

Rapport annuel 1987 - 1988
(1er juin 1987 - 31 mai 1988)
19e rapport annuel

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

I N R S - E a u

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec, Canada G1V 4C7

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. RAPPORT DU DIRECTEUR	1
2. RESSOURCES HUMAINES	5
3. RECHERCHE	9
3.1 Hydrologie déterministe et statistique	9
3.2 Assainissement	17
3.3 Effets de l'utilisation et de l'aménagement des ressources naturelles sur la dynamique des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique	23
3.4 Méthodologies d'aménagement et de gestion de la ressource eau	37
4. ENSEIGNEMENT	47
4.1 Maîtrise en Sciences de l'eau	47
4.2 Doctorat en Sciences de l'eau	50
5. SUPPORT À LA RECHERCHE ET À L'ENSEIGNEMENT	53
5.1 Documentation et édition	53
5.2 Informatique et bureautique	54
5.3 Laboratoire	55
6. COOPÉRATION SCIENTIFIQUE ET ACTIVITÉS EXTÉRIEURES	57
6.1 Coopération scientifique	57
6.2 Collaborations	59
6.3 Perfectionnement et année sabbatique	59
6.4 Autres activités	59
6.5 Revues scientifiques	62
6.6 Organismes scientifiques et professionnels auxquels participent l'INRS-Eau et/ou ses membres	64
6.7 Visiteurs	65
7. SÉMINAIRES ET COLLOQUES	67
8. PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	69
8.1 Articles publiés dans des revues scientifiques avec jury	69
8.2 Articles publiés dans les comptes rendus de conférences, colloques ou congrès avec jury ..	73
8.3 Ouvrages édités	78
8.4 Livres / Ouvrages collectifs	78
8.5 Rapports scientifiques avec jury	78
8.6 Rapports scientifiques	79
8.7 Publications diverses	82
8.8 Conférences sur invitation	83
8.9 Communications présentées à des colloques ou des congrès sans jury	84
8.10 Communications diverses	84
8.11 Thèses	85
8.12 Statistiques sur les publications des membres de l'INRS-Eau	87
9. RAPPORT FINANCIER	89
Revenus et dépenses du fonds de fonctionnement	89
Dépenses par fonction universitaire	90

1. RAPPORT DU DIRECTEUR

FAITS SAILLANTS

Les principaux objectifs de recherche du Centre sont demeurés les mêmes en 1987-1988; toutefois, dans le cadre de la préparation de la programmation sexennale, les orientations et axes de recherche ont été redéfinis pour mieux refléter la réalité des différentes activités. La section sur la recherche présente ces huit nouveaux axes de recherche.

Le programme de Maîtrise en sciences de l'eau a subi des modifications importantes en date du 1er septembre 1987. La durée des études a été ramenée de 60 à 45 crédits, en diminuant le nombre des activités obligatoires et en mettant un accent sur les activités de recherche.

Les revenus extérieurs ont atteint un sommet de 2,038,000\$, soit une augmentation de 29% par rapport à l'année précédente. Ces revenus extérieurs, qui ont représentés quelque 52% des revenus totaux du Centre, provenaient des sources suivantes: Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR): 314,200\$; Conseil de recherches en sciences naturelles et génie (CRSNG): 940,700\$; autres subventions: 280,300\$; contrats et commandites: 502,800\$.

Sept professeurs, dont les subventions individuelles de recherche du CRSNG ont été renouvelées au cours de l'année, ont vu le total de leurs subventions augmenter de 32%.

Cette année, le professeur Guy Morin est revenu d'un congé sabbatique à l'Université de Colombie Britannique, à Vancouver, où il a poursuivi des travaux sur la modélisation hydrologique. En janvier 1988, monsieur Marius Lachance a soutenu sa thèse de doctorat intitulé "Élaboration d'une méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau: application au problème de l'acidification des eaux lacustres du Québec", à l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

LA RECHERCHE

Analyse statistique des données

Les travaux sur le développement de méthodes pour l'analyse de diverses données dans le domaine des ressources en eau se sont poursuivis au cours de l'année. S'appuyant sur des méthodes statistiques avancées (études des valeurs extrêmes, persistance de séries de temps, méthodes multivariées) et sur des méthodes d'analyse numérique (krigeage...), les chercheurs du Centre ont poursuivi leurs travaux sur la prévision et la régionalisation des crues, l'analyse de l'évolution temporelle de la qualité des eaux (détection des tendances), la variabilité spatiale des précipitations acides et la sensibilité du milieu à ces précipitations. Une subvention thématique conjointe du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie (CRSNG) avec l'École polytechnique de Montréal sur la modélisation statistique et la régionalisation des caractéristiques des crues au Canada a pris fin en 1987-1988. De même, un projet de recherche coopérative du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie (CRSNG) avec Alcan sur l'estimation des volumes d'apport et des débits de période de retour s'est terminé en 1987-1988. Une subvention de deux ans du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement (PARDE) du ministère de l'Environnement du Québec permettra d'évaluer les tendances spatio-temporelles des phénomènes reliés aux précipitations acides.

Modélisation hydrologique

L'élaboration de modèles numériques permet de simuler et de prévoir divers phénomènes reliés au mouvement de l'eau et des substances nutritives et toxiques à travers les diverses phases du cycle hydrologique. Les travaux portent sur des phénomènes aussi divers que le cheminement vers les eaux souterraines de pesticides provenant d'épandages agricoles, le transport atmosphérique des polluants sur de grandes distances, ou les prévisions hydrologiques pour la gestion. Un intérêt particulier est apporté au traitement et à l'interprétation à ces modèles d'informations obtenues par télédétection (satellites, avions...) et par radars météorologiques. En plus des travaux plus fondamentaux, un contrat avec Énergie, Mines et Ressources Canada permettra la mise au point d'un logiciel de prévision sur micro-ordinateur

utilisant l'acquisition de données obtenues par télédétection. L'année 1987-1988 a vu la fin de la subvention de trois ans de la Fondation Donner sur la modélisation du cheminement et de la contamination des eaux souterraines par des pesticides provenant d'épandages agricoles. Cette subvention a permis de développer à l'INRS-Eau une expertise importante et unique au Québec dans ce nouveau domaine.

Analyse numérique

Ce nouveau champ de recherche regroupe les projets sur la simulation par la méthode d'éléments finis des comportements mono-dimensionnels, bi-dimensionnels et tri-dimensionnels, des écoulements à surface libre stratifiés ou rapides (estuaires maritimes, lacs), ainsi que le traitement numérique d'images obtenues par télédétection et le développement d'algorithmes spécifiques appliqués aux ressources en eau.

Développement de modèles d'aménagement

L'objectif poursuivi est de fournir aux gestionnaires de la ressource des outils informatiques qui permettent d'évaluer l'impact des diverses décisions d'aménagement et de sélectionner les meilleurs choix, en vue d'une gestion optimale, compte tenu des ressources disponibles, des contraintes et des priorités. Ces projets trouvent des applications dans des domaines aussi variés que l'implantation d'usines d'assainissement, l'impact d'épandages de pesticides, l'influence des débits sur les habitats biologiques, etc...

Biogéochimie de polluants (métaux traces et pesticides)

Ces recherches concernent le comportement de polluants dans la colonne d'eau, à l'interface eau-sédiment, et dans les eaux souterraines. Les résultats qui en découlent servent à tester et à raffiner des modèles conceptuels du comportement des polluants dans le milieu. Dans le cas de la colonne d'eau, on vise à élucider les relations qui existent entre, d'une part, la spéciation des métaux traces et, d'autre part, leur comportement géochimique et leur prise en charge par les organismes biologiques; on étudie en particulier l'influence sur ces relations de variations de quelques facteurs environnementaux clé (pH; teneurs en matière organique dissoute). Les travaux au niveau de l'interface eau-sédiment portent sur les échanges à l'interface (rôle de la bioturbation), le contrôle des concentrations en métaux traces dans les eaux interstitielles (rôle de l'adsorption), la répartition de ces métaux entre différentes phases solides, et la prise en charge des métaux par les organismes benthiques vivant à cette interface. Finalement, les recherches touchant les eaux souterraines visent à identifier et à quantifier les facteurs qui contrôlent la mobilité des pesticides dans le milieu souterrain (phénomènes d'adsorption et de désorption; complexation de pesticides organiques par les acides humiques dissous). Ces travaux se sont poursuivis avec, en particulier, l'aide d'une subvention thématique du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie (CRSNG) et d'une subvention du Fonds mondial de la nature. Des contrats avec Pêches et Océans Canada permettront d'étudier la caractérisation de la matière organique dissoute de l'eau des rivières de la Côte-Nord en relation avec la spéciation de l'aluminium ainsi que la biodisponibilité des fluoro-complexes d'aluminium pour les juvéniles du saumon.

Écotoxicologie des polluants

Ces travaux ont pour objectif le développement d'approches pour évaluer les dangers et risques environnementaux de contaminants (sources ponctuelles et diffuses); ils sont réalisés dans la perspective d'étudier des mécanismes d'acclimatation et de définir des indicateurs de "stress environnementaux". Les études sont axées sur les relations structures-fonctions de populations et de communautés planctoniques. La biochimie de l'agression toxique est précisée en suivant l'action de substances altérageuses sur des voies métaboliques et sur l'ultrastructure cellulaire. Une subvention de trois ans du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement (PARDE) du ministère de l'Environnement du Québec permettra de développer des bio-indicateurs de stress et le suivi du comportement toxique d'effluents en rivière.

Dynamique des éléments nutritifs dans les écosystèmes

Les recherches sur les cycles du soufre et de l'azote dans les écosystèmes forestiers et lacustres, deux éléments dont les cycles ont été fortement perturbés par l'homme dus à une augmentation des apports atmosphériques, ont pu être poursuivis grâce à un financement extérieur important. On vise à identifier et ensuite à quantifier les transformations que ces éléments subissent dans l'écosystème forestier, lesquelles contrôleront leurs flux vers l'écosystème aquatique. Une attention particulière est consacrée aux transformations ayant lieu dans la neige au sol ainsi que dans les sols pendant la période critique de fonte printanière. Une subvention Action spontanée du Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) permettra de développer un modèle biogéochimique de la dynamique du soufre dans un écosystème boréal tandis qu'un contrat de trois ans (conjoint avec des chercheurs des universités Laval et McGill) avec Environnement Canada permettra le développement d'un modèle géochimique pour prédire l'acidification des eaux de surface durant les événements épisodiques et en particulier la fonte printanière.

Processus d'assainissement

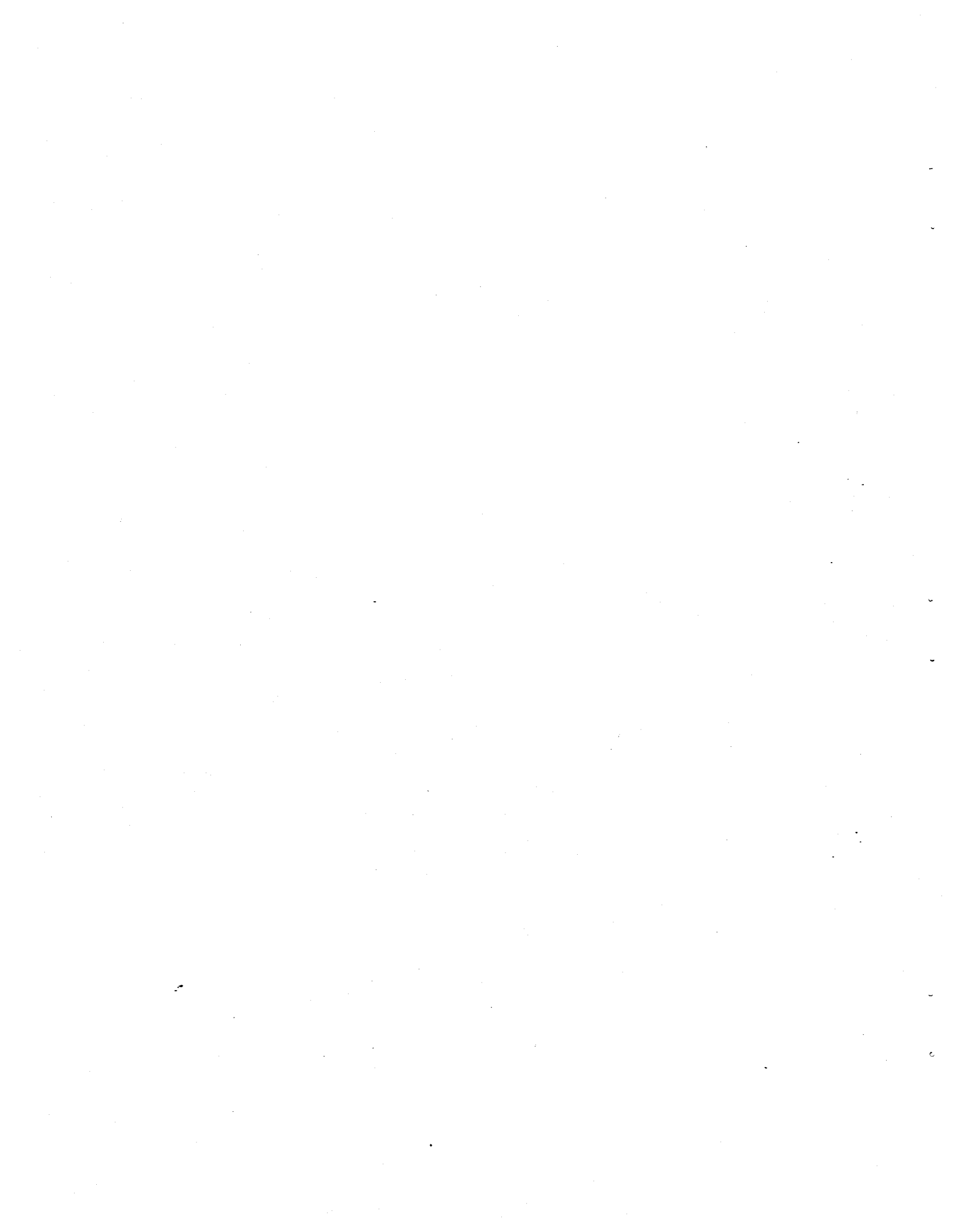
Dans ce domaine de recherche relativement récent au Centre, les activités ont été concentrées sur les problèmes posés par la disposition des boues provenant des usines de traitement des eaux usées et sur l'élaboration d'une stratégie de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs. Ces recherches ont pour objectif de préciser l'impact des métaux lourds dans les processus d'assainissement et de valorisation des boues. Certains de ces métaux sont susceptibles de provoquer des problèmes de toxicité dans les usines de traitement (étape de traitement biologique et de production des boues) et dans l'environnement lors de la disposition finale des boues (que ce soit par épandage, remplissage, combustion,...). Les recherches dans ce domaine portent sur l'évaluation des effets des métaux lourds sur le traitement biologique des eaux résiduelles (diminution de l'efficacité de l'usine), sur la récupération des métaux à partir des boues provenant de tels traitements et sur la valorisation de ces boues. Un contrat important de deux ans avec le Centre québécois de valorisation de la biomasse (CQVB) permettra d'accélérer les travaux sur l'extraction des métaux lourds en vue de la valorisation des boues d'épuration.

