

INRS-EAU

VINGT-QUATRIÈME RAPPORT ANNUEL

1ER JUIN 1992 AU 31 MAI 1993

VINGT-QUATRIÈME RAPPORT ANNUEL

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

Novembre 1993

TABLE DES MATIÈRES

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

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

1 RAPPORT DU DIRECTEUR

Faits saillants

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

Par ailleurs, dans le cadre de la demande FCAR Centres de recherche, l'INRS-Eau a fait l'objet d'une évaluation positive conduisant ainsi au renouvellement de la subvention. Un tel résultat vient confirmer la pertinence de la mission du Centre et encourager les efforts de ses chercheurs. Quant au plan de développement, il a conduit à évaluer, pour l'horizon 1998, les besoins en professeurs qui seront de 29 et les besoins en locaux d'environ 10 000 m².

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

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

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

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

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

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

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

La coopération scientifique France-Québec a permis de poursuivre l'entente intervenue entre l'INRS-Eau et le Groupement d'intérêt scientifique (GIS) pour la publication de la *Revue des Sciences de l'Eau*. Notons que la rédaction et l'édition de cette revue sont rendues possibles grâce, en particulier, à l'aide financière du fonds FCAR.

En février 1993, des espaces supplémentaires ont été acquis au Carrefour Molson (664 m²). Cependant, les besoins en espaces de laboratoire restent entiers. La séparation des équipes de recherche continue à soulever des difficultés pour un Centre dont la dynamique interne se veut essentiellement interdisciplinaire.

Recherche

L'INRS-Eau poursuivra, au cours des prochaines années, son objectif général de collaboration à l'essor et au développement de la recherche dans le domaine des sciences de l'eau et de l'environnement. Conscient de la pertinence des activités de recherche actuellement en cours, le Centre encouragera leur développement et favorisera d'une façon particulière l'intensification de certaines d'entre elles dans le cadre d'une programmation thématique. Cette programmation se veut la synthèse des activités de recherche qui ont lieu au Centre et qui y seront poursuivies au cours des prochaines années. Ces activités de recherche sont regroupées dans trois grands programmes:

A - Hydrologie: Les recherches poursuivies dans ce programme concernent la compréhension, la modélisation et la simulation des écoulements et des transports de l'eau et de ses solutés. Ce programme regroupe les activités de recherche et de développement sur les méthodes d'analyse statistique, d'analyse numérique, de modélisation, de télédétection et de géomatique, appliquées aux écoulements. Les recherches en analyse statis-

tique traitent des crues, et de l'évolution temporelle et spatiale de la qualité des eaux. Les recherches en modélisation portent sur l'élaboration de modèles numériques permettant la simulation des mouvements de l'eau et des déplacements de substances nutritives et toxiques à travers les différents compartiments du cycle hydrologique. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique des écoulements fluviaux. Le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et la géomatique permettent, enfin, de mieux comprendre et estimer les variations spatio-temporelles des composantes du cycle hydrologique, tant au niveau local que régional ou continental. En outre, des approches comme la théorie de la décision, l'analyse du risque, le contrôle optimal et les systèmes experts ouvrent de nouvelles applications.

