated sludge process. *Twenty-Ninth Canadian Symposium on Water Pollution Research, CAWPRC*. Burlington, Ontario, février 1994.
- Dufresne, S., J. F. Blais et R. Guay (1993). Municipal wastewater treatment plants sludges: Source of organic carbon-tolerant, sulfur-oxidizing *Thiobacillus* and *Sulfobacillus* strains. Dans: *International Biohydrometallurgical Symposium: Biohydrometallurgical Technologies*. A. E. Torma, M. L. Apel et C. L. Brierley, (Eds), pp. 267-276. Hole, Wyoming,
- Fagherazzi<sup>4</sup>, L., J. C. Rassam<sup>4</sup>, L. Mathier, L. Carballada<sup>4</sup> et B. Bobée (1993). Requirements for a multivariate synthetic generator of the net basin supplied for the Graet Lakes. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Flessas<sup>4</sup>, C., B. Pinel-Alloul<sup>4</sup> et P. G. C. Campbell (1993). Analyse des facteurs biotiques et abiotiques influençant la bioaccumulation des métaux lourds chez *Bithynia tentaculata* (Mollusca: gastropoda) du lac St-Louis (Québec). *20e Colloque annuel de toxicologie aquatique*. pp. 80-95. Québec, octobre 1993.
- Fortin, V. et B. Bobée (1993). Formalization of the selection of statistical distributions process in flood frequency analysis. *AIENG 93: Applications of Artificial Intelligence in Engineering*. Toulouse, France, juin-juillet 1993.
- Fournier, D. et D. Couillard (1993). Biolixiviation des métaux dans les boues de stations d'épuration. Étude des interactions microbiennes entre espèces chémolithotrophes et les espèces hétérotrophes acidophiles. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 55-56. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Fournier, D., D. Couillard et R. Lemieux<sup>4</sup> (1994). Biolixiviation of heavy metals in wastewater sludges: ecological study of an acidophile mixed microbial culture. *7e Symposium international sur la génétique des microorganismes d'intérêt industriel (GIM94)*. p. 171. Place des Congrès de Montréal, Montréal, Québec, juin-juillet 1994.
- Gagné<sup>4</sup>, P., P. Lafrance et C. Bernard<sup>4</sup> (1994). Effet de certaines pratiques agricoles sur la disparition et la migration dans un sol des herbicides métolachlore et atrazine. *62e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, mai 1994.
- Granier, L., P. Lafrance et P. G. C. Campbell (1993). Bioaccumulation de micropolluants organiques par *Daphia magna* s.: effet de la matière organique dissoute. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 48-49. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.

- Granier, L., M. R. Twiss, P. G. C. Campbell et P. Lafrance (1993). Accumulation de deux micropolluants organiques par l'algue picoplanctonique *Synechococcus*: effets de la matière organique dissoute et du pH. *20e Colloque annuel de toxicologie aquatique*. p. 243. Québec, octobre 1993.
- Guimond<sup>4</sup>, M. C., P. Lafrance et C. Bernard<sup>4</sup> (1994). Impact de pratiques culturales sur l'exportation d'herbicides par ruissellement. *62e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, mai 1994.
- Hare, L., R. Carignan et M. A. Huerta-Diaz (1993). Does acid volatile sulfide (AVS) control the availability of cadmium to benthic animals in nature? *Annual meeting, Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. Houston, Texas, novembre 1993.
- Hountin<sup>4</sup>, J., D. Couillard, R. R. Simard<sup>4</sup>, G. Gangbazo<sup>5</sup>, D. Côté<sup>4</sup> et P. Lafrance (1993). Apports répétés de lisiers et propriétés chimiques d'un sol loam argileux Neubois. *20e Colloque annuel de toxicologie aquatique*. pp. 152-161. Québec, octobre 1993.
- Hountin<sup>4</sup>, J., R. R. Simard<sup>4</sup>, D. Couillard, D. Côté<sup>4</sup> et G. Gangbazo<sup>5</sup> (1993). Nutrient extractability after fifteen annual applications of pig slurry. *Annual Meetings, American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America*. Cincinnati, OH, novembre 1993.
- Jones, H. G., M. Duchesneau<sup>4</sup> et M. Handfield<sup>4</sup> (1994). Chemical composition and microbiological activity of the Agsddiz Ice Cap, Ellesmere Island. Dans: *Proceeding of the Symposium Snow Cover and Its Interaction with Climate and Ecosystems*. H. G. Jones, T. D. Davies<sup>4</sup> et A. Omura<sup>4</sup>, (Eds), Yokohama, Japan, juillet 1993.
- Jones, H. G., J. W. Pomeroy<sup>4</sup>, T. D. Davies<sup>4</sup>, P. Marsh<sup>4</sup> et M. Tranter<sup>4</sup> (1993). Snow-atmosphere interaction in Arctic snowpacks: net fluxes of NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> and influence of solar radiation. *Proceedings of the Eastern Snow Conference, 50th annual meeting*. Québec, juin 1993.
- Laberge, C., D. Cluis et G. M. Saulnier (1993). Multivariate directional analyses of precipitation content in the Quebec region. *Conférence nationale conjointe de la SCGC-ASCE sur le génie environnemental*. R. N. Yong, (chairman), Montréal, Québec, juillet 1993. Montréal, Université McGill, Centre de recherche géotechnique.
- Lachance, M. (1993). Les systèmes côtiers des Iles-de-la-Madeleine. *L'atelier sur l'aménagement d'un milieu lagunaire*. Cap-aux-Meules, Iles-de-la-Madeleine, août 1993.
- Lachance, M., M. Essadaoui, V. Gérardin<sup>4</sup>, J. P. Ducruc<sup>4</sup> et G. Parent<sup>4</sup> (1994). La contribution de l'analyse factorielle multiple et de la classification ascendante hiérarchique à la recherche de la structure naturelle des paysages. *Société canadienne d'écologie et d'aménagement du paysage, 4e congrès national*. Sainte-Foy, Québec, juin 1994.
- Lafleur, R., E. D. Roy<sup>4</sup>, D. Couillard et R. Guay<sup>4</sup> (1993). Determination of iron oxidizing bacteria numbers. Dans: *International Biohydrometallurgy Symposium Proceedings: Biohydrometallurgical Technologies, vol. I: Bioleaching Process*. A. E. Torma, J. E. Wey et V. I. Lakshmanan, (Eds), pp. 433-441. Jackson Hole, WY, août 1993. TMS Publication.
- Lafrance, P., S. Martineau, A. N'Dayegamiye<sup>4</sup> et J. P. Villeneuve (1993). The soil enzyme activities as affected by fertilizer type and rate of herbicide application. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Lafrance, P., F. Pelletier, D. A. Angers<sup>4</sup> et A. N'Dayegamiye<sup>4</sup> (1993). The effect of organic amendments on soil bioactivity and the degradation of atrazine. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Lafrance, P. et R. R. Simard<sup>4</sup> (1993). The impact of organic fertilization and rate of herbicide application on the persistence of atrazine. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.

