

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**I N R S - E A U**

**VINGT-TROISIEME RAPPORT ANNUEL**

**1er juin 1991 au 31 mai 1992**

5 février 1992

**I N R S - E a u**  
**Université du Québec**  
**C.P. 7500, Sainte-Foy**  
**Québec, Canada, G1V 4C7**  
**(418) 654-2524**



## TABLE DES MATIERES

	Page
1 - RAPPORT DU DIRECTEUR.....	1
2 - RESSOURCES HUMAINES.....	5
3 - RECHERCHE.....	13
3.1 Hydrologie.....	13
3.2 Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales.....	29
3.3 Biogéochimie.....	44
4 - ENSEIGNEMENT.....	67
4.1 Maîtrise en sciences de l'eau.....	67
4.2 Doctorat en sciences de l'eau.....	73
5 - PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS.....	81
5.1 Articles publiés dans des revues scientifiques.....	81
5.2 Publications sans arbitrage.....	84
5.3 Communications avec arbitrage ou sur invitation.....	85
5.4 Communications sans arbitrage.....	91
5.5 Rapports scientifiques ou techniques.....	92
5.6 Rapports internes.....	95
5.7 Thèses de doctorat et mémoires de maîtrise.....	95
5.8 Livres ou ouvrages collectifs.....	97
5.9 Publications diverses.....	98
5.10 Statistiques des publications et communications des membres de l'INRS-Eau publiées durant l'année 1991-1992.....	99

6 - SÉMINAIRES ET COLLOQUES .....	101
7 - AUTRES ACTIVITÉS.....	103
7.1 Coopération scientifique.....	103
7.2 Collaborations externes .....	105
7.3 Participation aux activités d'autres organismes ou comités .....	108
7.4 Revues scientifiques .....	111
7.5 Visiteurs.....	112
7.6 Associations professionnelles.....	113
7.7 Activités internes au sein de l'INRS et de l'Université du Québec.....	116
8 - SERVICES .....	119
8.1 Organisation des laboratoires.....	119
8.2 Informatique et bureautique.....	121
8.3 Documentation et Édition.....	123
9 - RAPPORT FINANCIER.....	125

# 1 - RAPPORT DU DIRECTEUR

---

## FAITS SAILLANTS

A l'INRS-Eau, l'année budgétaire 1991-1992 s'est déroulée dans un contexte d'interrogation et de réflexion sur les besoins futurs du Centre.

A la suite de l'évaluation de notre programmation scientifique, nous avons pu établir les axes de recherche qui seront maintenus et définir les avenues à développer au cours des prochaines années. Les résultats de cette démarche ont soutenu une estimation de nos besoins en professeurs (29) et en locaux (10 000 m<sup>2</sup>) pour les cinq prochaines années.

Au cours de l'année qui se termine, notons particulièrement la mise en route de deux importants projets de recherche financés par des appels publics à l'épargne (APE). L'un porte sur l'extraction des métaux des boues d'épuration et des résidus miniers (4,5 millions de dollars); l'autre vise la réalisation de modèles simulant les écoulements et le transport de certains types de pollution en rivières (6,5 millions de dollars). Ces deux projets, qui se dérouleront sur une période de deux ans, engagent plus de la moitié de nos ressources humaines. Intimement intégrés à la programmation scientifique du Centre, ces travaux assurent le développement et le prolongement d'activités en cours depuis plusieurs années. Non seulement permettront-ils aux chercheurs qui s'y investissent d'accroître rapidement leurs connaissances, mais ils leur donneront l'occasion de mettre en valeur un savoir-faire à la fine pointe des transferts technologiques dans ces domaines.

Deux approches scientifiques guident les démarches entreprises pour définir les orientations et les activités de recherche du Centre: l'étude et la mesure des processus et des procédés ainsi que la modélisation des mécanismes les décrivant. Les activités de recherche du Centre se sont poursuivies dans cette optique, en respectant les axes privilégiés et les domaines identifiés dans la programmation sexennale de 1988. Aux activités déjà rôdées, s'en est ajoutée une autre portant sur l'hydrologie et l'environnement en milieu forestier.