L'enseignement

Huit étudiants ont terminé la première année du programme de maîtrise; quant à la promotion précédente, six étudiants ont poursuivi leurs études en 1987-1988 et ont entrepris la rédaction de leur mémoire. Six nouveaux étudiants au doctorat ont été inscrits au cours de l'année, ce qui porte le total à vingt-quatre.

Les collaborations et communications

Les chercheurs de l'INRS-Eau ont participé à nombre de colloques nationaux et internationaux et ont produit, au cours de cette année, 158 publications dont 40 articles publiés dans des revues scientifiques avec jury et 45 articles publiés dans des comptes rendus de conférences, colloques ou congrès avec jury.



2. RESSOURCES HUMAINES

Direction

Michel SLIVITZKY, CES, B. Eng., M.Sc.

Professeurs réguliers

J.C. AUCLAIR, B.Sc., D.E.A., D.Sc.
B. BOBÉE, L.Sc., M.Sc.A., D. Ing.
P.G.C. CAMPBELL, B.Sc., Ph.D.
R. CARIGNAN, B.Sc., Ph.D.
D. CLUIS, L. Sc., Ing., D. Ing.
D. COUILLARD, B.Sc., M.Sc., D.Sc.
P. COUTURE, B.Sc., DEA, D.Sc.
J.P. FORTIN, B.Sc., M.Sc., D.E.A., D.Sc.
H.G. JONES, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
M. LECLERC, B.Sc.A., M.Sc.A., D. Ing.
G. MORIN, B.Sc.A., M.Sc.A., D. Ing.
M. OUELLET, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
J.L. SASSEVILLE, B.Sc., Ph.D.
A. TESSIER, B.Sc., D.Sc.
R.D. TYAGI, B.Sc., B.Tech., Ph.D.
J.P. VILLENEUVE, B.Sc.A., D.E.S., D. Ing.

Professeurs invités

G. DE MARSILY (École des Mines de Paris)
J. BUFFLE (Université de Genève)
J.R. KRAMER (Université McMaster)
P.M. STOKES (Université de Toronto)

Professeurs associés

R. CARTIER (ENAP)
R. GRAVEL (ENAP)
R. HURTUBISE (ENAP)

Chargés de cours

A.P. BARDOUX (MIOQ)
C. BERNARD (MEQ)
R. BOUDREAU (MEQ)
G. JACQUES (MEQ)
P. LAVALLEE (MEQ)
R. MARCEAU (MEQ)
B. MICHAUD (MEQ)
L.C. PAQUIN
A. ROUSSEAU
P. SIMARD

Associés de recherche

F. ASHKAR, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
K. GUERTIN, Ing. Géol., M.Sc.A., Ph.D.
D. ISABEL, B.Sc., M.Sc. Sciences de l'eau
D.K. JAIN, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
F.T. TRAN, B.Sc., M.Sc., Ph.D.

Stagiaires Post-doctoraux

O. BANTON, B.Sc., M.Sc., D.Sc.
N. BELZILE, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
R.R. DE VITRE, D.Sc.
L. HARE, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
H. HANSEN, B.Sc., Ph.D.¹
P. LAFRANCE, B.Sc., M.Sc., D.Sc., chercheur
boursier CRSNG
F. PADILLA, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
J. ROBERGE, B.A., M.Sc., Ph.D.
B. TAYLOR, B.Sc., M.Sc., Ph.D.

Agents de recherche et professionnels

M. CANTIN, L. ès L. Géogr., B. Bibl.¹
B. DUBREUIL, B.Sc., M.Sc.
G. GODBOUT, B.Sc.
M. LACHANCE, B.Sc.A., M.Sc., D.Sc.
J. LACROIX, B.Sc.
M. LAVOIE, B.Sc.
L. POIVIN, L. ès L. Géogr.
W. SOCHANSKI, Ing.

Assistants de recherche

C. BLANCHETTE, B.Sc.
S. BOUCHER, B.Sc., M.Sc. Sciences de l'eau
G. BOULET, B.Sc., M.Sc.¹
G. DUMAS, B.Sc.¹
S. GARIEPY, B.Sc., M.Sc. Sciences de l'eau
Y. GRENIER, B.Sc., M.Sc. Sciences de l'eau¹
C. HOULE, B.Sc.
C. LABERGE, B.Sc., M.Sc. Statistiques
D. LEROUX, B.Sc., M.Sc. Statistiques
F. PARROT, B.Sc.¹

Agent technique de recherche

P. BOISVERT

¹ Départ au cours de l'année

Techniciens

C. BASTILLE
R. BEUCHEMIN
M. BORDELEAU-GEOFFROY
D. DOYON-PAQUET
N. DROUIN
A. PARENT
C. RENAUD
R. RODRIGUE
S. ST-PIERRE
B. VEILLEUX
E. WAGNER

Personnel de bureau

H. ARTEAU¹
C. DESCHESNES
S. DUSSAULT
C. LORTIE
L. MERCIER
C. MIGNEAULT
E. PARENT
A. POIRIER
L. RAYMOND
L. RIOUX
J. ROBERGE

Stagiaires

C. BOISVERT¹
C. DUBÉ, B.Sc.
S. DESCHENES
T. BOILLEY, B.Sc.¹
M. GRIMAUD, Ing., D.E.A.¹
D. POULIN¹
E. SAOUTER¹
M. VAFLADIS, B.Sc., D.Sc.
E. WAGNER¹

Emplois d'été

D. BELANGER
C. BELOUADI
Y. D'ASTOUS
S. DESCHENES
C. DORÉ
P. DUBOIS
T. HUGHES, boursier CRSNG
P. LECOMTE
B. MARTINEAU
D. MORISSETTE
A. NANTIEL

N. PLANTE, boursière CRSNG
E. SALVANO
A. ST-PIERRE
M.C. TARDIF
E. VIGNEAULT
I. VILLENEUVE
K. WILKINSON, boursier CRSNG

Étudiants de l'INRS-Eau

maîtrise

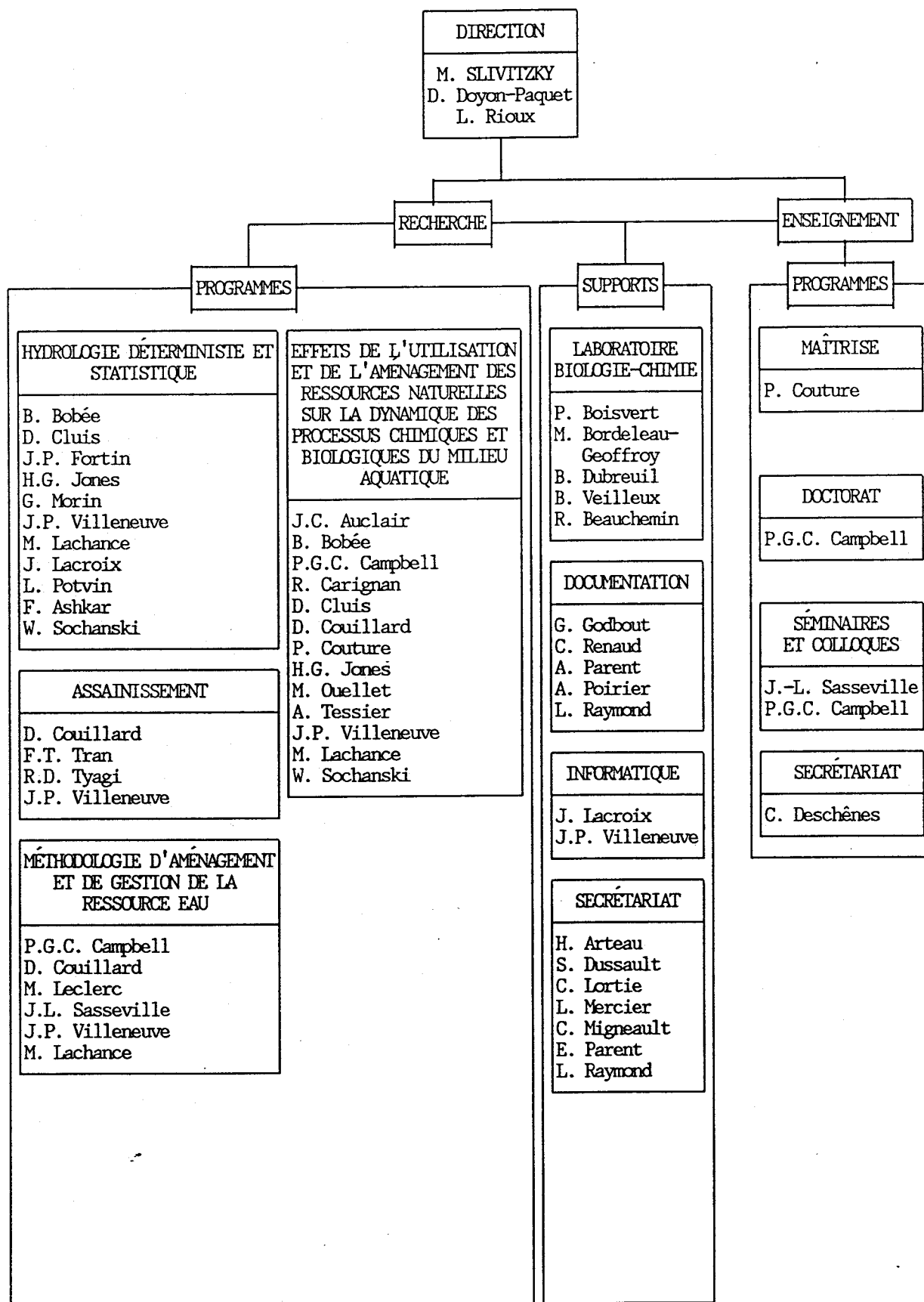
L.M. BARRETTE
A. BEDARD
P. BOUDREAU, boursier CRSNG
A. CHARRON
S. COUTURE
L. GERMAIN
J. JOBIDON
H. MARQUIS, boursière FCAR
G. MERCIER, boursier CRSNG
F. MICHAUD, boursière FCAR
I. PICHE, boursière FCAR
C. ROBERT, boursier FCAR
N. RONDEAU, boursière FCAR
K. WILKINSON

doctorat

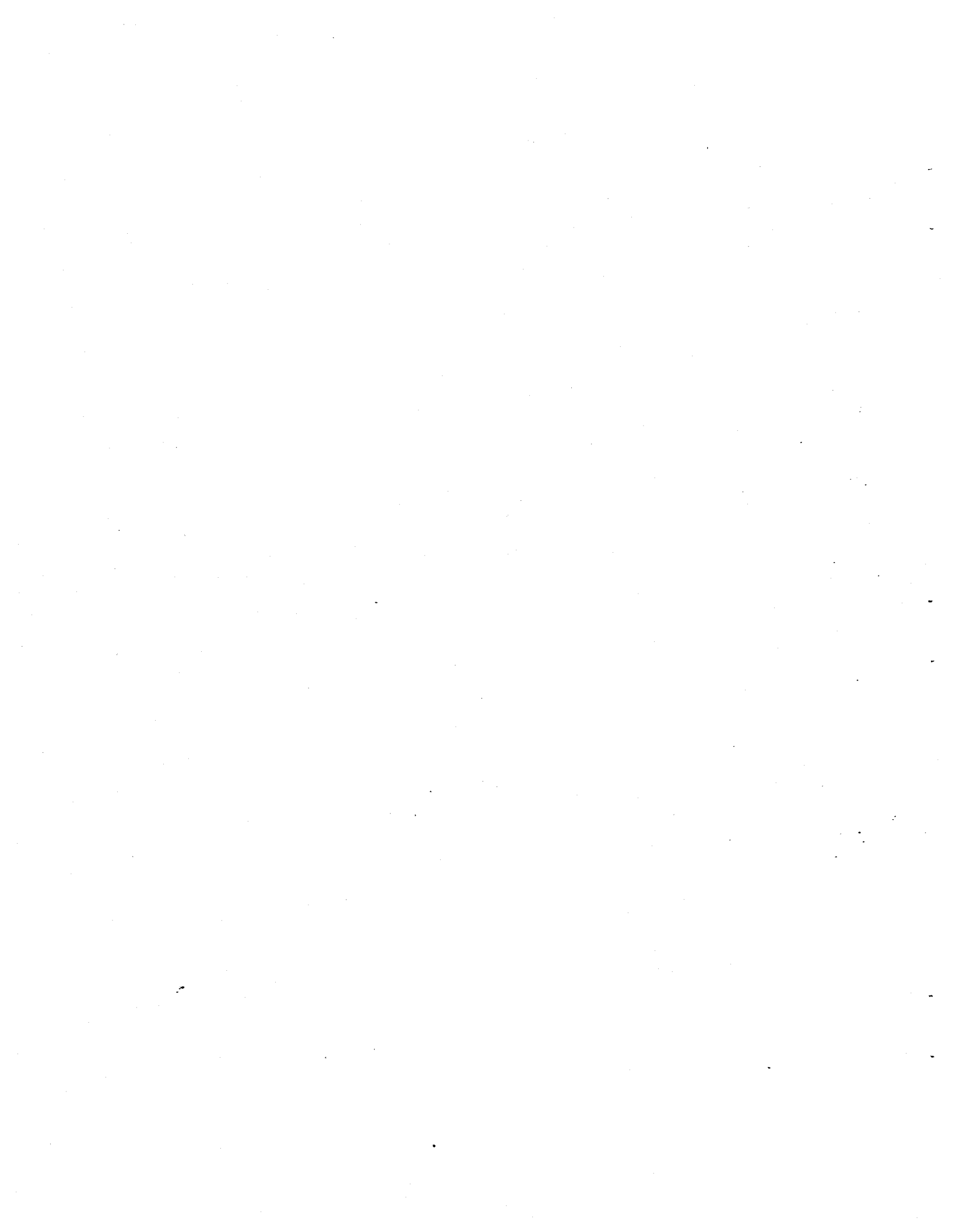
L. AITT-SSI
D. BEMOUFFOK, boursier EMR CANADA
M. BERNIER
P. BOUDREAU, boursier FCAR
P. BRASSARD²
Y. COUILLARD, boursier CRSNG
M. CROWLEY
M.H. DE SEDE
D. FORTIN
G. GANGBAZO
D. HOULE, boursière FCAR
D. ISABEL
C. LABERGE, boursier CRSNG
R. LANGIS
P. LAVALLEE
Y. LEFEBVRE, boursier FCAR
C. LELIEVRE
Y. MARANDA
M. NOBERT¹
J. OUELLET
L. PARENT, boursière CRSNG
F. ROBERGE
R. ROY, boursier CRSNG
Y. THOMASSIN, boursier FCAR
P.-A. THOMPSON, boursière CRSNG
E. VAN BOCHOVE
L. WILSON

¹ Départ au cours de l'année

² Diplômé au cours de l'année



Organigramme du personnel de l'INRS-Eau 1987-88



3. RECHERCHE

Quatre programmes de recherche retiennent l'attention du Centre. Chacun d'eux 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 déterministe et statistique

Les méthodes traditionnelles d'évaluation des quantités d'eau disponibles sont insuffisantes et souvent mal adaptées face à la complexité des problèmes suscités par les usages conflictuels de la ressource eau. L'amélioration de ces méthodes, et le développement de méthodes tenant mieux compte des divers aspects de la gestion intégrée, nécessitent une meilleure connaissance des phénomènes hydrologiques pour améliorer la représentation des processus impliqués.