- Larocque, M. et O. Banton (1993). Significance of parameter precision in modelling nitrogen cycle and nitrate leaching. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Larocque, M. et O. Banton (1993). A simple model for estimating soil temperatures in northern climates. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, août 1993.
- Marceau, D. J., D. J. Gratton, R. Fournier<sup>4</sup> et J. P. Fortin (1993). Le concept de résolution spatiale optimale en télédétection: une application au milieu forestier. Dans: *16e Symposium canadien sur la télédétection, 8e congrès de l'Association québécoise de télédétection: la télédétection: un outil pour la modélisation et la gestion des changements environnementaux*. P. Gagnon et N. O'Neill, (Eds), pp. 817-822. Sherbrooke, Québec, juin 1993. Ste-Foy, Québec, Association québécoise de télédétection.
- Martineau<sup>4</sup>, S., P. Lafrance et A. N'Dayegamiye<sup>4</sup> (1993). Impact d'une fertilisation organique et de l'atrazine sur l'activité enzymatique et la respiration microbienne d'un sol cultivé en maïs. *7e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol*. Ste-Anne-de-Bellevue, Québec, octobre 1993.
- Mathier, L. et R. Roy (1993). Data base used in regional flood analysis for the provinces of Quebec and Ontario. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Munger, C. et L. Hare (1993). Relative importance of water and food as trace metal sources to larvae of the aquatic insect *Chaoborus* (diptera). *20e colloque annuel de toxicologie aquatique*. p. 264. Québec, octobre 1993.
- Pelletier, F., P. Lafrance, D. A. Angers<sup>4</sup> et A. N'Dayegamiye<sup>4</sup> (1993). Effets de différents amendements organiques sur la bioactivité du sol et la persistance de l'atrazine sous culture de maïs. *7e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol*. Ste-Anne-de-Bellevue, Québec, octobre 1993.
- Perron, H., B. Bobée, L. Perreault et P. Bruneau<sup>4</sup> (1993). Estimation des événements hydrologiques extrêmes (crues et étiages): logiciel AJUSTE. *2e rencontre hydrologique franco-roumaine*. Tulcea, Roumanie, septembre 1993.
- Perron, H., P. Bruneau<sup>4</sup>, B. Bobée et L. Perreault (1993). AJUSTE II, a software for hydrological data analysis. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Perron, H., P. Bruneau<sup>4</sup>, B. Bobée et L. Perreault (1993). REMUS, a new software for missing data recovery. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Pesant<sup>5</sup>, A. R., D. Couillard et D. Cluis (1994). Effects of fall manure application on soil and nutrient losses in surface runoff from continuous silage corn. *International Organic Agriculture Conference (IFOAM)*. Lincoln University, N.Z., décembre 1994.
- Raboud, J. P., S. Fortier et D. Couillard (1993). Influence de l'oxygénation sur la solubilisation biologique des métaux contenus dans les boues de stations d'épuration. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 28-29. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Rancourt, L. et A. Tessier (1993). Adsorption of As(V) on various iron oxyhydroxides. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 1, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 385-388. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.
- Rasmussen, P. F. (1993). Regional flood estimation by the index flood method. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.



- Rasmussen, P. F., F. Ashkar<sup>5</sup>, D. Rosbjerg<sup>4</sup> et B. Bobée (1993). The POT method for flood estimation: a review. *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering: International Conference in Honour of Professor T.E. Unny*. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, juin 1993.
- Rasmussen, P. F. et B. Bobée (1994). Regional flood frequency analysis in Canada. *CGU annual Meeting*. Banff, Alberta, mai 1994.
- Ravishankar, B. R., R. D. Tyagi et K. S. Narasiah<sup>4</sup> (1993). Influence of colloids on metal concentrations in sludge leachates. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. pp. 37-38. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- Roy, R. et P. G. C. Campbell (1993). Aluminium complexation by a naturally occurring fulvic acid: determination of conditional stability constants and prediction of inorganic Al levels in synthetic acidic soft waters. *20e Colloque annuel de toxicologie aquatique*. pp. 208-220. Québec, octobre 1993.
- Roy, R. et P. G. C. Campbell (1993). The toxicity of mixtures of Al and Zn to Atlantic salmon *Salmo salar* in soft water at low pH. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 1, R. J. Allan et J. P. Nriagu, (Eds), pp. 399-402. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.
- Roy, R., L. Mathier et B. Bobée (1993). Probabilistic analysis of drought conditions to be used in an hydro-electric power generation context. *International Symposium on Engineering Hydrology, American Society of Civil Engineers*. C. Y. Kua, (Ed), San Francisco, Californie, USA, juillet 1993.
- Sabik<sup>4</sup>, H., S. Cooper<sup>4</sup>, P. Lafrance et J. Fournier<sup>4</sup> (1994). Développement d'une méthode d'extraction d'atrazine, ses sous-produits de dégradation et métolachlore dans l'eau et les sédiments. *62e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, mai 1994.
- Simard<sup>4</sup>, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo<sup>5</sup> et A. R. Pesant<sup>5</sup> (1993). Phosphorus sorption and desorption indices in soils. *3rd International Symposium on Soil Testing and Plant Analysis, Olympia Workshop, American Society of Agricultural Engineers*. août 1993.
- Simard<sup>4</sup>, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo<sup>5</sup> et A. R. Pesant<sup>5</sup> (1993). Phosphorus in the Beauvillage river watershed. Dans: *Conférence nationale conjointe de la SCGC-ASCE sur le génie environnemental*. R. N. Yong, (chairman), pp. 509-516. Montréal, Québec, juillet 1993. Montréal, Université McGill, Centre de recherche géotechnique.
- Slivitzky, M. et L. Mathier (1993). Climatic changes during the 20th century on the Laurentian Great Lakes and their impacts on hydrologic regime. *NATO Advanced Study Institute on Engineering Risk and Reliability in a Physical Environment*. Deauville, France, mai-juin 1993.
- Sreekrishnan<sup>5</sup>, T. R. et R. D. Tyagi (1993). Wastewater treatment using anaerobic fluidized-bed reactors. *9e Congrès régional de l'Est du Canada de l'Association canadienne pour la qualité de l'eau (ACQE)*. p. 32. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, octobre 1993.
- St-Cyr, L., P. G. C. Campbell et K. V. Guertin<sup>5</sup> (1993). Role of submerged aquatic plants in contaminant dynamics in a fluvial lake (Lake St-Pierre/St-Lawrence River, Quebec). Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 2, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 29-32. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.
- Tessier, A. (1994). [Conférencier invité]. Association of trace metals with sediment particles. *24th International Symposium on Environmental Analytical Chemistry*. Ottawa, Ontario, mai 1994.
- Tuyen<sup>4</sup>, B. C., F. T. Tran<sup>5</sup> et R. D. Tyagi (1993). PBSS (Porous Biomass Support System) coupled with ABC (Airlift Bio-Contactor) for heavy metals lixiviation of anaerobic sludge by. [*Thiobacillus Ferrooxidans*]. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), Toronto, Canada, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.