Cette année encore, l'enseignement universitaire a motivé une part importante des efforts poursuivis au Centre. En effet, en 1991-1992, le Centre a accueilli 34 étudiants au second cycle et 30 au troisième cycle. De ces 64 étudiants, 13 ont obtenu leur diplôme de maîtrise et 5 de leur doctorat. Ce nombre exceptionnellement élevé de diplômés s'avère d'excellent augure pour la durée moyenne des études. L'évaluation des programmes d'enseignement a démontré l'adéquation et la pertinence des activités d'enseignement par rapport à leurs objectifs. Pour répondre aux besoins de spécialisation de jeunes scientifiques et à la nécessité du recyclage des scientifiques en milieu de travail, le comité d'évaluation suggère la création d'un volet de formation professionnelle à la maîtrise. Des démarches ont été entreprises pour la concrétisation de ce projet que l'on souhaite mettre en route au cours de l'année 1993.

L'année 1991-1992 fut marquée par l'excellence de l'autofinancement des activités de recherche. En effet, les apports financiers de sources externes ont atteint tout près de 4 millions de dollars. Couvrant 64% des dépenses du Centre pour l'année, ces revenus proviennent de subventions, pour un montant de 2 millions de dollars. Les principaux organismes subventionnaires qui nous ont soutenus sont le Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) (388 000\$), le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) (1 100 000\$), le ministère de l'Environnement du Québec (230 000\$) ainsi que différents ministères et organismes fédéraux et provinciaux (257 000\$). Par ailleurs, les contrats de recherche émanent

de différentes sources, entre autres, Environnement Canada (718 000\$), Hydro-Québec (181 000\$), Pêches et Océans Canada (75 000\$) et la firme F. Bernard inc. (63 000\$).

Une fois de plus, par leur compréhension, leur rigueur et leurs efforts quotidiens, les professeurs ont soutenu avec efficacité notre gestion financière. Entre autres, leur prise en charge d'une part encore accrue des frais indirects a permis au Centre de terminer l'année avec un excédent significatif des revenus sur les dépenses.

Par ailleurs, nous nous réjouissons qu'un pionnier de notre Centre, Michel Slivitzky, ait été nommé professeur émérite de l'INRS. A l'origine de la création de l'INRS-Eau, dont il fut directeur à deux reprises, Monsieur Slivitzky se voit reconnaître son importante contribution au développement de l'INRS-Eau et à l'essor des sciences de l'eau.

Dans le cadre de la coopération scientifique France-Québec et de l'entente intervenue entre l'INRS-Eau et le Groupement d'intérêt scientifique (GIS), la publication de la Revue des Sciences de l'Eau s'est poursuivie. La rédaction et l'édition de cette revue sont rendues possibles grâce, en particulier, à l'aide financière du fonds FCAR.

En février 1991, l'INRS-Eau faisait l'acquisition d'espaces supplémentaires de travail au Carrefour Molson. Ces nouveaux locaux (474 m<sup>2</sup>) sont déjà comblés et le besoin pour d'autres emplacements de laboratoire reste entier. Dans un Centre dont la dynamique interne se veut essentiellement interdisciplinaire, la séparation des équipes de recherche soulève sans cesse de nouvelles difficultés.

## **RECHERCHE**

Au cours de l'année nous avons procédé à l'examen de nos activités de recherche et l'élaboration d'un plan global de nouvelles activités. Cet exercice nous a permis de structurer notre programmation de recherche dans trois domaines: l'hydrologie; l'assainissement, le contrôle de la pollution et les technologies environnementales; la biogéochimie. Ces trois programmes de recherche regroupent l'ensemble des activités de recherche du Centre.

### **1) Hydrologie**

Dans ce programme, les recherches visent la compréhension, la modélisation et la simulation des écoulements et des transports de l'eau et de ses solutés. S'y retrouvent les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique et de modélisation appliquées aux écoulements. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques applicables aux mouvements de l'eau et aux déplacements des substances nutritives et toxiques à travers les différentes phases du cycle hydrologique. Quant aux recherches en analyse statistique, elles traitent des crues, de l'évolution de la qualité des eaux et de la variabilité des dépôts atmosphériques. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique du comportement des écoulements, le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et le développement d'algorithmes spécifiques. Différentes approches, comme la théorie de la décision, l'analyse du risque, le contrôle optimal et les systèmes experts, mènent à de nouvelles applications.

### **2) Assainissement, contrôle de la pollution et technologies environnementales**

L'étude des processus d'assainissement est orientée vers la compréhension et l'application de procédés pour le développement de technologies environnementales. Des recherches portent sur les problèmes liés à la

valorisation des boues provenant du traitement des eaux usées. Des avenues prometteuses en matière de valorisation des déchets d'épuration sont aussi explorées par le Centre. Par ailleurs, d'autres activités concernent le développement de procédés de traitement, de recyclage et de stabilisation des résidus miniers, le contrôle de la pollution et les effets des eaux acides sur les organismes aquatiques. Les recherches visent à fournir des outils informatiques susceptibles d'orienter et d'appuyer les choix d'aménagement aussi bien que les décisions concernant la gestion de l'eau. L'une des applications les plus directes de ces dernières recherches concerne la localisation et l'optimisation des usines d'assainissement, l'élaboration de stratégies de contrôle des usines de traitement et des réseaux d'égouts ainsi que la gestion des réseaux sanitaires.