Dans ce cadre, les activités de recherche portent sur les sujets prioritaires suivants:

- la modélisation déterministe permettant d'effectuer la simulation et la prévision des écoulements en tout point d'un bassin versant en tenant compte des éléments du bilan hydrologique et des caractéristiques du bassin;
- la comparaison par simulation des lois statistiques adaptées aux crues des rivières du Québec afin d'en déterminer la distribution la plus adéquate;
- le développement et l'application de techniques statistiques de rationalisation des réseaux hydrologiques, (données météorologiques, hydrométriques et de qualité de l'eau), afin d'optimiser l'acquisition de l'information en fonction des objectifs visés;
- l'analyse rationnelle des informations fournies par la télédétection en vue d'améliorer la connaissance de la variation spatiale de phénomènes hydrométéorologiques et hydrologiques.

3.1.1 Étude des caractéristiques univariées et multivariées des crues par l'intermédiaire des lois statistiques et des modèles de dépassement

ASHKAR, F.

En raison de l'abondance des eaux de surface au Canada, il est important d'effectuer un dimensionnement des barrages qui ne résulte ni en une surestimation des crues (coûts élevés) ni en une sous-estimation des crues (risques élevés, perte de vie humaine, etc.). Cela implique une estimation des débits de crues qui soit la plus précise possible; les lois statistiques et les modèles de dépassement sont deux approches complémentaires que l'on peut utiliser pour réaliser cet objectif. Les comparaisons passées entre ces deux groupes de modèles ont été remises en question parce qu'elles étaient basées sur des formules asymptotiques peu valables en hydrologie car les échantillons dans ce domaine sont très souvent de taille réduite. Notre premier objectif est de développer une nouvelle méthodologie de choix entre les différents modèles d'estimation des crues en se basant sur des études effectuées récemment. Grâce à ces études, nous sommes maintenant capables de calculer la variance d'échantillonnage d'une crue estimée selon la plupart des lois ou modèles statistiques employés actuellement, et cela pour n'importe quelle taille d'échantillon rencontrée en pratique.

Notre deuxième objectif est de continuer le travail déjà commencé sur la modélisation du débit maximum, de la durée et du volume de crue, selon une approche multivariée appliquée à l'intérieur d'un modèle de dépassement. Ces caractéristiques sont de première importance pour la construction de déversoirs, des ponts, des ponceaux, etc. Leur connaissance est également nécessaire dans l'étude des disponibilités en eau pour l'irrigation, pour l'approvisionnement ou encore lorsque l'on désire savoir combien de temps une route ou des cultures peuvent être submergées lors d'une crue.

Plusieurs pays (USA, Angleterre, France), dans le but d'uniformiser l'estimation des crues ont établi des normes concernant l'utilisation des lois statistiques. Les normes canadiennes ne sont pas encore bien précisées, cependant les travaux proposés ici pourraient s'avérer très utiles dans le cadre de l'établissement de telles normes.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.1.2 Utilisation de distributions statistiques et de techniques d'ajustement pour l'analyse des crues

BOBÉE, B.

L'étude statistique des débits de crue revêt une grande importance tant pour la construction d'ouvrages hydrauliques que pour le contrôle des inondations. À travers le monde, de nombreuses lois sont utilisées en considérant différentes techniques d'ajustement. Cette recherche porte sur les principales lois reconnues d'intérêt par les agences gouvernementales (Pearson 3 et Log-Pearson 3 aux États-Unis; Gamma généraliste en Russie et lois d'Halphen utilisées en France). On considère également la loi Gamma inverse ($1/x$ suit une loi Gamma) qui est utilisée dans l'approche Bayésienne.

On vise dans cette étude à:

- a) compléter l'étude théorique des propriétés mathématiques et statistiques de ces lois lorsque ces résultats ne sont pas encore connus;
- b) examiner pour ces différentes lois, l'intérêt et l'applicabilité de méthodes d'ajustement classique et proposées plus récemment;
- c) examiner l'intérêt à l'approche Bayésienne (qui tient compte d'informations à priori) pour la prise de décision en situation de risque, en particulier pour l'étude des crues et le contrôle des inondations.

Le but est, pour chaque loi retenue, de déterminer par simulation en comparant les différentes techniques d'ajustement possibles, celle qui conduit aux meilleurs résultats. Les nombreuses simulations effectuées tiendront compte de la taille des échantillons et des gammes de variation des paramètres des lois ainsi que des méthodes d'ajustement.

Dans une autre étape, on effectuera, sur des données réelles provenant de stations hydrométriques dans le monde, la comparaison des différentes lois en utilisant pour chacune la technique d'ajustement retenue dans l'étape précédente.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.1.3 Modélisation statistique et régionalisation des crues au Canada

BOBÉE, B., ROUSSELLE, J.¹, ASHKAR, F., EL-JABI, N.¹, HOANG, V.D.¹, NGUYEN, V.¹, BOUCHER, S. et LEROUX, D.

La planification des ouvrages de contrôle, l'amélioration des techniques de prévision, l'opération rationnelle des réservoirs, la connaissance et la prévention des inondations nécessitent une estimation des caractéristiques de crues. Cette estimation doit être la plus précise possible afin d'éviter une surestimation des crues (coûts élevés) ou une sous-estimation des crues (risques élevés, pertes de vie humaine, etc.). Afin de réaliser cet objectif, l'approche statistique, qui comprend les lois de distribution et le modèle de dépassement, est un instrument privilégié pour l'estimation des caractéristiques de crues (pointe et débit de période de récurrence).

Les nombreux travaux déjà effectués montrent qu'il est encore possible d'améliorer sensiblement, à partir de recherches théoriques, l'estimation des caractéristiques de crues, ce qui justifie la poursuite des

études. Après avoir effectué le choix des stations hydrométriques représentant les différents régimes hydrologiques au Canada, les données de débits de crues seront alors utilisées avec les développements théoriques et les travaux complémentaires reliés aux lois Pearson type 3, log-Pearson type 3, Gamma généralisée et de Halphen. Par la suite, le modèle des dépassements, qui utilise tous les débits supérieurs à un débit de base, fera l'objet d'études théoriques sur ce débit, sur la loi exponentielle qui caractérise les dépassements et sur le nombre et la délimitation de saisons à utiliser. Le tout sera appliqué sur les stations hydrométriques choisies. Finalement, des méthodes de transfert d'information qui nécessitent la connaissance de caractéristiques physiographiques seront utilisées pour obtenir les caractéristiques de crue à des sites non jaugés en partant de sites jaugés.

Le but de ce projet est d'obtenir une meilleure caractérisation régionale des crues. Une meilleure connaissance des crues permettra une conception plus économique et une gestion plus rationnelle des ouvrages de retenue se traduisant par une prévention plus efficace des inondations.

Pour la réalisation de ce projet, la première étape consistera à effectuer le choix des stations hydrométriques pour lesquelles une analyse des données sera entreprise. Ensuite la recherche se développera selon trois volets:

Volet A: Lois statistiques, soit la recherche du meilleur ajustement statistique des séries chronologiques des débits de crues en se servant des principales lois de distributions statistiques qui sont surtout utilisées pour ces débits.

Volet B: Modèle de dépassement, soit la recherche de distribution des séries chronologiques à durée partielle de débits de crues basée sur la théorie des valeurs extrêmes.

Volet C: Transfert de l'information, soit la recherche des méthodes de transposition des caractéristiques de crues d'un bassin jaugé à un bassin non jaugé en introduisant les caractéristiques physiographiques afin de régionaliser l'information acquise.

L'application des trois volets énumérés précédemment nécessitera la connaissance des débits de crue à un certain nombre de stations hydrométriques au Canada représentant les différents régimes hydrologiques. Dans une première étape, on effectuera le choix des stations à retenir selon les critères suivants: qualité des données, longueur des séries, représentativité des régimes hydrologiques, etc.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Thématique

¹ Projet réalisé en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal

3.1.4 Étude statistique des débits des rivières. Estimation des volumes d'apports et des débits de période de retour T (sites jaugés et sites non jaugés)

BOBÉE, B., LALUMIÈRE, G.¹, ASHKAR, F., BOUCHER, S. et LEROUX, D.

Le premier volet de ce deuxième rapport d'étape consiste à présenter l'état d'avancement des travaux du projet INRS-Eau/ALCAN intitulé "Estimation des volumes d'apports et des débits de période de retour T". Ce projet de coopération d'une durée de deux ans, a débuté le 15 mars 1987 et doit prendre fin le 15 mars 1989.

La première partie de ce projet (Projet A) concernant l'estimation des volumes d'apport et des débits de période de retour T par des ajustements statistiques est déjà terminée (Mars 1987 à Septembre 1988). Actuellement, on effectue la réalisation de la deuxième partie du projet (Projet B) qui consiste à développer des méthodes statistiques de transfert d'information hydrologique des sites jaugés à des sites non-jaugés. Cette deuxième phase du projet doit se terminer le 15 mars 1989. Il est à noter que les

échéances sont respectées et que les objectifs du projet conjoint ont, jusqu'à maintenant, été atteints comme prévu.

Le deuxième volet de ce rapport concerne l'extension que nous voulons donner au projet. En effet, à la demande de l'Alcan, l'équipe de l'INRS-Eau a examiné de manière préliminaire l'intérêt de la modélisation statistique de certaines caractéristiques hydrologiques d'étiage importantes pour l'Alcan telles que la durée et de déficit cumulatif. La connaissance de la distribution probabiliste de ces variables est primordiale pour prévenir un risque de défaillance énergétique du système hydro-électrique de l'Alcan.

Étant donné l'importance des problèmes d'étiage pour l'Alcan et la volonté exprimée par la compagnie de résoudre ces problèmes, il s'avère nécessaire de développer une méthodologie concernant l'analyse statistique des variables d'étiage (c.f. lettre jointe). Pour atteindre cet objectif sans compromettre la réalisation du projet en cours, nous jugeons approprié de proposer une prolongation du projet d'une année. La description détaillée des principales étapes à réaliser durant cette année de prolongation (Mars 1989 - Mars 1990) est présentée dans la deuxième partie de ce rapport (volet 2).

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (Université - Industrie, INRS-Eau et Alcan)

¹ Projet réalisé en collaboration avec la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Limitée

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

CLUIS, D. et LABERGE, C.

Cette demande poursuit les travaux effectués dans le cadre de la subvention A-1171 et précise l'interprétation de la persistance des séries de temps hydrologiques réelles. Nous visons à moyen terme à la solution de trois classes de problèmes non-résolus: Premièrement, dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'eau, l'estimation des débits massiques constitue un prérequis nécessaire à l'interprétation des phénomènes de transport, des relations sources-effets et à la calibration des modèles de qualité de l'eau. Dans ce secteur on complètera l'étude entreprise sur le contenu en information d'une fonction de deux séries de temps mesurées à des fréquences différentes, dont d'évaluer la précision d'un flux de matière transportée, fonction des caractéristiques de persistance et de variabilité des deux séries. Une approche prometteuse utilisant l'analyse combinatoire appliquée à des distributions log-normales sera développée. Deuxièmement, dans le domaine de l'étude structurale des séries environnementales, les caractéristiques d'asymétrie et de non-stationnarité en moyenne et en variance, ainsi que la présence de valeurs aberrantes, douteuses, censurées ou tronquées rendent l'analyse difficile. Nous nous attacherons à développer des méthodes robustes et des algorithmes permettant la détection structurale de valeurs aberrantes (A.O, Additive Outliers) permettant une réévaluation des paramètres de la transformation BOX-COX normalisatrice initiale; les estimateurs de HUBER seront mis à contribution. Troisièmement, dans le domaine des fonctions de transfert entre séries environnementales, nous adapterons les méthodes développées en économétrie pour les rendre robustes à la structure de nos données et suggérer des hypothèses physiques objectives. Nous traiterons d'abord de fonctions de transfert univariées à l'intérieur du cycle hydrologique (modèle SISO, Single Input Single Output) pour chaque paramètre critique, puis nous essayerons d'étendre ces méthodes aux fonctions de transfert multivariées (modèles MISO, Multiple Inputs Single Output). Nous appliquerons ces méthodes à deux banques de données liées à des problèmes environnementaux aigus au Québec: la problématique des précipitations acides et celle des épandages agricoles des lisiers.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.1.6 Couplage quantité-qualité du modèle hydrologique déterministe CEQUEAU et de modèles de transport et d'évolution en rivière des charges reliées aux paramètres contrôlant la productivité biologique (azote, phosphore et matière organique)

CLUIS, D., COUILLARD, D., COUTURE, P., JONES, H.G., MORIN, G. et GAUTHIER, J.M.

L'objectif de cette recherche est de développer une modélisation conceptuelle déterministe permettant de relier l'environnement physique à la qualité de l'eau, et plus spécialement aux paramètres sensibles dans nos conditions climatiques. Il faut noter que l'échelle de temps la plus fine à laquelle nous travaillons est la journée, ce qui est compatible avec la taille des carreaux utilisés dans la discrétisation du territoire du bassin versant, mais revient, pour certains paramètres particulièrement mobiles de l'environnement, comme le phosphore, à ne considérer que la composante basse-fréquence de leur variabilité. Comme il s'agit de modèles de processus et non de modèles statistiques reflétant des données historiques, ce type de modélisation est apte à relier de façon globale les causes et les effets et permettra donc de prévoir les conséquences des aménagements résultant du Programme d'assainissement d'Environnement Québec. De plus, ce sera un outil bien adapté à la procédure d'étude d'impacts prévue dans le cas d'aménagements majeurs. Il pourra être amélioré au fur et à mesure que des développements significatifs seront rapportés dans la littérature, quant aux connaissances de base sur les processus tels qu'ils se produisent dans nos conditions climatiques et hydrogéologiques.