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

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

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

Conclusion

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

Le directeur du centre INRS-Eau

Jean-Pierre VILLENEUVE

2 RESSOURCES HUMAINES

Directeur

Jean-Pierre VILLENEUVE

Jacques BUFFLE

Université de Genève, Suisse

Professeurs réguliers

Jean-Christian AUCLAIR

Olivier BANTON

Bernard BOBÉE

Peter G.C. CAMPBELL

Richard CARIGNAN

Daniel CLUIS

Denis COUILLARD

Pierre COUTURE¹

Jean-Pierre FORTIN

Landis HARE

H. Gerald JONES

Marius LACHANCE

Pierre LAFRANCE

Michel LECLERC

Guy MORIN

Marcel OUELLET

Jean-Louis SASSEVILLE

Michel SLIVITZKY

Jean STEIN

André TESSIER

Rajeshwar D. TYAGI

Jean-Pierre VILLENEUVE

Georges CAVADIAS

Consultant pour organismes internationaux,
Montréal

Lucien DUCKSTEIN

University of Arizona

Donald M. GRAY

University of Saskatchewan

Dieter KLUEPFEL

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

James R. KRAMER

McMaster University, Hamilton

Pierre LAVALLÉE

ASSEAU Inc., Montréal

Gendron Lefebvre, Consultants, Montréal

Richard MARCEAU

ENAP, Sainte-Foy

Alain R. PESANT

Agriculture Canada, Lennoxville

Réjean SAMSON

Institut de recherche en biotechnologie-CNRC

Régis R. SIMARD

Agriculture Canada, Sainte-Foy

Ivo TOROMANOFF

Lulea University of Technology, Sweden

Chargé de cours

Jean-François MARTIN

Université Laval

Associés de recherche contractuels

Jean-François BLAIS

Richard De VITRE

Professeur émérite

Michel SLIVITZKY

Professeurs sous octroi

Louis BERNATCHEZ

Monique BERNIER

Chercheur universitaire

Peter Funder RASMUSSEN

Professeurs ou chercheurs invités

Christian AMBLARD

Université Blaise-Pascal, France

Fahim ASHKAR

Université de Moncton, Nouveau-Brunswick

Jacques BERNIER

Ancien ingénieur en chef, EDF, Consultant

¹ Départ au cours de l'année.

Denis GRATTON¹
 Danielle MARCEAU¹
 Louis MATHIER
 Francisco PADILLA
 Yves SECRETAN

Agents de recherche contractuels

Louis-Marie BARRETTE
 Jérôme BENOIT¹
 Jacynthe LAREAU
 Marie-Josée L'HEUREUX
 Guy MERCIER
 Pierre PAQUET
 Luc PERREAULT

Stagiaires postdoctoraux

José BÉCHARA
 Juan Antonio GARCIA
 Laurent GRANIER
 Nassiba HAMMOU
 Miguel Angel HUERTA-DIAZ¹
 Salvador JORDANA
 Rabia LEB CIR
 Alain MAILHOT
 Jean-Philippe RABOUD
 T.R. SREEKRISHNAN
 Louise ST-CYR¹
 Milutin STOJANOVIC
 Panchabi VAITHIYANATHAN¹

Professionnels réguliers

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

Professionnels contractuels

Claude BLANCHETTE
 Jean-Daniel BOURGAULT

Assistants de recherche contractuels

Michel BOIES¹
 Paul BOUDREAU
 Jacques BOURGET
 Myriam CHARTIER
 Pierre CHOUNARD
 Josée FITZBACK

Stéphane FORTIER
 Céline GAUTHIER
 Yves GAUTHIER
 Guy GENEST
 François GINGRAS
 André HOUDE
 Marc HUGHES
 Marie LAROCQUE
 Bernard LEBLANC
 Eleine LEBLANC
 Ronxuang LI
 Khalil MAMOUNY
 Serge MASSICOTTE
 Nathalie MEUNIER
 Martin MONTMINY
 Jean NOLET
 Pierre PAQUET
 France PELLETIER
 Hugues PERRON
 Serge PROULX
 Emmanuelle QUENTIN
 Guy ROBERGE
 Peter ROHAC¹
 Esther SALVANO
 Denis SIMARD¹
 Daniel TESSIER
 Cyrille THILLOY
 Guy TREMBLAY
 Pascale VACHON

Agent technique de laboratoire

Paul BOISVERT

Techniciens réguliers

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

Techniciens contractuels

Claude BÉDARD
 Danielle BOULANGER
 Martin LANGLOIS¹
 Yves MARCHAND
 Chantal PAQUIN
 Brigitte PATRY
 René RODRIGUE
 Sylvie ST-PIERRE

Agent métiers et services
André VILLENEUVE

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

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

Stagiaires de recherche contractuels
Marie-Renée DOYON
Langis GAGNON
Céline GAUTHIER
Isabelle LÈVESQUE
Gaétan ROY¹