Twiss, M., L. Parent et P. G. C. Campbell (1993). Interactions among algae, aluminium and fulvic acid: an exception to the free-ion activity model of metal toxicity. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 2, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 41-44. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.

Tyagi, R. D. (1993). Biodegradation of petroleum refinery wastewater: A bioreactor comparaison. *Twenty-Eight Central Canadian Symposium on Water Research (CAWPRC)*. Burlington, Ontario, février 1993.

Vachon<sup>4</sup>, A. et P. G. C. Campbell (1993). Potential of phytochelatins in aquatic plants as biochemical indicators of exposure to toxic metals - a field study (St-Lawrence River, Quebec). Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. vol. 2, R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 45-48. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.

van Bochove, E. et D. Couillard (1993). La caractérisation des composants organiques du compost par la spectrométrie de masse à champs ionisé / Pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *3e Congrès annuel: le compostage: une solution pour tous*. pp. 341-354. Montréal, Québec, septembre 1993. Ottawa, Ontario, Environnement Canada.

Volpe<sup>4</sup>, J. P., L. Bernatchez et M. M. Ferguson<sup>4</sup> (1993). Genetic variation in four sympatric morphs of icelandic charr (*Salvelinus alpinus*). *Conférence de la société canadienne de zoologie*. Guelph, Ontario, mai 1993.

Volpe<sup>4</sup>, J. P., L. Bernatchez et M. M. Ferguson<sup>4</sup> (1993). Molecular genetic variation as revealed by direct sequencing in four sympatric morphs of Icelandic char (*Salvelinus alpinus alpinus*). *International Symposium on Genetics of Subarctic Fish and Shellfish*. Juneau, Alaska, mai 1993.

Wilkinson, K. J. et P. G. C. Campbell (1993). Aluminium dynamics at the grill surface of Atlantic salmon - role of mucus. Dans: *International Conference on Heavy Metals in the Environment*. R. J. Allan et J. O. Nriagu, (Eds), pp. 33-36. Toronto, Ontario, septembre 1993. Edinburgh, CEP Consultants Ltd.

## 5.4 Communications ou publications sans arbitrage

Bernatchez, L. (1993). Guide to the marine sport fishes of Atlantic Canada and New England. *Rev. Fish Res. [Book reviews]*, 385-386.

Bernatchez, L. (1993). [Conférencier invité]. Phylogéographie des populations néarctiques et paléarctiques de Corégones. *Université du Québec à Montréal*. Montréal, décembre 1993.

Bernatchez, L. (1993). [Conférencier invité]. Utilité de la génétique des populations pour la gestion des pêches. *Université du Québec à Trois-Rivières*. Trois-Rivières, octobre 1993.

Couillard, D. (1993). Biotechnologies appliquées à l'assainissement des eaux. *Atlas biomasse du Québec - Ressources en R & D dans le domaine de la valorisation de la biomasse*. pp. V-055, I-065. Québec, CQVB - Centre québécois de valorisation de la biomasse.

Couillard, D. (1993). The use of peat in wastewater treatment. *R & D: News, Environmental Sciences And Engineering*, 6(5): 31-34.

Couillard, D. et L. M. Barrette (1993). Déchets industriels - halte minière: traitement biologique. *R & D: Sciences et Techniques de l'eau*, 26(3): 215-216.

Ouellet, M. (30 mars 1994). Le mercure nous tombe du ciel. *Le Devoir*. Montréal.

Ouellet, M. (Avril 1994). Mercure volant. *Québec-Science [courrier]*, 32(7): 6.

Sasseville, J. L., J. F. Blais, R. Lebcir et J. P. Villeneuve (1993). Le recyclage des résidus miniers comme alternative technologique à la gestion des terrils miniers sulfureux. *Colloque régional sur l'environnement: vert une rentabilité propre: compétitivité et environnement*. Sainte-Foy, Québec, septembre 1993.

Simard<sup>4</sup>, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo<sup>5</sup> et A. Pesant<sup>5</sup> (1993). Annual unit density and P loads in soils of the Beaurivage watershed. *Annual Meeting of the Canadian Society of Soil Sciences*. St-John's, Newfoundland, septembre 1993.

Tyagi, R. D. (1994). Recent advances in the removal of heavy metals from sewage sludges. *National Seminar on Application of Biotechnology in Molasses based and Allied Industries, Trends and Prospects*. H.B. Technological Institute, Kanpur, India, février 1994.