### 3) **Biogéochimie**

Les travaux de recherche dans ce programme portent sur le comportement géochimique et l'écotoxicologie des polluants ainsi que sur la dynamique des éléments nutritifs. On y étudie le comportement des métaux traces et des 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 polluants dans divers milieux. Quant aux travaux touchant l'écotoxicologie des polluants, ils visent à définir des méthodes d'évaluation des risques liés à la présence des contaminants dans l'environnement. Il s'agit d'étudier les mécanismes d'acclimatation et de définir des indicateurs de stress environnemental. 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.

## **CONCLUSION**

Le centre INRS-Eau a connu une autre année importante aussi bien au chapitre de ses activités scientifiques qu'en ce qui concerne son enseignement. Deux projets de taille ont pu être financés à partir d'appels publics à l'épargne et, grâce aux efforts soutenus des chercheurs, nos objectifs budgétaires ont été dépassés. Notre but prioritaire, c'est-à-dire l'application de nos travaux à la solution des problèmes qui touchent notre société, a été maintenu. Nos efforts pour la formation de chercheurs et de spécialistes en sciences de l'eau et de l'environnement ont été poursuivis. Deux ombres majeures au fonctionnement harmonieux du Centre demeurent: la localisation du personnel du Centre en deux lieux différents et le manque d'espace de recherche. Ces deux points entraînent des inconvénients majeurs. Au cours de la prochaine année, nous procéderons à l'évaluation de la programmation des activités scientifiques du Centre et nous poursuivrons nos efforts pour la solution du problème des locaux.

Le directeur du centre INRS-Eau

Jean-Pierre VILLENEUVE





## 2 - RESSOURCES HUMAINES

---

### Directeur

Jean-Pierre VILLENEUVE, B.Sc.A., D.E.S., D.Ing.

### Professeurs réguliers

Jean-Christian AUCLAIR,	B.Sc., D.E.A., D.Sc.
Bernard BOBÉE,	L.Sc., M.Sc.A., D.Ing.
Peter G.C. CAMPBELL,	B.Sc., Ph.D.
Richard CARIGNAN,	B.Sc., Ph.D.
Daniel CLUIS,	L.Sc., Ing., D.Ing.
Denis COUILLARD,	B.Sc.A., M.Sc.A., D.Sc.
Pierre COUTURE <sup>1</sup> ,	B.Sc., D.E.A., D.Sc.
Jean-Pierre FORTIN,	B.Sc., M.Sc., D.E.A., D.Sc.
H. Gerald JONES,	B.Sc., M.Sc., Ph.D.
Marius LACHANCE,	B.Sc.A., M.Sc., D.Sc.
Michel LECLERC,	B.Sc.A., M.Sc.A., D.Ing.
Guy MORIN,	B.Sc.A., M.Sc.A., D.Ing.
Marcel OUELLET,	B.Sc., M.Sc., Ph.D.
Jean-Louis SASSEVILLE,	B.Sc., Ph.D.
Michel SLIVITZKY,	CES, B.Eng.M.Sc.
Jean STEIN,	B.Sc.A., M.Sc., Ph.D.
André TESSIER,	B.Sc., D.Sc.
Rajeshwar D. TYAGI,	B.Sc., B.Tech., Ph.D.
Jean-Pierre VILLENEUVE,	B.Sc.A., D.E.S., D.Ing.

### Professeurs sous octroi

Olivier BANTON,	L.Sc., D.E.A., D.Sc.
Landis HARE,	B.Sc., M.Sc., Ph.D.
Pierre LAFRANCE,	B.Sc., M.Sc.A., D.Sc.

### Chercheurs universitaires

Peter Funder RASMUSSEN	B.Sc., M.Sc., Ph.D.
Wolfgang SUMMER <sup>2</sup>	B.Sc., M.Sc.A., D.Sc.

---

<sup>1</sup> Congé sans solde.

<sup>2</sup> Départ au cours de l'année.