Financement: Fonds FCAR - Équipes

3.1.7 Développement méthodologique pour évaluer l'évolution de la qualité de l'eau du Saint-Laurent après 10 ans d'effort d'épuration

CLUIS, D., B. BOBÉE, C. LABERGE et D. HOULE

Ce projet vise à développer une méthodologie pour l'analyse temporelle des données disponibles du fleuve Saint-Laurent relatives à la qualité de ses eaux et aux charges polluantes rejetées par les industries réglementées. Ce type d'analyses n'a jamais été réalisé sur les données du fleuve Saint-Laurent, ce qui empêche de porter un jugement sur l'évolution temporelle de la qualité de l'eau de ce cours d'eau très important. Nous proposons le développement d'un logiciel comportant des tests non-paramétriques les plus récents et les mieux adaptés à ce type de données; ensuite, après caractérisation des séries à étudier, nous pourrions porter un jugement sur l'évolution temporelle des séries analysées. Ceci permettra aux gestionnaires d'évaluer l'efficacité des interventions passées. Enfin, nous implanterons les programmes développés auprès du ministère-client afin qu'il puisse effectuer lui-même à l'avenir ce type d'analyses.

Financement: Environnement Canada - Contrat

3.1.8 Modèle de prévision de fonte de neige utilisant la télédétection, intégré à un logiciel interactif sur micro-ordinateur

FORTIN, J.P.

Le projet a pour objectif global le développement d'un modèle de prévisions des ressources en eau, utilisant la télédétection, structuré en logiciel interactif sur microordinateur. Plus spécifiquement, la subvention servira à 1) développer le sous-module NEIGE du module PRÉCIPITATION du modèle; 2) développer le sous-module MISE-À-JOUR-NEIGE du module PRÉVISION; 3) intégrer ces modules au modèle complet de prévision et les tester.

Le sous-modèle NEIGE sera conçu de manière à simuler l'ensemble des processus de chute, d'accumulation et de fonte de la neige. On modélisera donc par exemple la distribution spatiale et la forme de précipitation (solide ou liquide), le tassement de la neige au sol, son albédo, sa température de surface et son bilan énergétique. Quant au sous-module MISE-À-JOUR-NEIGE, il sera conçu de façon intégrée et

complémentaire au sous-module NEIGE. Il permettra de corriger au besoin les stocks de neige au sol afin d'améliorer la simulation des débits. Ces deux sous-modules seront intégrés au modèle complet de prévision et testés.

La réalisation du modèle de prévision permettra de tirer partie des techniques les plus modernes de prise de données (radar, télédétection) et de télétransmission de données in situ afin de préparer des prévisions hydrologiques plus précises visant tant à protéger les vies et les biens qu'à assurer une gestion optimale des ressources en eau à des fins hydro-électriques. En outre, le projet aboutira à la conception d'un logiciel interactif sur microordinateur.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

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

FORTIN, J.P.

Le projet a pour objectif général le développement d'un logiciel de traitement, à des fins hydrologiques, des données du capteur radar à ouverture synthétique (ROS) du futur satellite canadien RADARSAT. Plus spécifiquement, on désire: a) analyser les données fournies par un capteur aéroporté ROS en vue d'évaluer leur potentiel pour l'estimation des caractéristiques du couvert nival; b) mettre au point une approche multicapteur et multirate pour l'estimation des caractéristiques du couvert nival; c) vérifier et améliorer l'approche définie précédemment à l'aide des données ROS du futur satellite ERS-1.

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

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

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

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.1.10 Logiciel de traitement et structuration des informations physiographiques obtenues par télédétection, intégré à un système de prévision, de surveillance et de management des ressources en eau sur micro-ordinateur

FORTIN, J.P.

L'objectif général du programme de recherche dans lequel s'insère le projet spécifique présenté dans cette demande est de développer un système intégré de prévision, de surveillance et de management des ressources en eau, basé sur la télédétection et structuré en logiciels modulaires interactifs sur micro-ordinateur. Plus spécifiquement, la subvention servira au développement et à l'intégration du logiciel PHYSIOGRAPHIE au système.

Ce logiciel permettra:

- de traiter les informations acquises par télédétection sur l'occupation du territoire, la topographie et le drainage du bassin afin de les traduire en données assimilables par les algorithmes utilisés dans les autres logiciels;
- de structurer ces données de façon à former une base de données accessibles facilement par les autres logiciels.

La réalisation de ces travaux permettra de tirer partie des techniques les plus modernes de prise de données (radar, télédétection par satellite) et de télétransmission de données pour développer un système de prévision, de surveillance et de management permettant d'assurer une gestion optimale des ressources en eau.

Financement: Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique

3.1.11 Modèle paramétrique conceptuel de la qualité de l'eau.

MORIN, G.

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

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

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.2 Assainissement

Des investissements importants sont consacrés chaque année au développement des systèmes d'assainissement des eaux usées. L'implication de l'INRS-Eau dans ce secteur se situe au niveau de la rationalisation des décisions et des aménagements en milieu urbain.

Dans ce cadre, les activités de recherche portent sur les sujets prioritaires suivants:

- l'étude de faisabilité, des performances et de la commande optimale des procédés d'assainissement des eaux usées dans le contexte du climat québécois;
- les problèmes créés par les effluents domestiques et/ou industriels au niveau des traitements anticipés;
- l'influence des substances toxiques (métaux lourds) sur les traitements conventionnels des municipalités;
- la traitabilité des eaux usées industrielles;
- la revalorisation et le recyclage des rejets.

Malgré les orientations confirmées dans le nouveau plan sexennal, il a été impossible de débiter comme prévu les activités portant sur l'assainissement. Le candidat recruté par l'INRS-Eau qui occupera le poste de professeur en assainissement ainsi que le reste de l'équipe ne devraient être en place au Centre qu'au début de 1986. Toutefois, certains projets concernant la gestion en assainissement font l'objet d'études à l'intérieur du programme Méthodologies d'aménagement et de gestion de la ressource eau.

3.2.1 Étude des effets chocs sur les systèmes de traitement biologique

COUILLARD, D.

Les usines de traitement biologique conventionnelles ont souvent à absorber des apports subits (dits effets chocs), provenant d'eau industrielle. La biomasse, dans la plupart des cas, est victime soit d'une tuerie collective par empoisonnement dû aux toxiques, soit d'un lessivage drastique, auquel cas la repopulation de la faune microbienne peut prendre jusqu'à plusieurs semaines avant de revenir à l'efficacité originale. Le besoin se fait donc pressant d'établir une stratégie de contrôle pour les usines à traitement biologique dans l'éventualité de tels problèmes. Cette stratégie de contrôle permettra d'améliorer le fonctionnement des usines à traitement biologique.

Le but principal de ce projet de recherche est d'établir, à l'aide d'un laboratoire-pilote, une stratégie de manœuvres de contrôle à effectuer quand une usine de traitement biologique est soumise à des apports subits (ou effets chocs) d'eau industrielle riche en substrat organique ou contenant des toxiques (métaux lourds). Les retombées prévues se retrouvant surtout dans 1) la réduction des coûts d'opération de l'usine de traitement biologique en permettant d'éviter les périodes d'inefficacité de la biomasse (lessivage et empoisonnement); dans 2) une meilleure gestion des toxiques, évitant l'inefficacité causée par l'empoisonnement de la biomasse; et dans 3) une meilleure co-gestion des rejets combinés (eaux municipales et industrielles) permettant aux usines traditionnelles d'absorber des charges-chocs.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.2.2 Valorisation des boues de traitements biologiques: Extraction des métaux traces dans les boues de traitements biologiques

COUILLARD, D., TRAN, F.T.¹, TYAGI, R.D., CHAHAL, D.S.² et ISHAQUE, M.²

Les boues produites au cours de l'épuration des eaux usées représentent à peine 1% du débit total admis à la station, mais elles contiennent de 50 à 80% de la quantité totale de métaux lourds de l'effluent. Les concentrations de métaux retrouvées dans les boues atteignent 2% sur une base de poids sec. Les métaux

lourds peuvent causer des problèmes de toxicité dans l'environnement lors de l'élimination finale des boues par différentes méthodes (épandage sur les terres, rejets en mer, matériel de remplissage, etc.). En effet, les risques encourus par la santé publique sont associés à l'assimilation des métaux par les plantes et à l'accumulation subséquente dans la chaîne alimentaire. De plus, il existe un risque de transport des métaux lourds des boues résiduelles vers les eaux souterraines et de surface. Cette contamination des eaux peut se produire facilement grâce au ruissellement direct et aux réseaux de drainage. Enfin, de fortes concentrations de métaux dans les sols sont une nuisance pour la croissance des cultures. Par conséquent, des techniques peu coûteuses de décontamination des boues doivent être développées pour en extraire les métaux et les éliminer sécuritairement.

Les objectifs de cette proposition de recherche sont d'optimiser les conditions opérationnelles d'un bioréacteur (pH, température, concentrations de matières nutritives, approvisionnement en O₂ et CO₂, concentration des boues), l'extraction des métaux extracellulaire et intracellulaire, l'acclimatation des souches aux concentrations élevées de métaux et le rôle des cultures mixtes dans l'extraction des métaux. Une estimation des constantes cinétiques et l'élaboration d'expressions mathématiques décrivant le phénomène du lessivage microbiologique devront être réalisées afin de bâtir une procédure de contrôle et de concevoir les bioréacteurs. Enfin, le développement du procédé à grande échelle reposera sur les résultats expérimentaux obtenus.

Financement: Subvention réseau de l'Université du Québec

¹ Centre québécois de valorisation de la biomasse

² Institut Armand Frappier

3.2.3 Étude pilote d'une usine de traitement biologique faisant face à des apports subits d'eau de ruissellement et industriel

COUILLARD, D., TYAGI, R.D. et D'AMOURS, F.

Le but principal de ce projet de recherche est d'arriver à établir, à l'aide d'un laboratoire-pilote (voir schéma joint) déjà existant à l'INRS-Eau, une stratégie de manoeuvres de contrôle à effectuer lorsqu'une usine de traitement biologique est soumise à des apports subits (ou effets-chocs) d'eau de ruissellement contenant des toxiques (métaux lourds, pesticides) et d'eau industrielle riche en substrat organique.

Les retombées prévues se retrouvent surtout dans 1) la réduction des coûts d'opération de l'usine de traitement biologique en permettant d'éviter les périodes d'inefficacité de la biomasse (lessivage et empoisonnement) dans 2) une meilleure gestion des toxiques, évitant l'inefficacité causée par l'empoisonnement de la biomasse, et dans 3) une meilleure co-gestion des rejets municipaux et industriels permettant aux usines traditionnelles d'absorber des charges-chocs calculées d'effluents industrielles.

Financement: Fonds FCAR - Actions spontanées

3.2.4 Valorisation des boues de la Communauté Urbaine de Québec

COUILLARD, D.

Le mandat d'étude de pré faisabilité en vue de la valorisation des boues des stations d'épuration des eaux de la Communauté Urbaine de Québec comporte les activités suivantes:

- identification des caractéristiques des divers procédés
- applicabilité des procédés au cas de la CUQ
 - identification des potentiels et contraintes: nature des boues, réglementation existante,

- conditions du milieu, aspects économiques et autres pré-sélection des procédés.

Financement: Environnement Québec - Contrat en collaboration avec le Groupe Poulin, Thériault Limitée

3.2.5 Effets de certains événements hydrologiques (pluie et fonte de la neige) sur les pertes d'azote et de phosphore résultant d'épandages au printemps et à l'automne

COUILLARD, D., CLUIS, D. et GANGBAZO, G.

À cause du dynamisme de la production agro-alimentaire et particulièrement celui de la production animale, les fermes québécoises génèrent annuellement près de 25 millions de tonnes de fumier et de lisier. Ce sous-produit dont la valeur économique est non négligeable (225 à 330 millions de dollars par année) est et demeurera cependant une source de pollution diffuse des eaux si sa régie n'est pas améliorée.

Actuellement, l'épandage se fait au printemps (1/3 du volume total) et tard à l'automne (2/3 du volume total) à cause des nombreuses contraintes liées à la gestion d'une ferme. Sa régie ne tient compte au mieux que des considérations agronomiques telles que le besoin azoté des cultures, oubliant les processus hydrologiques qui sont à l'origine du transport des matières nutritives vers les cours d'eau.

Le projet vise donc à améliorer l'état de connaissances sur l'effet de deux processus hydrologiques majeurs qui contribuent à la pollution des eaux en milieu agricole, soit les pluies printanières et automnales et la fonte de la neige, pour offrir aux agriculteurs un complément d'informations sur la régie des épandages. Ces processus seront simulés en imitant le plus possible les conditions naturelles.

Les résultats constitueront les bases scientifiques requises pour la mise sur pied d'un réseau d'avertissement agro-météorologique qui aviserait les agriculteurs des moments propices aux épandages. Ce faisant, on s'assure que la valeur fertilisante du fumier profite aux cultures (économie pour les agriculteurs) et que la qualité des eaux est peu ou pas affectée.

Financement: Agriculture Canada (Entente auxiliaire Canada-Québec).

3.2.6 Extraction des métaux lourds en vue de la valorisation des boues d'épuration

COUILLARD, D., TYAGI, R.D. et MERCIER, G.

L'empêchement majeur pour une utilisation à long terme des boues résiduelles lors de l'épandage agricole, se situe au niveau de la concentration élevée des métaux lourds présents dans ces boues. En effet, la proportion des métaux lourds correspond à 0,5 - 2,0% du poids sec de la boue.

L'objectif global vise à l'obtention d'un procédé optimal de valorisation des boues d'épuration par enlèvement biologique des métaux lourds et utilisation subséquente de ces boues purifiées comme fertilisants pour plantes en serres et en sols agricoles et forestiers.

Dans le procédé biologique d'extraction des métaux lourds par lixiviation avec les souches mixtes de Thiobacillus thiooxidans et ferrooxidans, l'approche portera sur trois principaux éléments:

- a) paramètres optimisés (physico-chimique, mécanique et biologique) en opération en cuvée;
- b) paramètres optimisés en opération continue et semi-continue;
- c) design optimum de bioréacteur (recyclage des cellules, air- et autres formes de fixation des cellules);

Financement: Centre Québécois de Valorisation de la Biomasse (CQVB)

3.2.7 Évaluation de la performance de bioréacteurs pour la valorisation des boues d'effluents urbains

TRAN, F.T.

Les effluents d'origine agricole et alimentaire, tels le purin de porc et les rejets d'abattoirs accusent des teneurs très élevées en DBO₅ et en azote ammoniacal, même quand ils ont été déjà soumis à une digestion anaérobie. Un système efficace et peu coûteux pour enlever cet azote s'avère indispensable pour résoudre ce problème critique, qui se pose à la fois aux niveaux provincial (plus de six millions de porcs au Québec) et national.