Villeneuve, J. P., M. Leclerc et J. P. Fortin (1994). Vers la gestion intégrée des bassins versants: la modélisation numérique à l'INRS-Eau. *La modélisation en environnement*. Québec, mars 1994. 4e séminaire de vision Sciences TECS.

## 5.5 Rapports de recherche

Banton, O., M. Larocque, F. Surateau et J. P. Villeneuve (1993). *Évaluation des pertes de composés azotés dans les eaux souterraines lors de l'épandage des fumiers et lisiers: développement d'un outil d'évaluation - logiciel AgriFlux, manuel d'usager*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 380a). Québec, INRS-Eau, 111 pages.

Rapport rédigé dans le cadre du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement, volet d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PARDE-PAAGF). [Dossier no 3333.13.90.04].

Banton, O., M. Larocque, F. Surateau et J. P. Villeneuve (1993). *Logiciel d'évaluation des pertes de composés azotés vers les eaux souterraines et superficielles. Rapport final: synthèse des activités de développement du logiciel AgriFlux*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 380b). Québec, INRS-Eau, 89 pages.

Rapport rédigé dans le cadre du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement, volet d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PARDE-PAAGF). [Dossier no 3333.13.90.04].

Banton, O., M. Larocque, J. L. Sasseville, J. Lareau, J. Nolet et G. Gagné<sup>4</sup> (1994). *Méthodologie d'évaluation et choix stratégiques dans la gestion des surplus de fumiers et lisiers. Vol. 3: Méthode de détermination des droits de pollution: formulation des relations doses-réponses*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 400). Québec, INRS-Eau, 82 pages.

Rapport rédigé en collaboration avec la firme Consultants BPR.

Bernatchez, L. (1993). *Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan. Avant-projet, phase 1. Etudes environnementales, milieu biologique (faune ichtyenne). Faisabilité d'une caractérisation génétique des populations de ouananiches du lac Saint-Jean en vue de calculer leur contribution à la pêche en lac*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 426). Québec, INRS-Eau, 23 pages.

Bernier, M. (1993). *Suivi du couvert nival par radar (RAS)*. (INRS-Eau, rapport de recherche: 395). Québec, INRS-Eau, 13 pages.

Rapport rédigé pour le Centre canadien de télédétection, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Blais, J. F., N. Meunier et J. L. Sasseville (Eds.), (1993). *Les procédés de décontamination des boues d'épuration municipales*. J. F. Blais, J. Bourget, N. Meunier et J. L. Sasseville, T. R. Sreekrishnan et R. D. Tyagi, (équipe de rédaction). (INRS-Eau, Rapport de recherche: 402). Québec, INRS-Eau, 6 volumes, 3 annexes. Vol. 1: La synthèse technologique, vol. 2: La problématique de recherche et les bases théoriques, vol. 3: La démarche méthodologique, vol. 4: Le procédé combiné de digestion des boues et de biolixiviation des métaux toxiques, vol. 5: Le procédé chimique de lixiviation des métaux toxiques, vol. 6: La faisabilité technico-économique des procédés de décontamination, ann. I: Le procédé biologique, données et calculs, ann. II: Le procédé chimique: données et calculs, ann. III: Le programme informatisé d'évaluation des coûts de gestion des boues.

Rapport rédigé dans le cadre d'un projet R & D. = CONFIDENTIEL.

Campbell, P. G. C. (1994). *Évaluation de l'élimination sous l'eau comme technique pour stabiliser les résidus miniers - cas du parc à résidus du projet minier Grevet*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 407). Québec, INRS-Eau, 37 pages.

Rapport rédigé pour la Direction des affaires nordiques et autochtones, ministère de l'Environnement et de la Faune [projet 8630-002].

- Campbell, P. G. C., L. St-Cyr et A. Vachon (1993). *Les plantes aquatiques comme bioindicateurs de la contamination du système St-Laurent en métaux toxiques: bioaccumulation, détoxification et effets sous-létaux*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 396). Québec, INRS-Eau, 10 pages. Rapport rédigé pour le CRSNG, programme de partenariats de recherche, programme de subventions conjointes Centre Saint-Laurent (CSL/CRSNG), [dossier 699-038/90].
- Cluis, D. (1993). *CHEPTEL, un logiciel de planification destiné à évaluer les potentiels de pollution par les élevages intensifs au Québec*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 411). Québec, INRS-Eau, 62 pages. Programme de recherche et développement en environnement agricole PARDE 88-2.
- Cluis, D. et E. Quentin (1993). *Géomatique agricole: évaluation régionale et locale de la contribution des activités agricoles en matières fertilisantes provenant des lisiers et fumiers: 1- rapport général; 2- manuel d'utilisation; 3- référence technique*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 394). Québec, INRS-Eau, 3 rapports (1- 79 p.; 2- 81 p.; 3- 116 p.).
- Consultants BPR<sup>5</sup> et INRS-Eau (1994). *Contrôle de l'opération des ouvrages d'interception de la CUQ - PHASE-II*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 409). Québec, INRS-Eau, 12 rapports: RP-29, RP-28- A, RP-23, RP-22, RP-21, RP-20, RP-19, RP-18, RP-16, RP-15, RP-14, RP-13, RP-12, RP-11, RP-10, RP-9, RP-3. Rapport rédigé en collaboration avec la firme Consultants BPR.
- Couillard, D., J. Bourgoïn<sup>4</sup>, M. Chartier, G. Mercier, C. Sauvageau, C. Tincelin<sup>5</sup>, INRS-Eau (promoteur), R&D Inc. (partenaire), Pyrox Inc. (partenaire) et Communauté urbaine de Québec (partenaire) (1994). *Décontamination des cendres volantes d'incinérateur de déchets municipaux. Phase I: mise au point du procédé en erlenmeyers*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 424). Québec, INRS-Eau, 314 pages. Rapport rédigé pour le compte du ministère de l'Environnement du Québec, Fond de recherche et de développement des technologies environnementales.
- Couillard, D., J. Bourgoïn<sup>4</sup>, M. Chartier, G. Mercier, C. Sauvageau, INRS-Eau (promoteur), R&D Inc. (partenaire), Pyrox Inc. (partenaire) et Communauté urbaine de Québec (partenaire) (1994). *Décontamination des cendres volantes d'incinérateur de déchets municipaux. Phase II: essais d'optimisation en erlenmeyers et en réacteurs de 30L*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 425). Québec, INRS-Eau, 360 pages. Rapport rédigé pour le compte du ministère de l'Environnement du Québec, Fond de recherche et de développement des technologies environnementales.
- Couillard, D., P. Chouinard, G. Mercier, M. Létourneau<sup>4</sup> et M. Dubé<sup>4</sup> (1994). *Détermination de l'influence de différentes pratiques de valorisation des boues d'épuration des eaux usées urbaines sur la productivité des érablières et des plantations d'arbres de Noël et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques: méthodologie, plan d'expérience et suivi des travaux de terrain pour la saison 1993*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 426). Québec, INRS-Eau, 78 pages. Rapport présenté à la Direction de la recherche et des technologies environnementales, ministère de l'Environnement du Québec.
- Couillard, D., P. Chouinard, G. Mercier, E. Cormier, M. Roy, D. Fournier, M. Létourneau<sup>4</sup>, L. Bégin<sup>4</sup> et M. Dubé<sup>4</sup> (1994). *Détermination de l'influence de différentes pratiques de valorisation des boues d'épuration des eaux usées urbaines sur la productivité des érablières et des plantations d'arbres de Noël et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques: résultats préliminaires des essais de 1993*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 427). Québec, INRS-Eau, 185 pages. Rapport présenté à la Direction de la recherche et des technologies environnementales, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec.
- Couillard, D., P. Chouinard et G. Mercier, coll. (1993). *Risques environnementaux associés à la présence de contaminants organiques de synthèse dans différentes boues résiduelles lors de leur valorisation en milieu agricole et forestier. Revue de littérature*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 381). Québec, INRS-Eau, 80 pages. Rapport rédigé pour et distribué par le ministère des Forêts du Québec.