**Professeurs ou chercheurs invités**

Christian AMBLARD,  
Fahim ASHKAR,  
Jacques BERNIER,

Christian BLAISE,  
Jacques BUFFLE,  
Georges CAVADIAS,

Pierre LAVALLÉE,

Richard MARCEAU,  
Subba NARASIAH,  
Alain R. PESANT,  
Réjean SAMSON,  
Régis R. SIMARD,

Université Blaise-Pascal, France  
Université de Moncton, Nouveau-Brunswick  
Ancien ingénieur en chef, EDF  
Consultant  
Environnement Canada, Longueuil  
Université de Genève, Suisse  
Consultant pour organismes  
internationaux, Montréal  
ASSEAU Inc., Montréal  
Gendron Lefebvre, Consultants, Montréal  
ENAP, Sainte-Foy  
Université de Sherbrooke  
Agriculture Canada, Lennoxville  
IRB-CNRC  
Agriculture Canada, Sainte-Foy

**Chargé de cours**

Jean PIETTE,

Ogilvy Renault Avocats

**Associés de recherche contractuels**

Jean-François BLAIS  
Denis GRATTON  
Danielle MARCEAU

**Agents de recherche contractuels**

Louis-Marie BARRETTE  
José BÉCHARA  
Jérôme BENOIT  
Louis MATHIER  
Francisco PADILLA  
Jean ROBERGE<sup>2</sup>  
Yves SECRETAN

**Stagiaires postdoctoraux**

Nassiba BENDALI-AMOR  
Jean CARON<sup>2</sup>  
Miguel Angel HUERTA-DIAZ  
T.R. SREEKRISHNAN  
Louise ST-CYR  
Panchabi VAITHIYANATHAN  
Shucaï ZHU<sup>2</sup>

**Professionnels réguliers**

Sylvie DESJARDINS<sup>2</sup>  
Jean LACROIX  
Lise POTVIN  
Stéfane PRÉMONT  
Christiane RENAUD  
Jocelyne ROBERGE  
Wanda SOCHANSKI

**Professionnels contractuels**

Claude BLANCHETTE  
Guy FORTIN<sup>2</sup>

**Assistants de recherche contractuels**

Irène ABI-ZEID<sup>2</sup>  
Paul BOUDREAU  
Guylain CHARRON<sup>2</sup>  
Pierre CHOUINARD

Luc COTÉ<sup>2</sup>  
Marc CRISPIN<sup>2</sup>  
Patrick DUPONT<sup>2</sup>  
Khalil MAMOUNY  
Grégoire MARTIN<sup>2</sup>  
Line MCLAUGHLIN<sup>2</sup>  
Guy MERCIER  
Nathalie MEUNIER  
Martin MONTMINY  
Jean NOLET  
Daniel NOLIN<sup>2</sup>  
Luc PERREAULT  
Hugues PERRON  
Emmanuelle QUENTIN  
Guy ROBERGE  
Esther SALVANO  
Denis SIMARD  
Annie ST-LOUIS<sup>2</sup>  
Pascale VACHON  
Isabelle VILLENEUVE<sup>2</sup>

#### **Agent technique de laboratoire**

Paul BOISVERT

#### **Techniciens réguliers**

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

#### **Techniciens contractuels**

Danielle BOULANGER  
François FOURNIER<sup>2</sup>  
Alain GOULET<sup>2</sup>  
Carol LÉPINE<sup>2</sup>  
Chantal PAQUIN  
René RODRIGUE  
Sylvie ST-PIERRE

#### **Agents métiers et services**

Marco POULIN<sup>2</sup>  
André VILLENEUVE

**Agents de bureau réguliers**

Elaine PARENT  
Jocelyne PLANTE<sup>2</sup>  
Alain POIRIER  
Lise RAYMOND  
Christine ROY<sup>2</sup>  
Isabelle ST-JACQUES

**Agents de bureau contractuels**

Carmen DESCHENES<sup>2</sup>  
Marielle DESMARAIS<sup>2</sup>  
Johanne DESROSIERS  
Jean-Léon DOYON  
Michel DUBÉ<sup>2</sup>  
Suzanne DUSSAULT  
Lucie MERCIER  
Claire MIGNEAULT

**Stagiaires de recherche contractuels**

Jean BÉRUBÉ<sup>2</sup>  
Louis CYR<sup>2</sup>  
Juana ELUSTONDO<sup>2</sup>  
Louise FRASER<sup>2</sup>  
Céline GAUTHIER  
Nadine GIRARD<sup>2</sup>  
Valérie MONGRAIN<sup>2</sup>  
M.-Hélène MUNSCH<sup>2</sup>  
Michèle PARENT<sup>2</sup>  
Brigitte PATRY  
Maryse ROCHEFORT<sup>2</sup>  
Gaétan ROY  
Annie ST-LOUIS<sup>2</sup>  
Alex TESSIER<sup>2</sup>