L'étude proposée ici visera:

- dans un premier volet, à améliorer le procédé de nitrification sur biodisques, par l'utilisation d'une mousse de polyuréthane développée au CRIQ (centre de Recherche industrielle du Québec) laquelle présente une structure extrêmement poreuse et favorable à l'attachement bactérien;
- dans un deuxième volet, à développer une colonne modulaire, opérant en anoxie, et garnie de supports cylindriques en polyvinyl (voir croquis joint), spécifiquement conçu pour le purin de porc, pour la dénitrification étagée.

Les essais seront réalisés avec comme alimentation, le purin traité par digestion anaérobie et un effluent d'abattoir.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.2.8 Inhibition par les métaux et élimination de métaux dans le traitement des eaux usées.

TYAGI, R.D.

Les objectifs de cette présente recherche sont l'étude de la réponse dynamique de la biodégradation d'une substance et les performances du séparateur secondaire concernant l'inhibition par les métaux, l'inhibition de la digestion anaérobie par les métaux (phases acidogéniques et méthanogéniques), et éliminer les métaux des boues digérées anaérobiquement par lixiviation microbienne. La réponse dynamique sera étudiée en faisant varier la concentration des métaux en mode de pulsation ou en mode par étapes.

Les résultats expérimentaux seront comparés avec les équations mathématiques déjà développées et une stratégie pour contrôler l'effet inhibiteur sera développée. Les effets de l'inhibition par les métaux seront étudiés séparément concernant les acidogènes et les méthanogènes; les équations cinétiques en seront ainsi dérivées.

La récupération des métaux des boues digérées sera étudiée en termes d'optimisation des paramètres du milieu, du remplacement du fer soluble par une autre source moins chère, de l'adaptation de la souche ferrooxidans aux sulfures et aux composés sulfures, de l'isolement d'une nouvelle souche potentielle et de l'analyse de la cinétique de la lixiviation microbienne. Différents types de bioréacteurs seront testés pour l'efficacité de l'élimination des métaux. Les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire seront alors utilisés pour développer le procédé à plus grande échelle et pour une plus longue durée.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.2.9 Études pour le développement de procédés pour la digestion anaérobie des boues

TYAGI, R.D.

Les objectifs de cette présente recherche sont de minimiser le temps de rétention hydrologique (T.R.H.) (10-14 jours dans le procédé conventionnel), d'étudier l'inhibition par les métaux durant la phase

acidogénique et méthanogénique de la digestion anaérobie des boues, et d'éliminer les métaux des boues digérées anaérobiquement par lixiviation microbienne.

Le T.R.H. peut être réduit par méthode d'ingénierie (la phase acidogénique) pour générer des intermédiaires qui sont alors directement acceptés par les bactéries productrices d'hydrogène obligatoire (B.P.H.O.) ou par les méthanogènes, et en utilisant des bioréacteurs de type à haut rendement pour la phase méthanogénique pour augmenter le temps de rétention des boues.

Il est proposé qu'après la première étape, les solides seront séparés et un liquide clair sera alimenté à la deuxième étape. Ce qui permettra de surpasser les problèmes d'opération dus à l'accumulation de solides avec les bactéries dans les bioréacteurs à haut rendement. L'inhibition des bactéries B.P.H.O. par les métaux sera réduite du fait que les métaux seront récupérés avec les solides avant la deuxième étape.

La distribution des métaux dans différentes phases (solubles, précipités et bio-accumulés) en relation avec la présence d'agents chélateurs sera aussi étudiée.

Ceci ne va pas seulement aider à comprendre le mécanisme d'inhibition durant la digestion, mais aussi à comprendre le mécanisme d'extraction des métaux par lixiviation microbienne qui sera étudiée en utilisant Thiobacillus ferrooxidans.

Les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire seront utilisés pour développer le procédé à plus grande échelle et pour une plus longue durée.

Finalement, les expressions cinétiques pour les deux phases de digestion et d'extraction des métaux seront développées.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3 Effets de l'utilisation et de l'aménagement des ressources naturelles sur la dynamique des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique

Afin de mieux comprendre la dynamique des processus biologiques des eaux naturelles et de préciser l'impact de l'activité humaine sur ces processus, l'INRS-Eau vise à développer et à appliquer des méthodologies propres à mieux déterminer les interrelations entre la productivité biologique des eaux et leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Les connaissances ainsi acquises serviront à l'évaluation des répercussions de l'urbanisation ainsi que de l'exploitation de l'eau, des forêts, des sols et du sous-sol, sur le milieu aquatique.

Dans ce cadre, les activités de recherche portent sur les sujets prioritaires suivants:

- la détermination, dans un bassin versant, de relations entre l'utilisation du territoire, les apports allochtones et la qualité des eaux qui s'y trouvent;
- l'étude du cycle des substances nutritives (ex.: carbone, azote, phosphore) et toxiques (ex.: métaux traces) en milieux aquatiques (ex.: précipitations, eaux, sédiments);
- la caractérisation de la matière organique (labile ou réfractaire) trouvée dans les eaux naturelles, ainsi que l'étude de ses rôles écologiques;
- l'étude des mécanismes d'action de certains facteurs physiques, chimiques et biologiques sur le comportement physiologique des organismes aquatiques.

La réalisation de ce programme de recherche implique, entre autres, la mise au point de nouvelles méthodes analytiques (analyses physico-chimiques; bioessais), l'élaboration de modèles mathématiques pour la simulation thermodynamique ou cinétique de processus importants dans les eaux naturelles, ainsi que le développement de techniques pour la manipulation du milieu in situ (limnocoraux) et pour la simulation du milieu en laboratoire.

3.3.1 Photochimie, peroxydes et communautés planctoniques limnétiques du Bouclier canadien

AUCLAIR, J.C.

Objectif à long terme:

Évaluer l'importance des peroxydes d'hydrogène comme agent structurant les communautés planctoniques limnétiques du Bouclier canadien.

Objectif spécifique:

Déterminer les seuils de concentration en peroxydes d'hydrogène pouvant perturber les communautés, selon les mécanismes proposés ci-dessous.

Problématique:

Trois raisons motivent l'étude des effets des peroxydes d'hydrogène (H_2O_2) sur les communautés microbiennes des eaux du Bouclier.

1) La présence de concentrations de H_2O_2 persistantes dans le milieu aquatique; 2) La possibilité d'un accroissement des retombées atmosphériques suite à une augmentation des donneurs d'électrons potentiels d'origine anthropique; 3) La possibilité d'une toxicité synergétique des peroxydes avec les métaux traces.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.2 Mise au point de méthode de production de phytoplancton marin et de procédé de transformation comme source de produits de chimie fine

AUCLAIR, J.C.

Par la mécanique de cet avis technique, le Centre québécois de valorisation de la biomasse veut cerner grossièrement les possibilités de production de phytoplancton marin en vue de leur transformation.

L'identification des méthodes de production et des procédés de transformation du phytoplancton sera nécessaire à l'identification d'opportunité de commercialisation de sous-produits de chimie fine destinés aux ingrédients pharmaceutiques et alimentaires.

Pour réaliser ce projet, il s'agit de:

1. définir le phytoplancton marin et situer brièvement les différentes catégories exploitables et non exploitables connues ainsi que les sous-produits possibles et leur utilisation;
2. présenter l'état de la situation concernant les travaux récents ayant trait à l'exploitation de phytoplancton marin à l'état naturel, les méthodes existantes de cultures contrôlées (bassins et autres), les procédés de transformation (au Québec et ailleurs);
3. donner une brève description des méthodes d'opérations et commenter dans la mesure du possible les goulots d'étranglement rencontrés.

Financement: Centre québécois de valorisation de la biomasse - Contrat

3.3.3 Spéciation et biodisponibilité de l'aluminium dans les eaux naturelles

CAMPBELL, P.G.C. et PARENT, L.

Pour un bassin versant situé sur le Bouclier canadien et soumis à des précipitations acides, on note souvent une mobilisation de métaux du milieu terrestre vers le milieu aquatique (surtout Al). Cette mise en circulation est généralement de nature épisodique, suite à des événements hydrologiques particuliers (ex.: fonte de la neige; crue automnale). Le devenir géochimique de ces métaux et leur disponibilité biologique (et donc leur impact environnemental) dépendront de leur spéciation, ce qui explique notre intérêt général à développer des méthodes analytiques pour déterminer la spéciation des métaux dans les eaux naturelles, et à élucider les relations existant entre les formes de métal présentes et leurs effets biologiques.

Dans ce cadre général, le présent projet a pour objectif de relier la spéciation d'un de ces métaux (Al) dans les eaux naturelles et sa biodisponibilité. Dans un premier temps, en employant des eaux synthétiques de composition connue et en faisant varier diverses variables expérimentales (ex.: pH, concentration totale d'aluminium, spéciation de l'aluminium), on a suivi la bioaccumulation et/ou la toxicité de l'aluminium chez des algues tests (Chlorella pyrenoidosa; Chlamydomonas variabilis). Ces expériences ont permis de constater que le Modèle d'Ion Libre (conçu et couramment employé pour expliquer l'interaction de métaux autres que l'Al avec des organismes aquatiques) était inadéquat pour expliquer la bioaccumulation et la toxicité de l'aluminium chez ces algues.

Actuellement, on vérifie jusqu'à quel point la révision du modèle, notamment pour inclure une contribution possible de complexes mixtes $[(X)_xAl-L\text{-cellule}, \text{ où } X=OH \text{ ou } F]$ à la réponse biologique, pourrait améliorer sa capacité de prédiction. Dans un deuxième temps, il faudra évaluer si le modèle révisé peut rendre compte adéquatement de la biodisponibilité de l'aluminium dans les eaux naturelles, en présence de la matière organique dissoute (poids moléculaire élevé ou faible).

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.4 Prédiction de la biodisponibilité de métaux traces présents dans les sédiments des eaux douces

CAMPBELL, P.G.C., CARIGNAN, R., TESSIER, A., HARE, L. et STOKES, P.M.¹

Les métaux traces présents dans les sédiments aquatiques se trouvent dans les eaux interstitielles (sous forme dissoute ou colloïdale) ou encore associés à diverses phases solides. Pour évaluer la biodisponibilité de ces métaux, il convient de différencier entre deux grandes classes d'organismes benthiques:

- type A : ne peuvent ingérer des sédiments; une seule voie d'entrée (eau ambiante) (ex.: plantes)
- type B : peuvent ingérer des sédiments; deux voies d'entrée possible (eau ambiante et/ou sédiments) (ex.: détritivores).

L'objectif global de ce projet est de prédire la disponibilité biologique de divers métaux traces (Cd, Cu, Hg, Pb) présents dans les sédiments aquatiques, à partir de données géochimiques et de connaissances sur la physiologie et la stratégie de nutrition des organismes cibles. Pour quelques organismes benthiques représentatifs (eaux douces: types A et B), on vise à:

- (i) élucider les mécanismes de prise en charge ("uptake") de métaux à partir des sédiments, et déterminer l'importance relative des deux voies de bioaccumulation possibles (prise en charge directement à partir de l'eau ambiante vs. ingestion de sédiments);
- (ii) développer des méthodes prédictives des teneurs en métal chez les organismes benthiques.

Nous avons proposé, comme hypothèse clé à vérifier, que la prise en charge du métal via l'eau ambiante est la voie d'entrée la plus importante, même chez les organismes de type B.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (subvention thématique)

¹ Institut pour les Études environnementales, Université de Toronto.

3.3.5 Comportement géochimique de l'aluminium dans les eaux courantes de la Côte-Nord du Golfe du Saint-Laurent

CAMPBELL, P.G.C., HANSEN, H.J. et DUBREUIL, B.

Les rôles respectifs du carbone organique dissous (COD) et du pH, comme facteurs influençant la spéciation de l'aluminium, ont été évalués pour des rivières à saumons de la Côte-Nord pendant l'hiver 1986 et la fonte printanière subséquente. Avec le début de la fonte, plusieurs paramètres ont réagi: certains solutés ont démontré la dilution attendue (Ca^{+2} ; F^- ; SO_4^{-2} ; NO_3^-) alors que d'autres ont passé par des concentrations maximums (H^+ ; couleur; C-organique, Al-dissous). Les deux formes d'aluminium monomère (inorganique + organique) ont contribué au pic d'aluminium dissous, avec une contribution importante des fluoro-complexes, AlF^{+2} et AlF_2^+ , et des hydroxo-complexes cationiques, AlOH^{+2} et $\text{Al}(\text{OH})_2^+$.

Des analyses de régression multiple furent réalisées avec l'aluminium organique monomère comme variable dépendante et $[\text{COD}]$, $[\text{Al}]_f$, pH et $[\text{F}]_t$ comme prédicteurs. Les variables se comportaient de manière très différente pendant les deux périodes étudiées. En dehors de la période printanière, le COD s'est avéré le prédicteur le plus utile; puisque les autres variables étaient toutes corrélées les unes avec les autres, on ne pouvait les considérer comme variables indépendantes dans l'élaboration d'une équation prédictive. Par ailleurs, pendant la période de fonte de neige les variables n'étaient plus inter-reliées, mais ensemble elles ne pouvaient expliquer que 50% de la variance des concentrations d'aluminium organique. Ces résultats laissent entendre que l'élaboration d'un modèle prédictif pour cette période critique sera difficile.

Financement: Pêches et Océans Canada - Contrat

3.3.6 Biodisponibilité de fluoro-complexes d'aluminium vis-à-vis du saumon atlantique

CAMPBELL, P.G.C., COUTURE, P. et WILKINSON, K.J.

Lors de la fonte printanière les fluoro-complexes d'aluminium deviennent prédominants dans plusieurs cours d'eau. Nos expériences ont pour but d'expliquer l'effet de la complexation de l'aluminium par des fluorures dans des conditions similaires à celles du Bouclier canadien au printemps. Nous utilisons des tacons (âge 1+) au cours d'une série d'expériences semi-statiques (renouvellement de l'eau deux fois par jour), où les concentrations des ions majeurs sont maintenues constantes de même que le pH (4,5 ou 4,9) et la température (10°C) et ce, tout en variant les concentrations en aluminium (0-12 µM) ou en fluorures (0-20 µM).

En suivant des paramètres léthaux (CL50-96 heures; CL50-7 jours; mortalité cumulative), on peut démontrer que la complexation de l'aluminium inorganique par les fluorures réduit sa toxicité. Cependant, cette atténuation s'avère moins importante que celle prédite; en effet, la toxicité résiduelle de l'aluminium en présence de fluorures dépasse celle qui aurait été anticipée en fonction des concentrations de l'ion libre, $[Al^{3+}]$, et de ses hydroxo-complexes, $[Al(OH)_n]$. Pour expliquer ce phénomène, on peut évoquer la présence de complexes mixtes à la surface de la branchie, {F-Al-L-branchie}. L'évolution des valeurs de sodium plasmique suggère que le même mécanisme de toxicité s'applique en présence qu'en absence des fluorures, et que ce mécanisme implique une perturbation de l'osmorégulation des poissons.