- Essadaoui, M. et M. Lachance (1993). *Construction d'une carte écologique avec une procédure basée sur des méthodes multidimensionnelles d'analyse des données: application à la réserve faunique de Mastigouche*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 377). Québec, INRS-Eau, 78 pages. Rapport rédigé pour la Direction du patrimoine écologique, ministère de l'Environnement du Québec.
- Greendale<sup>4</sup>, R., R. Lalumière<sup>4</sup>, M. Lachance, M. Boies<sup>4</sup>, C. Lemieux<sup>4</sup> et S. Bernier<sup>4</sup> (1994). *Mise à jour de l'information sur les habitats de poisson de la baie James et du sud-est de la baie d'Hudson*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 419). Québec, INRS-Eau, 31 pages, 3 annexes. Rapport conjoint groupe Environnement Shooner et INRS-Eau pour la Direction de la gestion de l'habitat du poisson (DGHP), ministère des Pêches et des Océans du Canada.
- Lachance, M., M. Duchemin et P. G. C. Campbell (1993). *Validation des données relatives aux concentrations des métaux dans l'eau des rivières du Québec*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 387). Québec, INRS-Eau, 73 pages, 3 annexes. Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement Québec.
- Lachance, M., R. Lalumière<sup>4</sup> et R. Greendale<sup>4</sup> (1994). *Méthode de classification du littoral québécois à des fins de gestion de l'habitat du poisson*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 418). Québec, INRS-Eau, 46 pages, 1 annexe. Rapport conjoint groupe Environnement Shooner et INRS-Eau pour la Direction de la gestion de l'habitat du poisson (DGHP), ministère des Pêches et Océans Canada.
- Lachance, M., G. Verreault<sup>4</sup>, B. P. Harvey<sup>4</sup> et L. Côté<sup>4</sup> (1993). *Développement de cartes thématiques aux Iles-de-la-Madeleine: cartographie des systèmes côtiers et élaboration du système de gestion de base des données*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 368). Québec, INRS-Eau, 148 pages. Rapport rédigé en collaboration avec le groupe Conseil ARGUS Inc. pour le ministère des Pêches et Océans Canada, Gestion de l'habitat du poisson.
- Lafrance, P., O. Banton, INRS-Eau et F. Bernard<sup>4</sup> Inc. (1994). *Évaluation environnementale des pratiques culturales sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 390). Québec, INRS-Eau, 3 volumes. Phase 1 (1993), 25 pages, phase 2 (1994), 58 pages, phase 3 (1994), 80 pages - Rapport rédigé en collaboration avec la firme F. Bernard Inc. et présenté au ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la recherche et des technologies environnementales.
- Lalumière<sup>4</sup>, R., M. Lachance, R. Greendale<sup>4</sup>, M. Boies<sup>4</sup>, J. Therrien<sup>4</sup> et C. Lemieux<sup>4</sup> (1994). *Mise à jour de l'information sur les habitats de poisson de la baie des Chaleurs*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 417). Québec, INRS-Eau, 39 pages, 4 annexes. Rapport conjoint groupe Environnement Shooner et INRS-Eau pour la Direction de la gestion de l'habitat du poisson (DGHP), ministère des Pêches et des Océans Canada.
- Leblanc<sup>4</sup>, B. et M. Lachance (1993). *Conception et implantation d'un SGBD pour répondre aux besoins en données de différents modèles de simulation sur un bassin versant*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 397). Québec, INRS-Eau, 70 pages.
- Leclerc, M., P. Boudreau, B. Doyon, B. Morse<sup>4</sup> et S. Dumont<sup>4</sup> (1993). *Simulation numérique d'interventions visant l'amélioration du transit de la glace dans le lac Saint-Pierre*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 398). Québec, INRS-Eau, 68 pages, 13 annexes. Rapport rédigé pour la Garde côtière canadienne.
- Morin, G. et P. Paquet (1994). *Le modèle de simulation de quantité et de qualité SIGMA. Manuel de référence*. (INRS-Eau, Rapport de recherche: 404). Québec, INRS-Eau, 150 pages, 11 annexes.