**Stagiaires de recherche externes**

Catherine BELLIARD  
Bernard FABRE  
Georges-Marie SAULNIER

**Stagiaires étudiants d'été**

François AUBÉ  
Sophie BÉDARD  
Marie-Christine BÉLANGER  
Jean-François BERNARD

Steve BLACKBURN  
 Michel BOIES  
 Julie BOUCHARD  
 Jean-Daniel BOURGAULT  
 Philippe CLÉMENT  
 Caroline COTÉ  
 Diane COTÉ  
 Isabelle COTÉ  
 Luc COTÉ  
 Vincent FORTIN  
 Caroline FRÉNETTE  
 Pierre GAGNÉ  
 Martin GAMACHE  
 Jean GAUTHIER  
 Patrick GOUPIL  
 Martin HANDFIELD  
 Michel HARVEY  
 Nathalie JOLICOEUR  
 Christine LABERGE  
 François LEMAY  
 Bruno MORIN  
 Jacinthe PAQUET  
 Martine PROULX  
 Lise RANCOURT  
 Annie RODRIGUE  
 André VACHON  
 Jean-Sébastien VACHON  
 Valérie VILLENEUVE

### **Étudiants à la maîtrise**

François AUBÉ, boursier CRSNG  
 MA.Catalina ALFARO DE LA TORRE  
 Suzie BÉLANGER  
 Sylvie BRASSARD  
 Jean-François CANTIN  
 Marie-Claude CHAPDELAINÉ, boursière FCAR  
 Myriam CHARTIER, boursière FCAR  
 Pierre D'ARCY  
 Christine DESNOYERS, boursière FCAR  
 Ginette DEVARENNES  
 Jean GAUTHIER  
 Mario HACHÉ, boursier CRSNG  
 Marie LAROCQUE, boursière CRSNG  
 Andrée-Moira LEBRUN, boursière FCAR  
 Sylvie LESSARD  
 Sylvain MARTIN, boursier FCAR  
 Sylvain MARTINEAU  
 France PELLETIER  
 Lise RANCOURT, boursière CRSNG  
 Claire TINCELIN  
 André VACHON

## Étudiants libres (maîtrise)

Marc AMYOT (Université de Montréal)

Christiane FLESSAS (Université de Montréal)

## Étudiants au doctorat

Lahcen AIT-SSI

Djilali BENMOUFFOK

Hamel BENMOUSSA

Paul BOUDREAU, boursier FCAR

Bernard BOULANGER, boursier CRSNG

Oscar CAMARA-DURAN

Raynald CHASSÉ, boursier FCAR

Yves COUILLARD, boursier CRSNG

Albert CRAIG

Louise DESCHESNES, boursière FCAR

Marie-Hélène DE SEDE

Marième DIALLO

Yangguang DU

Marc DUCHEMIN

Mohammed ESSADAoui

Danielle FORTIN, boursière CRSNG

Daniel HOULE, boursier FCAR

Julien HOUNTIN

Claude LABERGE, boursier CRSNG-FCAR

René LAFLEUR

Yves LEFEBVRE, boursier FCAR

Yvon MARANDA

Patrick MARCEAU

Hacène MESSAOUDI

Jocelyn OUELLET

B.R. RAVISHANKAR

Agnès RENOUX

François ROBERGE

René ROY

Robert ROY, boursier FCAR

Frédéric SHOONER

Michael TWISS, boursier CRSNG-FCAR

Éric VAN BOCHOVE

Fenghai WANG

Kevin WILKINSON, boursier FCAR





### **3 - RECHERCHE**

---

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

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

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

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

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

#### **3.1 HYDROLOGIE**

Ce programme regroupe les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique, de modélisation, de télédétection et de géomatique, appliquées aux écoulements. Les recherches en analyse statistique traitent des crues, et de l'évolution temporelle et spatiale de la qualité des eaux. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques permettant la simulation des mouvements de l'eau et des déplacements de substances nutritives et toxiques à travers des différents compartiments du cycle hydrologique. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique des écoulements fluviaux. Le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et la géomatique permettent, enfin, de mieux comprendre et estimer les variations spatio-temporelles des composantes du cycle hydrologique, tant au niveau local que régional ou continental.