Financement: Pêches et Océans Canada - Subvention + Contrat

3.3.7 Caractérisation de la matière organique dissoute dans l'eau de quelques rivières à saumon de la Côte-Nord du Golfe St-Laurent

CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B. et KRAMER, J.R.¹

La matière organique dissoute influence grandement la géochimie des rivières à saumon de la Côte-Nord, surtout au printemps. Dans le présent projet, on vise d'abord à isoler des acides organiques à partir d'échantillons d'eau de la rivière De la Trinité. Ces échantillons ont été prélevés avant, pendant et après la fonte printanière (trois échantillons prélevés à un site localisé vers l'amont de la rivière + trois prélevés près de l'embouchure). Dans un second temps, on compte caractériser ces acides et déterminer si leur nature change au cours de la fonte et/ou de l'amont vers l'aval de la rivière.

La procédure d'isolation utilise la chromatographie d'adsorption pour concentrer la matière organique présente dans l'eau, suivie par la chromatographie d'exclusion pour isoler les substances polymères de masse moléculaire élevée. Ces substances sont ensuite protonées par échange d'ions et les acides humiques et fulviques produits sont lyophilisés. Deux fractions sont ainsi produites pour chaque échantillon d'eau, l'une d'acide humique, l'autre d'acide fulvique; chacune de ces fractions est caractérisée (composition élémentaire; nombre de groupements carboxyliques; degré d'ionisation en fonction du pH; affinité pour l'aluminium) par des analyses au laboratoire.

Financement: Pêches et Océans Canada - Contrat

¹ Département de géologie, Université McMaster

3.3.8 Influence de l'acidification des lacs sur le lessivage de métaux traces des sédiments

CARIGNAN, R.

L'objectif principal de ce projet est de caractériser et de quantifier le lessivage de métaux traces des

sédiments de lacs en voie d'acidification. Les taux de lessivage de Fe, Mn, Al, Cu, Cd, Pb, Zn seront calculés à partir de mesures in situ de gradients de concentrations existant dans l'eau interstitielle, au niveau de l'interface eau-sédiment. L'influence du pH, de la présence d'oxyhydroxydes superficiels de Fe et Mn, et du pouvoir tampon des sédiments sur le lessivage de métaux traces des sédiments (ou sur leur immobilisation) est étudiée. Finalement, des modèles diagénétiques permettant de décrire le phénomène d'acidification de sédiments en contact avec des eaux acides et le lessivage de métaux traces des sédiments sont élaborés. Ces modèles nous permettent de prédire l'effet d'augmentation ou de diminution des apports d'acide sur la remise en circulation de métaux traces dans les sédiments. Le lessivage de métaux traces toxiques peut avoir des conséquences désastreuses pour les écosystèmes aquatiques. Ces études nous permettent de mieux comprendre l'impact des pluies acides sur ces systèmes.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.9 Biogéochimie de l'interface eau-sédiment

CARIGNAN, R.

Les interactions eau-sédiment peuvent jouer un rôle important dans la dynamique biologique et chimique des lacs. Par exemple, les sédiments constituent le principal site de régénération des substances nutritives dans les lacs. La majeure partie des polluants (métaux traces, dérivés de pesticides, nutriments) présents dans les lacs se retrouvent dans les sédiments superficiels et il est important de connaître leur degré d'interaction avec la colonne d'eau. Les sédiments peuvent expliquer en grande partie la capacité de résistance à l'acidification que montrent certains lacs sujets aux pluies acides. Malgré l'importance potentielle des sédiments, notre compréhension des phénomènes biologiques, chimiques et physiques propres à l'interface eau-sédiment est encore très rudimentaire. L'absence de modèles théoriques ou empiriques capables de prédire l'importance quantitative des interactions eau-sédiment au niveau: 1- des apports internes en éléments nutritifs, 2- du destin des polluants sédimentaires et 3- au niveau de la génération d'alcalinité dans les lacs touchés par les pluies acides témoigne de l'insuffisance de nos connaissances dans ce domaine.

L'objectif du programme de recherche proposé consiste donc à caractériser et quantifier les phénomènes de transport des substances dissoutes à l'interface eau-sédiment et à appliquer ces connaissances à l'étude du transport de substances nutritives (P, N, Si), toxiques (métaux traces) entre la colonne d'eau et les sédiments superficiels de quelques lacs du bouclier canadien. Cet objectif sera réalisé en utilisant une nouvelle méthode mise au point en 86-87 qui permet la mesure in situ de l'importance relative de la diffusion moléculaire et de l'action d'irrigation par les invertébrés benthiques dans le transport de substances dissoutes à l'interface eau-sédiment. Ces résultats seront utilisés dans la formulation de modèles empiriques reliant la sédimentation et la régénération d'éléments nutritifs, de modèles décrivant le comportement des métaux traces dans les sédiments superficiels des lacs acides, et de modèles capables de prédire la capacité de résistance à l'acidification des lacs sujets aux pluies acides.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.10 Modèle biogéochimique de la dynamique du soufre dans un écosystème boréal (lac Laflamme, Forêt Montmorency)

CARIGNAN, R. et TESSIER, A.

Ce projet vise principalement à la production d'un modèle biogéochimique de la dynamique du soufre dans un écosystème recevant des précipitations acides (lac Laflamme). L'objectif sera atteint en quatre étapes: 1- la quantification des principaux réservoirs de soufre dans la végétation, les sols, les sédiments, les eaux de surface et souterraines; 2- l'identification des principales formes chimiques en cause (sulfate en solution, adsorbé, soufre inorganique réduit, soufre organique lié au carbone, esters sulfatés), 3- la mesure des taux d'échanges ou des flux de soufre entre ces réservoirs, et 4- la

formulation et vérification d'un modèle mathématique d'entrée-sortie du soufre dans un écosystème boréal. L'acidification des écosystèmes est étroitement liée à la dynamique du soufre. Les résultats de ces travaux auront donc un impact fondamental au niveau de notre compréhension du phénomène de l'acidification et de notre capacité de prédire l'effet des précipitations acides.

Financement: Fonds FCAR - Subvention spontanée

3.3.11 Mode d'action de substances altérageènes au niveau communauté phytoplanctonique: une approche écotoxicologique

COUTURE, P. et THOMPSON, P.A.

Les connaissances des effets des rejets de substances altérageènes au niveau des communautés phytoplanctoniques étant moins bien conceptualisées qu'au niveau plus simple des populations en laboratoire, il en résulte que les méthodes pour évaluer les risques environnementaux selon l'approche réductionniste ne sont pas adéquatement structurées. L'un des principaux facteurs contribuant à cette situation est que les connaissances pour définir l'état physiologique des différentes phases de croissance ou encore les taux de division cellulaire au niveau de la communauté restent fortement limitées. On vise donc à étudier le mode d'action de substances toxiques au niveau de la communauté par la détermination des taux de croissance (métabolisme général), des taux de fixation nette en C (anabolisme) et de la somme des nucléotides adénylates (catabolisme). On testera en outre l'hypothèse que μ -DNA est représentatif de μ -Chl et μ -fixation nette de carbone.

Le développement méthodologique à l'aide de séries temporelles de mesures tiendra compte des effets de carence en éléments essentiels par l'emploi de microcosmes où un flux continu d'eau est forcé. Par ailleurs, dans des milieux fluviaux, notre approche permettra de comparer les réponses dans des enceintes environnementales à celles obtenues directement dans un tronçon de rivière pour des stations localisées en amont et en aval d'un rejet. On distinguera ainsi les effets liés au gradient des conditions naturelles propres au milieu fluvial qui interviennent sur le métabolisme de la communauté. Les connaissances acquises en écotoxicologie permettront aux gestionnaires d'améliorer la fiabilité des indicateurs biologiques utilisés dans des réseaux de contrôle et de surveillance de la qualité. Dans cette perspective les vitesses de diminution et de rétablissement des variables seront aussi considérées comme un substitut à une mesure directe des taux de croissance de la communauté.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.12 Mécanismes de tolérance chez le phytoplancton: aspects physiologiques et biochimiques

COUTURE, P.

Bien que de nombreux travaux mettent en évidence la grande capacité du phytoplancton à résister aux variations de l'environnement aquatique, les processus biochimiques/physiologiques qui soutiennent cette résistance de la réponse biochimique des cellules phytoplanctoniques notamment stressées par les métaux.

L'objectif global du projet de recherche est d'étudier les mécanismes de résistance permettant à des populations phytoplanctoniques de maintenir leur taux de croissance le plus près du taux de croissance maximal. De façon plus spécifique, on précisera le rôle des processus respiratoire et photosynthétique ainsi que des capacités hétérotrophes lors de l'expression de la résistance à des conditions stressantes. De plus, on compte démontrer dans quelle mesure les capacités respiratoire, photo-synthétique et hétérotrophe de même que l'induction de produit de synthèse constituent des avantages au niveau de la compétition interspécifique.

Ces connaissances sont d'un grand intérêt en écologie car elles permettront à plus long terme de préciser les stratégies de compétition. En effet, on pourra évaluer l'importance relative des mécanismes impliqués

dans le processus de la résistance en tant qu'éléments stratégiques modulant la capacité compétitive interspécifique dans les communautés. De plus, des variables aptes à prévoir des fluctuations dans la structure des communautés seront également définies. Ces variables pourront éventuellement être utilisées comme indicateurs de stress environnementaux pour le dépistage des dangers et d'évaluation des risques dans des programmes de surveillance de la qualité des déversements d'eaux résiduelles.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.13 Sensibilité du saumon atlantique (stade alevins vésiculés) aux conditions physico-chimiques acides (présence et absence de l'aluminium)

COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C. et PARENT, L.

L'effet du pH sur la toxicité et sur la bioaccumulation de l'aluminium par des alevins vésiculés de saumon atlantique (*Salmo salar*) a été étudié sous conditions physico-chimiques contrôlées. Les expériences ont été réalisées sous des conditions de pH et de température voisines de celles rencontrées lors du choc acide au printemps (pH 5). On a utilisé un système expérimental constitué de trois auges dans lesquels le pH et les concentrations d'aluminium étaient contrôlées quotidiennement. Durant une période de traitement (pH 5 avec ou sans aluminium) de 17 jours et une période de déuration subséquente de 18 jours, on a suivi l'accumulation de l'aluminium et la survie chez les alevins de saumon. De plus une expérience d'extraction d'aluminium à l'EDTA a été réalisée afin de discriminer entre les quantités d'aluminium adsorbé et absorbé.

Les résultats démontrent une mortalité plus élevée quoique faible (6%) dans le milieu acide (pH 5) contenant de l'aluminium (135 µg/L). Cette mortalité peut être reliée à la forte prise en charge de l'aluminium par les alevins présents dans cette auge d'autant plus que 60% de l'aluminium pris en charge est extractible à l'EDTA, lequel est considéré ici comme étant adsorbé. De plus on note des concentrations plus élevées chez les alevins de petites tailles comparativement aux alevins de tailles supérieures. Nos résultats démontrent également qu'il y a désorption de l'aluminium très tôt au cours de la période de déuration. Les facteurs de concentration calculés par le rapport des concentrations moyennes en aluminium total pris en charge par les alevins mesurées dans le milieu sont plus faibles à pH 5. Ces résultats suggèrent qu'il y a compétition cationique entre les ions aluminium hydrogène pour leur adsorption sur les sites de liaison présents sur les alevins.

Financement: Pêches et Océans Canada - Contrat

3.3.14 Évaluation de la quantité de purin à épandre sur différentes classes texturales de sol afin de minimiser les effets sur la qualité des eaux de percolation

COUTURE, P., VISSER, S.A.¹, CLUIS, D., CAILLIER, M.¹ et BLACKBURN, M.¹

La disposition du purin de porc est devenue problématique au Québec depuis l'intensification de la production porcine. De ce fait, l'évaluation des répercussions environnementales sur le milieu aquatique de l'épandage, un moyen traditionnel de disposer du lisier, devrait être envisagée. En effet, une revue de l'état des connaissances dans ce domaine montre clairement que, selon les conditions d'application, le type de culture et le type de sol, l'épandage du purin de porc sur un champ agricole peut modifier la composition du sol, il existe peu de connaissances sur les effets avoisinants (Papineau, 1985). Cependant, il existe peu de connaissances sur les effets inhibiteurs ou stimulateurs des composés transportés sur les organismes aquatiques.

A. Hypothèses à court terme pour la première année:

- 1) l'épandage du lisier de porc constitue un danger au niveau de la qualité (fertilité, toxicité) des eaux de percolation pour l'environnement aquatique;

2) le degré de pollution est fonction de la classe texturale du sol et de la quantité de lisier appliquée.

B. Hypothèses à moyen terme pour la deuxième année:

vérification des hypothèses A.1 et A.2 sur les eaux de percolation provenant d'un champ ayant reçu différentes doses de purin et où on pratique la culture du maïs.

C. Hypothèses à partir de la troisième année:

1) l'épandage du lisier de porc modifie les propriétés chimiques et biologiques des eaux de percolation et altère la qualité du cours d'eau récepteur;

2) le degré d'altération du système aquatique récepteur est fonction de la dose d'épandage du lisier au sol.

Financement: Environnement Québec - Subvention

¹ Projet réalisé en collaboration avec l'Université Laval, Département des Sols

3.3.15 Chimie de neige et fonte de neige

JONES, H.G.

L'objectif à long terme est le développement d'un modèle pour la prédiction de la qualité des eaux de fonte en provenance des bancs de neige situés dans la partie est du bouclier canadien. Les paramètres choisis pour l'étude sont ceux des émissions de la combustion du carburant fossile transportées dans la région et reconnues comme composants toxiques tels que les anions d'acidité forte (SO_4^- , NO_3^-), et des micropolluants cancérigènes (hydrocarbures polycycliques aromatiques). Les objectifs à court terme sont la détermination des mécanismes de dépôts secs et des processus de transformation et de translocation, responsables de l'accumulation des charges de polluants in situ et leur patron de concentration précédant la fonte des eaux de fonte.

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

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.16 Modélisation intégrée du cheminement des polluants atmosphériques vers les eaux de surface pendant la fonte printanière

JONES, H.G. et SOCHANSKI, W.