Sasseville, J. L. et J. P. Villeneuve (Eds.), (1993). *Les procédés de recyclage des résidus miniers*. L. M. Barrette, J. F. Blais, N. Hammou, R. Lebcir, E. Salvano, I. Toromanoff et P. Vachon, (équipe de rédaction), (INRS-Eau, Rapport de recherche: 401). Québec, INRS-Eau, 9 volumes, 4 annexes. vol. 1: Synthèse technologique globale, vol. 2: L'approche par bio-procédés, vol. 3: L'analyse technologique des procédés de recyclage des résidus miniers, vol. 4: La biolixiviation en réacteur, vol. 5: La biolixiviation sur le terrain, vol. 6: Le contrôle des risques environnementaux, vol. 7: La performance des souches microbiennes, vol. 8: Hypothèse technologiques: la biolixiviation en bioréacteur, vol. 9a: Hypothèse technologiques: la lixiviation sur le terrain, vol. 9b: Hypothèses technologiques: bibliographie, ann. I: La biolixiviation en réacteur, ann. II: La biolixiviation sur le terrain, ann. III: Le contrôle des risques environnementaux, ann. IV: La performance des souches microbiennes  
Rapport rédigé dans le cadre d'un projet R & D. = CONFIDENTIEL.

Sasseville, J. L. et J. F. Blais (1994). *Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau*. J. F. Blais, J. D. Bourgault, R. Fontaine<sup>4</sup>, P. Hosatte<sup>4</sup>, J. Lareau, R. Lampron<sup>4</sup>, R. Lebcir, M. Létourneau<sup>4</sup>, K. Mamouny, K. Nlombi, J. L. Sasseville et M. Tremblay<sup>4</sup> (équipe de rédaction), (INRS-Eau, Rapport de recherche: 405). Québec, INRS-Eau, 5 volumes, 3 annexes. vol. 1: Les programmes administratifs, vol. 2: Les mesures d'efficacité énergétique pour le prélèvement, le traitement et la distribution de l'eau de consommation, vol. 3: Les mesures d'efficacité énergétique pour l'épuration des eaux usées municipales, vol. 4: Les mesures d'efficacité énergétique dans le secteur du traitement et de l'épuration des eaux industrielles, vol. 5: Gestion de la demande d'énergie électrique au Québec dans les industries de l'eau, ann. I: Bibliographie, ann. II: Compte-rendus des réunions, ann. III: Glossaire des termes techniques et des concepts de gestion applicables au secteur de l'eau.  
Rapport rédigé dans le cadre d'un projet R & D. = CONFIDENTIEL.

## 5.6 Rapports internes

Dupuis, L. et P. F. Rasmussen (1993). *Evaluation de méthodes "indice de crue" pour l'estimation d'une distribution régionale*. (INRS-Eau, Rapport interne: 125). Québec, INRS-Eau, 26 pages, 3 annexes.

Mathier, L., R. Roy, B. Bobée, H. Perron et V. Fortin (1993). *Estimation régionale des débits de crue: description des banques hydrométriques, météorologiques et physiographiques pour le Québec et l'Ontario*. (INRS-Eau, Rapport interne: 123). Québec, INRS-Eau, 79 pages.

Ouellet, M. et P. Pagé<sup>4</sup> (1994). *La réhabilitation de carrières par l'aménagement de lacs artificiels*. (INRS-Eau, Rapport interne: I000129). Québec, INRS-Eau, 11 pages.  
Rapport rédigé pour la société Désourdy 1949 inc., Montréal = CONFIDENTIEL.

## 5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise

Ait-Ssi, L. (1993) *Modélisation stochastique du transfert des pesticides dans les sols et les eaux souterraines. Application à la vulnérabilité des puits*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 96 pages, 3 annexes.  
Directeur: Villeneuve, J. P.  
Codirecteur: Banton, O.

Alfaro de la Torre, M. C. (1993) *Estimation des constantes de sorption de métaux traces sur les différents composants des sédiments aquatiques oxydés*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 148 pages.  
Directeur: Tessier, A.

Benmouffok, D. (1993) *Conception d'un modèle physiographique de bassin versant à partir de modèle numérique d'altitude*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 149 pages.  
Directeur: Fortin, J. P.

- Bélangier, S. (1993) *Modélisation du mouvement vertical de l'eau en milieu non saturé*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 74 pages.  
Directeur: Villeneuve, J. P.  
Codirecteur: Banton, O.
- Brassard, S. (1993) *Evaluation du potentiel acidogène de divers rejets miniers par une méthode bio-cinétique*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 118 pages.  
Directeur: Tyagi, R. D.  
Codirecteur: Blais, J. F.
- Couillard, Y. (1993) *La métallothionéine dans la bivalve d'eau douce *Anodonta grandis*: études in situ du rôle de cette protéine dans la détoxification des métaux traces et son évaluation comme indicateur biochimique*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 207 pages.  
Directeur: Campbell, P. G. C.  
Codirecteur: Tessier, A.
- D'Arcy, P. (1993) *Relations entre les propriétés du bassin versant, la morphométrie du lac et la qualité des eaux*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 73 pages, 5 annexes.  
Directeur: Carignan, R.
- Gauthier, J. (1993) *Modélisation du transport de chaleur en milieu poreux. Application à un système de pompage géothermique avec stockage d'énergie en aquifère*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 123 pages.  
Directeur: Villeneuve, J. P.  
Codirecteur: Banton, O.
- Haché, M. (1993) *Modélisation de variables de précipitation par des distributions statistiques: application à la région du Québec et du Nouveau-Brunswick*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 164 pages.  
Directeur: Bobée, B.  
Codirecteur: Ashkar, F.
- Lareau, J. (1993) *Evaluation de la toxicité, du potentiel eutrophisant et des effets sur l'algue *Selenastrum capricornutum*, des eaux de ruissellement agricole provenant de sols fertilisés avec du lisier de porc en conditions printanières*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 145 pages.  
Directeur: Couillard, D.  
Codirecteur: Couture, P.
- Lebrun, A. M. (1993) *Modélisation des écoulements souterrains dans un massif de résidus miniers*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 118 pages.  
Directeur: Villeneuve, J. P.  
Codirecteur: Banton, O.
- Lecomte, P. (1993) *Etude de sorption du cuivre sur des oxyhydroxydes de fer synthétiques et diagénétiques*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 87 pages.  
Directeur: Tessier, A.
- Lessard, S. (1993) *Identification des causes des nuisances organoleptiques d'une eau lacustre à potabiliser et proposition d'un procédé de traitement*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 165 pages.  
Directeur: Couillard, D.  
Codirecteur: Lafrance, P.
- Rancourt, L. (1993) *Adsorption de l'ion arséniate sur des oxyhydroxydes de fer*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 87 pages.  
Directeur: Tessier, A.
- Tincelin, C. (1993) *Etude de l'enlèvement des métaux lourds contenus dans les cendres volantes d'incinérateurs d'ordures ménagères*. [Mémoire de Maîtrise es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 138 pages.  
Directeur: Couillard, D.
- van Bochove, E. (1993) *L'étude du cycle de l'azote dans le processus de compostage: le cas du fumier de bovin*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 171 pages, 3 annexes.  
Directeur: Couillard, D.