### 3.1.1 Aménagement des bassins versants

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

**Responsable:** Daniel CLUIS

**Collaborateurs:** F. BERNARD  
ANALEX  
Khalil MAMOUNY

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

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

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

**Responsable:** Daniel CLUIS

**Collaboratrice:** Emmanuelle QUENTIN

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

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

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

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

**Responsable:** Daniel CLUIS

**Collaborateurs:** Régis SIMARD, Agriculture Canada  
Alain PESANT, Agriculture Canada  
Emmanuelle QUENTIN

**Description et objectifs:** Ce projet de recherche vise à établir et cartographier l'état actuel de saturation en phosphore des sols du bassin de la rivière Beauvillage sur lesquels des déjections animales ont été épandues

à des taux élevés depuis de nombreuses années, de modéliser le potentiel de rétention du phosphore par le sol et d'évaluer son niveau dans les sédiments de la rivière.

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

#### 3.1.1.4 Pluie maximale probable du bassin du complexe NBR

**Responsable:** Jean-Pierre FORTIN

**Description et objectifs:** Le principal objectif de cette étude est de maximiser les tempêtes pour le calcul de la PMP du projet NBR. Après une première évaluation des systèmes synoptiques susceptibles d'apporter des volumes d'eau significatifs, les tempêtes maximales qui se sont produites dans la zone d'intérêt seront identifiées avec le logiciel "GRP 208" du Service de l'Environnement atmosphérique d'Environnement Canada. Les stations climatologiques intéressantes seront identifiées et le logiciel sera utilisé pour rechercher les tempêtes historiques maximales.

Les tempêtes identifiées seront alors transposées au bassin NBR pour fins du calcul de la PMP.

**Financement:** SNC

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

**Responsable:** Jean-Pierre FORTIN

**Collaborateurs:** Danielle MARCEAU  
Denis GRATTON

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

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

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

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

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

**Responsable:** Marius LACHANCE

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

- 1) développer et adapter des méthodes statistiques multidimensionnelles au domaine de l'environnement aquatique et analyser la complémentarité de certaines méthodes d'analyse de données (analyses factorielles, analyses en composantes principales et classification hiérarchique);
- 2) mettre au point des méthodes comportant un système d'aide à la décision permettant d'effectuer une ordination et une classification de données environnementales et éventuellement de modéliser des phénomènes présentant une structure temporelle (données longitudinales) ou spatiale, ou les deux à la fois.

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

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

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.1.7 Développement et adaptation de méthodes statistiques multidimensionnelles pour l'analyse et l'interprétation des phénomènes hydrologiques et océanographiques

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Collaborateur:** Jean-Pierre CHANUT

**Description et objectifs:** Le projet cherche à répondre au besoin grandissant de pouvoir analyser de grands ensembles de données résultant de vastes campagnes d'échantillonnage. Les logiciels actuellement disponibles ne permettent pas toujours une exploitation optimale de ces données et par conséquent ne conduisent pas à une rationalisation de l'acquisition de l'information. En particulier ceux-ci ne permettent pas de traiter simultanément une suite de tableaux de données quantitatives recueillies à différentes occasions formant un ensemble de données dites ternaires.

Les objectifs du projet visent donc à:

- développer et adapter des méthodes statistiques d'analyse conjointe de tableaux multiples et de classification sous contrainte de voisinage des unités d'échantillonnage;
- d'appliquer ces méthodes à l'analyse de données hydrologiques et océanographiques.

**Financement:** Université du Québec (FODAR)

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

**Responsable:** Marius LACHANCE

**Collaborateurs:** Marc CRISPIN  
Ghislain VERREAULT (Argus Groupe-Conseil)

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

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

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

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

**Responsable:** Michel LECLERC

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

Le projet consiste à:

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

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

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

### 3.1.1.10 Régimes thermiques de la rivière Moisie avant et après le détournement de la rivière aux Pékans

**Responsable:** Guy MORIN

**Collaboratrice:** Wanda SOCHANSKI

**Description et objectifs:** L'objectif de l'étude est de quantifier les modifications du régime thermique de la rivière Moisie suite à l'aménagement du complexe Sainte-Marguerite (détournement partiel de deux tributaires de la rivière Moisie, soit les rivières aux Pékans et Carheil). Pour minimiser les répercussions sur la rivière Moisie, un plan de gestion est prévu pour retourner une partie de l'eau de la réserve aux Pékans à la rivière Moisie pour atténuer les étiages et améliorer si possible le régime thermique.