Le projet vise une série d'expériences contrôlées sur la fonte de neige afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour mieux quantifier le rôle que joue la fonte de neige dans la problématique globale des précipitations acides au Québec. Ces connaissances sur les relations entre la qualité du stock de neige et la qualité des eaux de fonte seront quantifiées et incorporées dans un modèle quantitatif des eaux de fonte qui permet la prévision de la qualité de ces dernières par rapport aux diverses conditions météorologiques. L'objectif précis vise la détermination des mécanismes de contrôle du taux de rejet des polluants acides dans les eaux de fonte. On étudie la qualité des eaux de fonte en provenance d'un stock de neige de qualité et d'état métamorphique connus, sous l'influence de diverses simulations des événements météorologiques possibles.

Afin de déterminer les taux de migration des ions H^+ , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , la méthodologie repose sur des expériences en laboratoire dans des colonnes de fonte de neige. La fonte dans des colonnes de neige homogène est étudiée afin d'évaluer l'influence de l'état métamorphique de neige sur les processus de rejet des polluants acides. Par ailleurs, la fonte dans des colonnes de neige hétérogène à plus grande échelle est contrôlée afin de déterminer l'influence de la stratification physique des bancs de neige sur l'écoulement des eaux et leur qualité. Les résultats de ces expériences sont vérifiées sur le terrain (lysimètres "in situ") en tenant compte de l'état de la couverture de neige et de son environnement global.

Ces taux de perte de polluants acides sont intégrés dans un modèle quantitatif pour le lac Laflamme (Québec). Ce modèle intégré détermine donc: i) la charge totale à un instant donné des polluants acides atmosphériques contenus dans la couverture de neige; ii) le taux de perte de cette charge vers le sol selon les conditions météorologiques existantes; et iii) les réponses qualitatives du système hydrologique de surface aux diverses étapes de fonte printanière par rapport aux charges existant sur le bassin versant, et par rapport à celles attendues par la diminution des émissions de soufre à longue échéance.

Financement: Environnement Canada, Service de la conservation de l'environnement - Subvention

3.3.17 L'analyse de la qualité de l'eau du lac Laflamme - Synthèse

JONES, H.G.

L'objectif du contrat est de déterminer et quantifier les phénomènes qui influencent la qualité de l'eau du lac Laflamme et plus particulièrement la qualité de l'eau au niveau des frayères durant la fonte printanière.

À l'aide des données recueillies par Environnement Canada et l'INRS-Eau depuis 1983, les étapes du projet sont:

- dresser un portrait de la réponse du système lacustre du lac Laflamme aux précipitations acides durant la fonte printanière;
- analyser la réponse de la qualité des eaux de l'épilimnion du lac à proximité des berges;
- identifier les phénomènes qui influencent la qualité de l'eau aux sites de fraie durant la période critique de la fonte printanière et dans la mesure du possible quantifier ces influences;
- analyser la réponse durant la fonte printanière de l'ensemble du lac au niveau de l'épilimnion et de l'hypolimnion. Identifier les phénomènes qui influencent la qualité de l'eau à ces niveaux, et dans la mesure du possible, quantifier ces influences;
- déterminer les apports quantitatifs (hydrologiques) à proximité des berges dans la zone de charge autour du lac Laflamme pour les périodes de la fonte printanière de 1985 et de 1983;
- en utilisant la méthode des éléments finis, générer la vitesse et la direction du cheminement des eaux à la surface du lac Laflamme sous couvert de glace durant ces périodes. Au moins cinq cartes

représentant la direction et la vitesse de déplacement des eaux à la surface du lac pour chaque période (fonte 1983 et fonte 1985) devront être produites. Pour la fonte de 1983, trois de ces cinq cartes devront représenter respectivement le système lacustre en date du 25 avril 1983, du 1 mai 1983 et du 17 mai 1983. Les résultats de l'application de cette méthode devront être considérés comme partie intégrante du "portrait de la réponse du système lacustre du lac Laflamme" de la section 3 des travaux à réaliser.

Financement: Environnement Canada - Contrat

3.3.18 Analyse coûts-bénéfices reliés à l'application de la méthode de chaulage dans les lacs acides

JONES, H.G., LACHANCE, M. et VERMOT-DESROCHES, B.¹

Les objectifs généraux de la participation de l'INRS-Eau à cette étude portent sur les aspects écologiques qu'on doit considérer dans une optique de chaulage des lacs acides au Québec. Plus particulièrement les aspects qui sont considérés peuvent être groupés en deux parties:

- les aspects hydrologiques, physico-chimiques et biotiques;
- les impacts écologiques du chaulage.

Financement: Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche - Sous contrat de l'Université du Québec à Trois-Rivières

¹ Université du Québec à Trois-Rivières, Professeur, Département d'administration et d'économique

3.3.19 Effets des précipitations acides sur un sous-bassin de la rivière des Escoumins: réponse hydrochimique et biologique

LACHANCE, M. et BROUARD, D.¹

Le travail proposé consiste en une synthèse des travaux effectués sur un sous-bassin versant de la rivière des Escoumins. Les résultats de cette étude seront interprétés et situés dans le contexte des rivières de la Côte-Nord du fleuve Saint-Laurent.

Financement: Pêches et Océans Canada - Contrat

¹ Gilles Shoener et Associés Inc.

3.3.20 Développement d'indices environnementaux de polluants atmosphériques à longue portée

OUELLET, M.

Dans le cadre de ce projet, nos travaux ont surtout portés sur la géochimie du Pb et du ¹³⁷Cs dans les sédiments lacustres ainsi que sur la distribution spatiale du ¹³⁷Cs dans le lichen à Caribou. La distribution stratigraphique du Pb dans les sédiments les plus récents d'une quarantaine de lacs nous a permis d'évaluer, pour l'ensemble du Québec, la distribution de cet important contaminant. Il existe pour cet élément un gradient spatial décroissant en direction des régions nordiques. Pour ce qui concerne les patrons de la distribution spatiale et stratigraphique du ¹³⁷Cs dans les sédiments lacustres, ceux-ci semblent fortement influencés par la dynamique du transport de cet élément à l'intérieur même du bassin versant. Les caractéristiques physiques, géologiques, forestières et hydrologiques de chaque bassin étant particulières et rendent l'utilisation de ce polluant longue portée difficilement utilisable comme indice environnemental de contamination. Pour ce qui concerne l'utilisation des teneurs en ¹³⁷Cs dans le lichen à Caribou, même si les concentrations sont toujours plus élevées que celles retrouvées dans les sédiments lacustres, l'utilisation de celles-ci sur de grandes surface est relativement complexe. La plus faible

croissance du lichen en régions arctiques a pour effet de provoquer une augmentation relative des teneurs, tandis que le contraire se produit en régions boréales.

Financement: Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada

3.3.21 Impact de polluants atmosphériques de longue portée sur les systèmes lacustres de l'arctique québécois

OUELLET, M., PAGÉ, P.¹ et BOUCHARD, M.²

L'étude physico-chimique de certains lacs de la région du Cratère du Nouveau Québec (61°17'N; 23°40'O) a été entreprise en août dans le but d'évaluer l'impact des précipitations acides sur ces systèmes arctiques.

En ce qui concerne le lac du Cratère dont la profondeur atteint 265 m, nos résultats démontrent que pendant la courte période (≈ 4 semaines) d'absence de la couverture de glace, l'ensemble de cette masse d'eau d'un volume de 0.88 km³, se mélange et ne laisse voir aucune stratification thermique ou chimique de grande importance. La température des eaux augmente légèrement à mesure que la profondeur progresse (2.8°C à 3.0°C). Ces caractéristiques en font donc un lac holomictique de type monomictique froid. La très grande transparence de ces eaux est exceptionnelle. À 87 m de profondeur, il existe encore 1% de la lumière incidente de surface. Cette caractéristique est le reflet de la faible teneur en matière organique dissoute ainsi que du peu d'abondance des particules organiques et inorganiques en suspension dans ces eaux ultra-oligotrophe.

Selon nos analyses isotopiques de l'oxygène, ce lac qui ne possède pas d'exutoire de surface semblerait se drainer souterrainement en direction de la rivière Vachon. L'écoulement par les plans de faibles orientation Nord-Sud et joignant le lac Laflamme au lac du Cratère se ferait en position sub ou intra-permafrost, selon un faible gradient hydraulique (1 m sur 5 km) et maintiendrait ainsi le niveau d'eau en équilibre hydrostatique.

Avec une salinité moyenne de seulement 2.63 mg/L (62 µeq/L), ce type d'eau, très faiblement minéralisé, est rare sur l'ensemble du territoire québécois et donc extrêmement sensible à l'acidification découlant des polluants atmosphériques. Il est très dangereux d'utiliser l'évolution depuis 1955 (Martin), de paramètres d'acidification physico-chimiques pour tenter d'attribuer les variations temporelles des effets des précipitations. Même si les eaux lacustres de cette région sont très faiblement minéralisées, les teneurs négligeables en sulfates et en ions [H⁺] observées, tant dans les apports que dans les eaux, nous permettent d'affirmer que cette région de l'Arctique québécois ne subit pas encore les effets néfastes des précipitations acides.

Financement: Fondation Donner et Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada

¹: Département des Sciences de la terre, Université du Québec à Montréal.

²: Département de Géologie, Université de Montréal.

3.3.22 Indice de néotectonisme dans les sédiments lacustres du Québec

OUELLET, M.

L'étude de sédiments lacustres d'âge Holocène au moyen de la sismique à réflexion en continue de basse fréquence (3.5 kHz) nous a permis d'identifier des anomalies structurales dans la stratigraphie de ces dépôts. Ces anomalies sont souvent représentées par des vallées étroites en forme de V d'environ 5m de profondeur, par des plissements et courbures des strates ou encore par des déformations angulaires (faultings) des structures sédimentaires. Celles-ci qui atteignent jusqu'à 40 m d'épaisseur, ne semblent pas compatibles avec l'effet de nivellement de la convergence des sédiments de l'interface eaux-sédiments

des lacs holomictiques.

En ce qui concerne la présence de ces structures dans les sédiments du lac Saint-Jean, leur origine est particulièrement difficile à concevoir dans les cadres de la limno-géologie classique. Un fetch de plus de 40 km ainsi qu'une faible stratification annuelle des eaux de ce lac devrait générer des déplacements de sédiments superficiels de grande importance qui devraient rapidement combler ces anomalies. La topographie de la roche de fond ainsi que les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires ne semblent pas directement associés à ces structures.

Nos résultats nous portent à croire que des compressions latérales de la croûte terrestre du graben des Basses-Terres du lac Saint-Jean seraient possiblement à l'origine de ces déformations structurelles des sédiments lacustres. Des études au moyen d'un sonar à balayage latéral nous permettront de cartographier la troisième dimension et possiblement d'en associer l'origine aux forces néotectoniques.

Cette nouvelle approche pourra devenir un outil de mesure, dans le but d'évaluer à long terme, la stabilité régionale de la croûte terrestre et d'estimer les probabilités de risques des séismes.

Financement: Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada

3.3.23 Impact du transport routier sur l'environnement lacustre de la réserve des Laurentides

OUELLET, M. et JONES, H.G.

La chimie des eaux et des sédiments de plusieurs lacs aux abords des routes provinciales de la Réserve des Laurentides est, dans plusieurs cas, fortement affectée par le sel de déglacage ainsi que par les émanations gazeuses et particulaires des véhicules de transport.

Parmi d'autres, les lacs Labyrinthe et Des Roches possèdent des teneurs si prononcées en Na^+ et Cl^- que la stratification chimique de l'hypolimnion a beaucoup plus d'importance sur le cycle saisonnier de la densité du milieu aqueux que la densité découlant de la variation thermique. Ce phénomène, qui tend à augmenter avec les années, a pour effet de rendre impossible l'oxygénation des eaux de la zone profonde. Cette absence permanente d'oxygène se répercute sur presque l'ensemble de la dynamique biologique de ces lacs.

D'autre part, sur une période de plusieurs décennies, les teneurs dans les sédiments de plusieurs éléments (Al, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Ti, V, Zn) augmentent beaucoup plus rapidement dans les lacs dont les bassins versants sont sillonnés par les routes que dans ceux ne supportant aucune circulation automobile en hiver.

Financement: Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada

3.3.24 Biogéochimie de métaux traces dans le milieu aquatique

TESSIER, A. et FORTIN, D.

L'objectif du projet est de décrire la répartition de métaux traces entre différentes phases des sédiments lacustres superficiels et l'eau surnageante. On étudie particulièrement l'adsorption compétitive des métaux sur un nombre limité de phases sédimentaires (oxyhydroxydes de fer et de manganèse, matière organique). La compétition entre les phases pour un métal est fonction de leur abondance relative et de la force de la liaison.

Une étape importante de la modélisation implique l'identification des formes de fer et de manganèse présentes dans les sédiments naturels. On cherche ainsi à déterminer leur pH_{ZPC} , leur surface spécifique,

leur densité de site d'adsorption, leurs constantes d'acidité intrinsèque et leur degré de cristallinité.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.3.25 Contribution à l'amélioration des critères scientifiques pour évaluer la signification biologique de métaux traces dans les sédiments

TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C. et AUCLAIR, J.C.

Les apports de métaux traces dans l'environnement, lors des opérations d'extraction minière, de raffinage des métaux et de dragage peuvent poser des problèmes de qualité et de contrôle environnementaux. Une partie importante des métaux traces s'accumule dans les sédiments où elle présente un danger potentiel pour les organismes benthiques. Des expériences sur le terrain visaient à déterminer l'importance relative de facteurs abiotiques clés impliqués dans l'accumulation de métaux traces par des organismes benthiques représentatifs; ces expériences impliquaient la mesure, à plusieurs sites le long d'un gradient de métaux traces, des concentrations de ces métaux à la fois dans les tissus des organismes, dans différentes phases des sédiments, et dans l'eau à laquelle les organismes sont exposés. Des expériences de transfert d'organismes ont aussi été effectuées pour évaluer le temps de réponse des teneurs de métaux dans des mollusques bivalves suite à des changements dans les conditions environnementales. Ces expériences constituent une étape nécessaire pour développer des critères scientifiques valables dont on a besoin pour évaluer la signification biologique de métaux traces présents dans les sédiments aquatiques.

Financement: Environnement Canada - Contrat

3.3.26 Signification biologique de métaux traces dans les sédiments.

TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C. et AUCLAIR, J.C.

L'objectif général du projet était d'évaluer la signification biologique de métaux traces présents dans les sédiments. Dans ce contexte, on a déterminé l'importance relative de facteurs abiotiques clés impliqués dans l'accumulation de métaux traces par des organismes benthiques représentatifs. Cette expérience impliquait la mesure, à plusieurs sites dans un gradient de métaux traces, de concentrations de métaux dans les tissus des organismes, dans diverses phases des sédiments et dans l'eau à laquelle sont exposés les organismes. Des expériences de transfert d'organismes ont également été réalisées pour évaluer le temps de réponse des organismes à des changements dans les concentrations environnementales de métaux et pour identifier les mécanismes de détoxification intracellulaire.