Wilkinson, K. J. (1993) *Bioaccumulation de l'aluminium inorganique ( $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)_x^{(3-x)+}$ ,  $Al(F)_y^{(3-y)+}$  chez le saumon atlantique en relation avec l'acidification du milieu aquatique*. [Thèse de Doctorat es Sciences (Eau)] Québec, INRS-Eau, Université du Québec, 201 pages.  
Directeur: Campbell, P. G. C.

Cluis, D. *La géomatique en Croatie*. 15 pages, 4 annexes.  
Rapport de mission effectué du 19 au 30 novembre 1993 à Zagreb.

Dupont\*, J. et D. Cluis (1993). *Essai du modèle PEGASE et évaluation d'autres approches de modélisation hydrochimique*. 46 pages.  
Rapport de mission effectué en Belgique et en Hollande de 11 au 17 décembre 1993.

## 5.8 Publications diverses

Alberto<sup>4</sup>, J. M., F. Padilla et I. Morell<sup>4</sup> (1993). *Aplicación del modelo MELEF-5V de simulación de flujo y transporte de contaminantes de origen agrícola a través de la zona no saturada. Seminario sobre la zona no saturada*. Universidad Jaume I, Castellón, España, novembre 1993.

Padilla, F. (1993). *Procesos y modelos en las zonas no saturada y saturada del suelo. Curso-seminario interamericano sobre problemas de calida del agua*. Toluca, México, septembre, 1993.

INRS-Eau (1993). *Guide 1993-1994 du programme de maîtrise en sciences de l'eau*. (INRS-Eau, Guide de maîtrise). 24 pages, 3 annexes.

## 5.9 Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1993-1994

5.0 Rapport annuel	1
5.1 Articles publiés dans des revues scientifiques	52
5.2 Livres ou ouvrages collectifs	3
5.3 Communications avec arbitrage	88
5.4 Communications ou publications sans arbitrage	12
5.5 Rapports de recherche	28
5.6 Rapports internes	3
5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise	17
5.8 Publications diverses	5
TOTAL	209



## 6 SÉMINAIRES ET COLLOQUES

---

En 1993-1994, le professeur R. Landis HARE s'est occupé de l'organisation des séminaires, colloques et conférences de l'INRS-Eau. Ces activités comprenaient les séminaires réguliers présentés par les étudiants de deuxième et troisième cycles dans le cadre des programmes de maîtrise et de doctorat, la série de "Séminaires du mercredi midi" (présentée par les chercheurs du Centre), ainsi qu'un programme de conférenciers invités. La liste des communications sur invitation tenues à l'INRS-Eau figure ci-dessous.

### **R. KRZYSZTOFOWICZ**

**Univ. Virginia, Charlottesville, Virginia**  
"Bayesian analysis of flood forecasts"  
5 novembre

### **P. MAGNAN**

**Univ. du Québec à Trois-Rivières,  
Trois-Rivières, Québec**  
"Une approche intégrée pour l'étude des communautés"  
21 janvier

### **N. YAN**

**Ministère de l'Environnement, Dorset,  
Ontario**  
"Long-term study of the recovery of the biota in Sudbury-area lakes"  
28 janvier

### **D. DZOMBAK**

**Carnegie Mellon Univ., Pittsburg,  
Pennsylvania**  
"Adsorption on oxides for removal of metals in water treatment"  
18 février

### **J.-P. DEDIEU**

**Univ. de Grenoble, Grenoble**  
"La caractérisation de la surface du manteau neigeux à l'aide des images TM"  
2 mars

### **S. TREMBLAY**

**Environnement Québec, Québec**  
"L'anguille d'Amérique: gloire et chute d'une espèce mystérieuse"  
16 mars

### **N. PRICE**

**Univ. McGill, Montréal, Québec**  
"Elemental composition and nitrogen metabolism of iron-limited marine diatoms"  
18 mars

### **R. VAN COILLIE**

**Environnement Canada, Québec**  
"Le suivi des effets environnementaux"  
23 mars

### **N. HUTCHISON**

**Environnement Ontario**  
"Modeling the response of a shallow eutrophic lake to phosphorus abatement strategies"  
25 mars

### **N.S. FISHER**

**State Univ. New York, Stony Brook, New York**  
"Recent advances in metal-plankton interactions"  
8 avril

### **R.A. WHARTON**

**Desert Research Institute, Reno, Nevada**  
"Limnological research on the continent of Antarctica"  
15 avril

### **T.B.S. PRAKASAM**

**Water Reclamation of Chicago, Chicago, Illinois**  
"Practical aspects of municipal sludge management at the Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago"  
29 avril



## 7 SERVICES

---

### 7.1 Administration

Le service offre au directeur un support pour la gestion administrative et financière du Centre. Il répond aux demandes du personnel de recherche, aux étudiants et à tous les responsables de service en ce qui a trait à ces aspects.

Ce service doit voir à préparer et à réviser le budget de fonctionnement accordé par le MESS et doit assurer la gestion des dépenses effectuées à même les revenus de subventions et de contrats. Au niveau des contrats et des subventions, il exerce un suivi des entrées de fonds "facturations" et voit à la production des états financiers pour les organismes concernés. Dans le cadre de la gestion des revenus externes, il voit à l'application des règles pour les frais indirects et il fait la gestion de ces fonds.