L'étude consiste à calibrer le modèle CEQUEAU et le modèle de température de l'eau en rivière en utilisant les données disponibles, reconstituer le régime thermique pour une longue période (25 ans) pour des conditions naturelles et aménager dans le but d'évaluer les répercussions des aménagements prévus et leur mode de gestion.

**Financement:** Hydro-Québec

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

**Responsable:** Guy MORIN

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

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

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

### 3.1.1.12 Prévision des crues de la rivière Montmorency

**Responsable:** Guy MORIN

**Description et objectifs:** L'objectif de l'étude est de calibrer le modèle hydrologique CEQUEAU au bassin versant de la rivière Montmorency et d'introduire un processus de mise à jour (updating) dans le but de prévoir les débits à court terme à différents points sur le cours d'eau.

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

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

**Responsable:** Jean STEIN

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

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

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

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

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

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.1.14 Interactions de différents types de couverture morte forestière avec la fonte de la neige

**Responsable:** Jean STEIN

**Collaborateur:** Donald M. GRAY

**Description et objectifs:** Des recherches effectuées à la Station Expérimentale de la Forêt Montmorency (SEFM) ont montré qu'une diminution de l'indice d'infiltrabilité du sol améliore la simulation des pics des hydrogrammes de fonte. Cette diminution de l'indice a été appliquée uniformément pour l'ensemble du bassin forestier du Lac Laflamme. Suite à ces recherches, les travaux de Proulx et Stein (1992) effectués sur le même bassin, démontrent que les trois grands types de couverture morte produisent des gels différents. Ceux-ci varient de très compacts à très poreux. L'objectif de l'étude est de caractériser les effets dynamiques dégel-gel sur les propriétés hydrologiques et thermiques d'une de ces couvertures, soit la sphaigne (*Sphagnum sp.*).

Les travaux de terrains seront réalisés sur le bassin expérimental du Lac Laflamme à la SEFM. Quelques sites seront instrumentés de façon à prendre des données intensives sur les propriétés hydrologiques et thermiques de la sphaigne, du sol minéral et de la couverture de neige. Les variables suivantes seront mesurées: densité, équivalent en eau, hauteur et température du couvert de neige; température, teneur en eau liquide et totale, flux de chaleur, infiltrabilité, conductivité thermique de la sphaigne et du sol minéral. D'autres sites seront instrumentés pour obtenir des valeurs de certaines variables (profondeur, densité, équivalent en eau de la neige, teneur en eau liquide et totale du sol, le type de gel et de couverture morte) pour l'ensemble du bassin.

Les résultats de ces recherches vont ensuite être intégrés dans des modèles mathématiques et permettre d'améliorer la prédiction du choc acide printanier.

**Financement:** CRSNG

### 3.1.1.15 Modélisation de l'écoulement

**Responsable:** Jean STEIN

**Collaborateurs:** Pierre BERNIER  
Donald M. GRAY  
Denis LÉVESQUE  
Charles MAULÉ  
André P. PLAMONDON

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

Les processus du cheminement de l'eau en périodes d'accumulation de la neige, de fonte printanière et estivale sont étudiés sur un bassin boisé (Lac Laflamme, Forêt Montmorency) par la mesure en continu des paramètres du cycle hydrologique. Au cours des années 85 à 87, les paramètres principalement mesurés sur une place-échantillon étaient: températures de l'air, du sol et de la neige, rayonnement, pression de vapeur d'eau, vitesse du vent, niveau de la nappe phréatique, débit de fonte, teneur en eau du sol ainsi que l'accumulation, la densification, l'évaporation et la fonte de la neige. De 87 à 89, les données sur la neige et l'eau du sol ont été mesurées à l'échelle du bassin. En 1989, notre attention a été concentrée sur l'infiltration dans les sols gelés ou partiellement gelés. La prédiction du type de gel et son effet sur



L'infiltration doivent être élucidés pour améliorer la précision des modèles hydrologiques. Ainsi, durant les prochaines années, nous compléterons l'étude des mécanismes reliés au gel du sol. L'intégration de ces connaissances se fait par le développement, le couplage et la validation d'un modèle de fonte de la neige (SNOW17) et de génération de l'écoulement (VSAS2) à l'échelle du bassin (Bernier, 1985; Prévost et al., 1989). C'est cette approche qui nous a permis de déterminer l'importance de l'effet du gel du sol sur l'infiltration et l'écoulement en milieu boréal.