Stagiaires de recherche externes
Stéphanie BAZIN
Hakim CHAMBAZ
Sandrine GARDET
Vanthona OUY
Guy PAYEUR¹
Fabienne SURATEAU

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

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

Étudiants à la maîtrise

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

Étudiants libres (maîtrise)

Marc AMYOT (Université de Montréal)¹
Bernard ANGERS (Université de Montréal)
Joël DÉSY (Université de Montréal)
Christiane FLESSAS (Université de Montréal)¹

Étudiants au doctorat

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

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

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

3 RECHERCHE

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

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

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

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

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

3.1 Hydrologie

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

différents compartiments du cycle hydrologique. Les travaux en analyse numérique touchent notamment la simulation hydraulique et hydrodynamique des écoulements fluviaux. Le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et la géomatique permettent, enfin, de mieux comprendre et estimer les variations spatio-temporelles des composantes du cycle hydrologique, tant au niveau local que régional ou continental.

3.1.1 Aménagement des bassins versants

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

Responsable: Daniel CLUIS

Collaborateurs: F. BERNARD
ANALEX
Khalil MAMOUNY

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

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

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

Responsable: Daniel CLUIS

Collaboratrice: Emmanuelle QUENTIN

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

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

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

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

Responsable: Daniel CLUIS

Collaborateurs: Régis SIMARD¹
Alain PESANT¹
Emmanuelle QUENTIN

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

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

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

Responsable: Jean-Pierre FORTIN

Collaborateurs: Danielle MARCEAU
Denis GRATTON

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

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

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

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

3.1.1.5 Méthodes statistiques multidimensionnelles dans l'étude des phénomènes hydrologiques

Responsable: Marius LACHANCE

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

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

¹ Voir la liste des collaborateurs classée par organisme à la page 50.

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

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

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

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

Financement: CRSNG - Dépenses courantes

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

Responsable: Marius LACHANCE

Collaborateurs: Marc CRISPIN
Ghislain VERREAULT^c

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

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

Financement: Ministère des Pêches et Océans du Canada

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

Responsable: Marius LACHANCE

Collaborateur: Peter G.C. CAMPBELL

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

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

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

Financement: Ministère de l'Environnement du Québec

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

Responsable: Marius LACHANCE

Description et objectifs: Les objectifs du projet consistent à:

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

Financement: Environnement Canada et Argus Groupe-Conseil Inc.

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

Responsable: Marius LACHANCE

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

Financement: Ministère de l'Environnement du Québec

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

Responsable: Michel LECLERC

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

Le projet consiste à:

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

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

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

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

Responsable: Guy MORIN

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

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

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

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

Responsable: Jean STEIN

Collaborateur: Serge PROULX

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

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

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

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

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

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

Financement: CRSNG - Dépenses courantes

3.1.1.13 Modélisation de l'écoulement

Responsable: Jean STEIN

Collaborateurs: Pierre BERNIER

Donald M. GRAY Denis LÉVESQUE

André P. PLAMONDON Serge PROULX

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

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

Financement: FCAR Équipe - Université Laval

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

Responsable: Jean-Pierre VILLENEUVE

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

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

Financement: CRSNG - Dépenses courantes

3.1.2 Écoulements

3.1.2.1 Problématique environnementale de l'utilisation des pompes à chaleur

Responsable: Olivier BANTON

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

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

Financement: Ministère de l'Environnement du Québec

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

Responsable: Olivier BANTON

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

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

Financement: CRSNG - Dépenses courantes

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

Responsable: Olivier BANTON

Collaborateur: Pierre LAFRANCE

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

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

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

Responsable: Olivier BANTON

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

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

Financement: CRSNG Générale, subvention de démarrage INRS

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

Responsable: Monique BERNIER

Collaborateurs: Jean-Pierre FORTIN
Jean STEIN

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

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

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

Financement: Fonds de développement technologique (programme SYNERGIE)

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

Responsable: Bernard BOBÉE

Collaborateurs: Louis MATHIER
Hugues PERRON
Luc PERREAULT

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

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

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

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

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