Le service contrôle et gère les demandes d'achat, les commandes, les rapports de dépenses de voyage et les demandes de paiement.

Le service doit aussi fournir les informations aux membres du centre en ce qui a trait aux articles normatifs des conventions collectives et protocole régissant les conditions de travail. Il voit aussi à l'assignation des salaires, la répartition du temps des employés, la comptabilisation des autorisations d'absence.

### 7.2 Documentation

Au service de la Documentation, l'année 1994 a été marquée par la restructuration et la consolidation des services aux usagers. Ainsi, d'importants travaux de rénovation auront permis d'améliorer les espaces de lecture et de relocaliser certaines collections, dont celle de la référence. Ces modifications apporteront également certains correctifs en matière de sécurité des collections. Enfin, le secteur du prêt-entre-bibliothèques a maintenant son propre local. L'autre grande étape de l'année aura été l'informatisation intégrale de ce secteur avec l'arrivée du logiciel de PEB de l'Université du Québec. Au chapitre des améliorations, signalons une utilisation de plus en plus importante des télécommunications, principalement de l'Internet, la mise sur pied d'un projet de cours d'introduction à la recherche documentaire pour les étudiant(e)s de maîtrise et un regard analytique sur la collection des périodiques (abonnements actifs). Notons également le travail de

consolidation auprès de notre clientèle externe, principalement par l'amélioration du suivi des dossiers.

Tous ces changements ont par ailleurs eu un certain impact sur l'activité bibliothéconomique proprement dite. On note ainsi un léger accroissement du nombre moyen d'heures d'utilisation des bases de données (60 heures/mois contre 55 en 1992-1993); le nombre de ces bases interrogeables sur place s'est également accru, passant de 10 à 15. Un total de 12 éditions des profils d'intérêt (diffusion sélective de l'information - DSI) a été réalisé pour une moyenne de 41 abonné(e)s. Par contre, le nombre total d'emprunt via le prêt-entre-bibliothèques a légèrement diminué, principalement à cause de la fin des activités du projet BIOLIX (1992-1994), passant de 4538 demandes en 1992-1993 (378/mois) à 4035 demandes (367/mois) en 1993-1994. Enfin, le secteur de la reprographie a connu une année record avec une moyenne de 91 200 copies/mois contre 82 350/mois pour l'année 1992-1993.

### 7.3 Informatique

À 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 auprès des usagers, l'entretien de l'équipement. Les applications de l'informatique aux divers projets du Centre sont assurées par plusieurs informaticiens rattachés aux équipes de recherche et spécialisés dans des domaines propres aux projets des chercheurs. La fonction bureautique est assurée par quatre secrétaires également rattachées aux équipes de recherche.

Le Service d'informatique comptait cette année sur une équipe polyvalente : outre le responsable, notons l'addition d'un technicien à plein temps et la présence de stagiaires, ainsi que la collaboration spéciale

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'intégrer le courrier électronique local avec celui d'Internet sur une plate-forme SUN/UNIX, en plus de rendre accessibles aux usagers les services de vase offerts par TCP/IP (telnet, FTP, Email, accès aux forums externes, ...) à partir du réseau local. Par exemple, les usagers oeuvrant dans l'environnement OS/2 peuvent maintenant gérer leur courrier directement de leur micro-ordinateur; le même service devrait être disponible sous environnement WINDOWS, suite à l'étude présentement en cours. Notons aussi l'implantation d'un Cluster Open VMS pour supporter, entre autres, le système de traitement d'images du Centre, de même que la création d'une base de données (Paradox) pour la gestion des ressources et équipements en téléphonie et en télécommunications.

Nous prévoyons pour l'an prochain mettre l'accent sur l'implantation de logiciels et de services offrant à chaque usager l'accès facile et convivial au réseau local et au monde Internet, tant à l'interne que de l'externe. Il faudra aussi songer à implanter des liens plus rapides de communications entre l'Université du Québec, le Carrefour Molson et le Complexe scientifique.

## 7.4 Laboratoires

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

Le responsable du laboratoire voit à la formation et à la supervision du personnel. Il répartit les tâches

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

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

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

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

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

De plus, le laboratoire est aussi impliqué dans la communauté scientifique gouvernementale et de 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\$)

<b>REVENUS</b>		
Subventions de base et fonds généraux sans restriction		3 633
Fonds spéciaux avec restrictions		
Subventions de recherche		
CRSNG	1 410	
FCAR	291	
Autres sources	1 082	
Total des subventions		2 783
Contrats de recherche		2 468
APE indirect		2 964
<b>TOTAL DES REVENUS</b>		<b>11 847</b>
<b>DÉPENSES</b>		
Recherche et enseignement		6 899
Soutien à la recherche et à l'enseignement		
Frais généraux et d'administration	504	
Documentation et édition	227	
Direction du Centre	164	
Informatique	122	
Laboratoire	174	
Terrains et bâtiment	685	
Total soutien à la recherche et à l'enseignement		1 877
APE		2 964
<b>TOTAL DES DÉPENSES</b>		<b>11 739</b>
<b>SURPLUS (DÉFICIT)</b>		<b>108</b>

57

Pour l'exercice terminé le 31 mai

**DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (x 1000\$)**

	<b>Salaires, avantages sociaux et bourses</b>	<b>Frais de terrains, voyages, fournitures et matériel</b>	<b>Services professionnels, contractuels et publics; loyer</b>	<b>TOTAL</b>
Recherche et enseignement	5 437	873	589	<b>6 899</b>
Frais généraux d'administration	353	121	30	<b>504</b>
Documentation et édition	152	41	35	<b>227</b>
Direction du Centre	144	19	1	<b>164</b>
Informatique	103	6	12	<b>122</b>
Laboratoires	102	56	16	<b>174</b>
APE	0	0	2 964	<b>2 964</b>
Terrains et bâtiments	0	2	683	<b>685</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6 291</b>	<b>1 119</b>	<b>4 329</b>	<b>11 739</b>

**RÉPARTITION DES DÉPENSES  
PAR FONCTION UNIVERSITAIRES**