**Financement:** FCAR Équipe - Université Laval

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

**Responsable:** Jean-Pierre VILLENEUVE

**Description et objectifs:** Il existe une demande importante pour des outils mathématiques appliqués au domaine des sciences de l'eau. Nos travaux s'inscrivent dans les préoccupations actuelles et se veulent aussi précurseurs dans le développement d'outils qui répondront aux besoins futurs. Forts de l'expérience acquise, nous 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 et qualité). On utilise une technique de programmation non linéaire adaptée pour la solution optimale du système. Au cours des trois prochaines années, nous désirons poursuivre le développement et principalement généraliser la structure du prototype afin qu'il soit transposable.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

## 3.1.2 Écoulements

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

**Responsable:** Olivier BANTON

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

1. d'étudier les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine des principales régions habitées du Québec;
2. de colliger l'information sur les thermopompes au Québec pour connaître ou estimer le nombre d'installations, leurs types et leurs capacités de pompage;
3. d'étudier les méthodes de pompage et rejet, leurs impacts sur les eaux de surface et souterraines, dans l'optique d'établir des normes d'utilisation;

4. de compiler les réglementations et recommandations mises en place par d'autres pays face à ce problème;
5. de réaliser un inventaire des modèles mathématiques applicables, et de leurs possibilités reliées au transfert des flux d'eau, de chaleur et de contaminant.

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

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

**Responsable:** Olivier BANTON

**Description et objectifs:** La quantification du risque de contamination des eaux souterraines par les contaminants d'origine agricole, c'est-à-dire la détermination de la quantité de contaminant susceptible de parvenir à la nappe, doit être réalisée au moyen d'outils performants conçus expressément pour une telle tâche. En cela, les modèles mathématiques apparaissent comme étant les outils les plus fiables et les plus performants. Considérant la variabilité spatiale et temporelle des paramètres qui contrôlent l'évolution des contaminants dans le sol, seule une approche prenant en compte les distributions des valeurs de ces paramètres peut permettre une bonne évaluation des risques de contamination. Une telle approche stochastique permet de plus une évaluation de la vulnérabilité basée sur la probabilité de dépassement des normes de qualité.

Dans cette optique, des recherches porteront sur la compréhension des processus contrôlant le transport dans le sol des contaminants d'origine agricole (pesticides, nitrates,...). Une revue des méthodes d'évaluation sera réalisée. Les hypothèses concernant le transport des contaminants dans le sol seront analysées, et permettront le choix des processus à retenir dans l'étude de la contamination. Les méthodes d'acquisition des données sur le terrain seront vérifiées dans l'optique de la caractérisation de la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques, de la détermination ou de leur distribution statistique et leur interdépendance spatiale. La modélisation stochastique du transport des contaminants dans le sol sera réalisée et calibrée pour les conditions canadiennes. Cette modélisation sera 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 sera appliquée pour les différents types de contaminants étudiés sur des sites canadiens.

Ces recherches permettront de développer nos connaissances dans le domaine de la contamination des eaux souterraines. Elles constitueront le support scientifique pour l'élaboration des nouvelles politiques de protection de ces eaux. Elles fourniront un outil performant pour la gestion de la ressource qui pourra être utilisé aisément par les responsables qui interviennent dans les domaines de l'environnement ou de l'agriculture. Enfin, elles proposeront des méthodologies pour l'investigation de la vulnérabilité et pour l'acquisition des valeurs des paramètres nécessaires.

**Financement:** CRSNG - Dépenses courantes

### 3.1.2.3 Modélisation du transport de l'eau et des solutés dans les résidus miniers

**Responsable:** Olivier BANTON

**Description et objectifs:** La contribution des parcs à résidus miniers à la contamination des eaux de surface et souterraines est évaluée d'un point de vue dynamique à l'aide de la modélisation mathématiques du transport des contaminants par l'eau du sol. La modélisation des processus d'échanges avec le sol doit donc être couplée avec la simulation hydrodynamique permettant de dresser le bilan en eau du massif. Les cheminements des contaminants et les zones prioritaires d'intervention seront ainsi déterminés. L'impact des différents scénarios de réhabilitation peut par ailleurs être évalué sur l'évolution à long terme de la contamination.

**Financement:** Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec

### 3.1.2.4 Modèle de simulation et de reconstitution des données hydrologiques mensuelles

**Responsable:** Bernard BOBÉE

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

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

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

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

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

Le modèle proposé, qui rassemblera l'ensemble des recherches effectuées, sera programmé en Pascal (programme REMUS) afin d'être utilisé sur un micro-ordinateur. Le programme REMUS sera accompagné d'un manuel d'utilisation. Il sera développé concurremment aux études théoriques afin d'y introduire les résultats de recherche et d'effectuer les tests de validation.

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