Financement: World Wildlife Fund (Fonds Mondial pour la Nature), Wildlife Toxicology Fund

3.3.27 Étude de la disponibilité biologique de métaux traces dans le milieu aquatique (sédiments/eau)

TESSIER, A., AUCLAIR, J.C., CAMPBELL, P.G.C., CARIGNAN, R., BUFFLE, J.¹

Cette étude comprend quatre projets interreliés qui se rapportent à la géochimie et à la biologie des métaux traces. Les projets à caractère géochimique visent à comprendre les échanges des métaux traces entre les sédiments aquatiques et l'eau surnageante. Un de ces projets vise à caractériser et à quantifier le lessivage des métaux traces des sédiments de lacs en voie d'acidification; un tel lessivage pourrait avoir des conséquences désastreuses pour les écosystèmes aquatiques. Un deuxième projet porte sur le développement d'un modèle pour décrire la répartition des métaux traces entre les sédiments et l'eau surnageante.

Les projets à caractère biologique permettent de mieux comprendre l'accumulation des métaux traces par le phytoplancton et par les organismes benthiques. Ainsi, un modèle préliminaire de flux est développé pour expliquer la bioaccumulation des métaux traces par le plancton. Des expériences effectuées avec des cultures pures et des communautés naturelles, où on contrôle les différentes variables (pH, température, intensité lumineuse, état physiologique, spéciation des métaux traces, teneurs en matière organique) sont effectuées pour vérifier ce modèle et le raffiner au besoin. Finalement, on réalise des expériences in situ pour déterminer les relations entre la spéciation des métaux traces particulières et leur bioaccumulation dans des organismes benthiques.

Financement: Fonds FCAR - Équipes

¹ Université de Genève

3.4 Méthodologies d'aménagement et de gestion de la ressource eau

Ce programme a pour but de contribuer à l'amélioration des pratiques de gestion et d'aménagement de la ressource, par le développement d'une meilleure compréhension de ces pratiques, par l'intégration de plus en plus poussée des connaissances sur les processus hydro-biologiques, par l'analyse de l'état, de l'évolution et des interactions des usages de l'eau et par la mise au point de modèles d'aide à la décision.

L'originalité de la mission de recherche du Centre en gestion et aménagement est de mettre à contribution, sous forme de modèles, les connaissances que l'on retrouve dans les trois autres programmes du Centre en y incorporant l'apport de disciplines telles l'économie, les sciences politiques, les sciences de l'action (modèles prévisionnels et d'aide à la décision).

Ainsi, ce programme pourra contribuer à jeter les bases scientifiques d'une gestion rationnelle de la ressource dans un cadre qui respecte les processus écologiques, les enjeux politiques et les contraintes socio-économiques. À l'intérieur de cette problématique, les activités de recherche de ce programme porteront sur les sujets prioritaires suivants:

- la mise au point et l'utilisation de modèles conduisant à l'aménagement optimal de la ressource, comme l'analyse décisionnelle et l'analyse de système;
- le développement et l'usage de modèles prévisionnels telle l'analyse prospective;
- l'étude du processus de gestion dans son contexte administratif et politique.

3.4.1 Modélisation par éléments finis d'écoulement à surface libre

LECLERC, M.

Le projet consiste à développer des modèles numériques des écoulements à surface libre gravitationnels et/ou induits par le vent dans les lacs et les cours d'eau. Quatre thèmes sont proposés:

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

Le projet est supporté par le logiciel MEF (Dhatt et Touzot, 1981) et s'inscrit dans le développement du code MEFLU-2.0, développé au sein de mon groupe. La portée socio-économique du projet est surtout liée aux diverses activités d'aménagement du milieu hydrique.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

3.4.2 Réservoirs Taureau et Paugan: analyse du milieu physique aquatique

LECLERC, M.

L'étude consiste à analyser le milieu physique aquatique des réservoirs Taureau et Paugan. Les éléments qui seront être traités sont: l'hydrographie, l'hydrologie, l'hydrodynamique, la sédimentologie, la qualité de l'eau ainsi que les éléments de base tels que la topographie et la bathymétrie.

Le territoire à l'étude comprend les bassins versants des réservoirs Taureau et Paugan et plus spécifiquement les réservoirs ainsi que les tributaires importants.

La description du milieu et l'analyse devront se faire en utilisant des procédés de synthèse graphique qui permettront aux différents utilisateurs de parfaire leur connaissance du milieu dans un court délai. Cette étude poursuit l'objectif de concevoir un document synthèse du milieu physique aquatique.

Les principales données de base seront fournies par la direction Environnement ou les services d'Hydro-Québec oeuvrant dans le domaine.

Financement: Hydro-Québec - Contrat

3.4.3 Collaboration scientifique avec TAO Simulations Inc.

LECLERC, M. et DHATT, G.¹

Le présent projet vise essentiellement à reconduire l'entente précédente entre TAO-Simulation et l'INRS-Eau. L'objectif est de développer un second code de calcul pouvant éventuellement s'appeler MEFLU-3.0 et dont la fonction serait de simuler le comportement tridimensionnel des écoulements stratifiés (estuaires maritimes, lacs) ou rapides (rivières, régimes brusquement variés). Le besoin se fait particulièrement sentir lorsque des projets d'aménagement sont envisagés sur des cours d'eau à leur embouchure maritime (golfe Saint-Laurent, la Baie James) où sur des tronçons accidentés dont on veut préserver l'aspect (rapides de Lachine).

L'expérience académique acquise sur ces écoulements nous permet d'envisager la mise en oeuvre d'un code industriel pour ce genre de problème. Trois thèses de doctorat sont terminées (2) ou en cours de réalisation (1) à ce propos.

Les étapes sont essentiellement les suivantes:

- 1) définition des caractéristiques fonctionnelles du logiciel proposé;
- 2) programmation selon les standards identifiés et utilisés par MEFLU-2.0 (généralité, efficacité, polyvalence, simplicité d'usage, transportabilité, modularité);
- 3) validation du code avec des applications pratiques.

Financement: Conjoint: Ministère de l'Enseignement supérieur et de la science du Québec - Programme de transfert de ressources scientifiques vers l'entreprise, et TAO Simulations Inc.

¹ TAO Simulations Inc.

3.4.4 Développement de modèles variés pour les écoulements à surface libre

LECLERC, M.

Il s'agit d'un projet de recherche et développement avec la méthode des éléments finis visant la simulation des types d'écoulement suivants:

- modèle 2D d'écoulements rapides;
- modèle 3D surface libre;
- modèle 3D en charge;
- modèle 2D vertical rapidement varié.

Le standard de programmation est appuyé sur des logiciels cadres d'éléments finis MEF et MEFLU-2.0.

Financement: Hydro-Québec, Direction Environnement; Collaboration avec TAO Simulations Inc. - Contrat

3.4.5 Simulation des écoulements sous le couvert de glace au lac Laflamme

LECLERC, M., BOUDREAU, P., PARROT, E., JONES, H.G.

Le projet vise à analyser numériquement les écoulements susceptibles de se produire dans la couche superficielle sous le couvert de glace du lac Laflamme (forêt Montmorency) lors de la période de fonte printanière. Au cours de cette période, le lessivage du stock de neige produit un choc acide. L'objectif ultime du projet est de calculer les périodes caractéristiques du transfert du choc acide dans le lac. Certaines hypothèses simplificatrices comme le confinement de la couche hydrodynamiquement active entre la thermocline d'hiver et la limite inférieure du couvert de glace de même que l'utilisation d'un couvert d'épaisseur uniforme réduisent la valeur du projet à une valeur strictement exploratoire.

Financement: Environnement Canada - Contrat

3.4.6 Projet Poulamon

Participants de l'INRS-Eau: LECLERC, M., DUBÉ, C., FORTIN, J.P.

Le projet vise à analyser numériquement l'impact sur les conditions de migration du poulamon atlantique de différentes configurations de jetées temporaires pour la traversée du fleuve Saint-Laurent de la ligne Radissons/Nicolet/Des Cantons dans la région de Grondines. La méthodologie s'appuie sur la simulation par éléments finis des écoulements à l'aide du modèle couvrant-découvrant MEFLU développé conjointement avec les spécialistes de TAO Simulations Inc. et l'Université Laval.

Les principales étapes du projet sont les suivantes:

- implantation du modèle MEFLU (options hydrodynamique et transport-diffusion) dans le domaine d'analyse;
- calibration du transport-diffusion à l'aide d'images dans l'infrarouge obtenues lors d'une campagne "ad hoc" aéroportée;
- définition d'événements de référence pertinents à la problématique (hydraulicité et marée);
- analyse de sensibilité du modèle à ces événements en conditions actuelles et futures;
- analyse spatio-temporelle des conditions abiotiques avec des critères biologiques décrivant le seuil natatoire du poulamon en phase de migration;
- recommandations.

Financement: Hydro-Québec (Direction Environnement) et TAO Simulations Inc. (consultant principal)

3.4.7 Projet Saint-Marguerite - avant projet phase I - étude des répercussions du détournement de la rivière Aux Pécans sur le saumon de la rivière Moisie

LECLERC, M.

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 microhabitats". 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'habitat (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 Shoener et Associés (consultant principal)

3.4.8 Modélisation numérique des champs de vitesse d'écoulement en eau libre de la Grande Rivière

Participant de l'INRS-Eau: LECLERC, M.

La disposition et la composition des matériaux du lit d'un cours d'eau résultent des sollicitations exercées par l'écoulement sur le lit et de la capacité des matériaux à résister à l'arrachement. La modification des conditions hydrologiques et hydrographiques associée à la construction d'ouvrages de retenue et à la production hydroélectrique a généralement pour effet de modifier cet équilibre.

L'objet de la présente étude est le tronçon aval de la Grande Rivière compris entre le kilomètre-5 dans la Baie de James et le kilomètre 80 situé en aval des ouvrages de IG2. Ce milieu comprend un estuaire à marée et un tronçon fluvial relativement profond appelé à servir de réservoir pour la future centrale IG1.

L'influence fluviale est dominante dans l'estuaire mais l'effet de la marée n'y est pas négligeable. À l'amont de IG1, les écoulements sont et resteront dans le futur du type fluvial. Le rehaussement de ce plan d'eau d'une cote actuelle de 12-14 mètres à la cote 32 mètres est requis pour la production d'électricité à la future centrale de IG1.

L'objectif général de l'étude est de "produire une analyse détaillée mais synoptique des conditions d'écoulement en eau libre actuelles et futures du tronçon aval de la Grande Rivière en relation avec la connaissance de la dynamique sédimentologique de l'embouchure et la stabilité du chenal d'écoulement".

La méthodologie retenue pour cette étude est centrée sur la modélisation numérique (le logiciel MEFLU et l'utilisation poussée de l'illustration par infographie (le logiciel HYGRAF).

L'approche classique en modélisation comprend typiquement les opérations suivantes:

- l'implantation du modèle hydrodynamique qui comprend l'étalonnage des paramètres et des tests de validation;
- la définition d'événements de référence représentatifs des conditions d'exploitation actuelles et futures de La Grande Rivière et la simulation de ces événements;
- l'illustration et l'interprétation des résultats.

Financement: SEBJ et TAO Simulations Inc. (consultant principal)

3.4.9 Nouvelles applications environnementales de la modélisation hydrodynamique

LECLERC, M.

La modélisation numérique des écoulements à surface libre à l'aide de la méthode des éléments finis a eu traditionnellement pour but de répondre aux besoins de design des ouvrages de génie. Plus récemment, les biologistes du milieu aquatique ont perçu la valeur de cette méthodologie pour décrire les conditions abiotiques constituant l'habitat des poissons. Dans le même ordre d'idées, les sédimentologues cherchent à s'appuyer de plus en plus sur l'information quantitative fournie par les modèles numériques pour analyser la stabilité des matériaux du lit d'écoulement des cours d'eau.

L'objectif du projet est de rechercher de nouvelles méthodologies d'application de nature environnementale pour le modèle aux éléments finis MEFLU.

Plus spécifiquement, on cherche à titre exploratoire des outils de nature algébrique (quantitative) pouvant servir d'interface entre MEFLU et les préoccupations de nature environnementale émergeant lors des études d'impact sur le milieu d'ouvrages de génie et/ou de leur plan d'exploitation. Dans le domaine de la biologie, on désigne ces méthodes par l'expression "modélisation abiotique des micro-habitats" ou encore, "Instream Flow Methodologies".

Financement: TAO Simulations Inc. - Contrat

3.4.10 Développement d'un modèle rivière-aménagement pour l'évaluation des répercussions des choix d'aménagement

VILLENEUVE, J.P., ISABEL, D., AUBÉ, P.

a) Modèle mathématique appliqué

Au cours des dernières années, plusieurs modèles mathématiques de simulation des débits ont été développés. La plupart sont d'utilisation et de mise en oeuvre très complexes et peuvent difficilement être utilisés pour la prédiction. Depuis cinq ans, nous poursuivons le développement d'un modèle qui prend avantage de la discrétisation spatiale, tout en éliminant les inconvénients de la structure de transfert de ce type de modèle. Nous nous proposons, dans les prochaines années, de terminer la mise au point du modèle et de l'utiliser pour l'étude du calage automatique des paramètres hydrologiques (optimisation, sensibilité). Nous avons aussi effectué le couplage d'une partie de ce modèle avec un modèle d'écoulement souterrain. Nous souhaitons poursuivre les essais du modèle couplé au cours des trois prochaines années.

b) Gestion optimale de la ressource eau d'un bassin

Ce projet consiste à développer un modèle du système rivière-aménagement et à élaborer un outil mathématique qui permette d'évaluer les répercussions du choix d'un aménagement, en tenant compte des contraintes inhérentes au système eau usage, et de maximiser la satisfaction des buts définis dans un scénario de développement. Dans ce projet, on étudie le bassin de la rivière Yamaska. On établit un modèle mathématique du système eau-usage-aménagement et on définit les contraintes et normes à respecter et termes de quantité et de qualité. Une fois ces étapes franchies, on adapte et utilise une technique de programmation non linéaire à la solution optimale du système.

Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada - Dépenses courantes

3.4.11 Développement d'un nouvel outil simple et adaptable pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par les pesticides

VILLENEUVE, J.P., CAMPBELL, P.G.C., BANTON, O., LAFRANCE, P.

Ce projet s'inscrit dans les préoccupations actuelles de plusieurs professionnels dans le domaine de la gestion de l'environnement. Le problème de la contamination des eaux souterraines au Québec et au Canada est émergent et l'on manque d'information et de données sur son étendue (ex.: nombre de nappes / puits contaminés) et son importance quantitative (ex.: concentrations des polluants retrouvés). Dans cette optique, le présent projet fournira un outil de première main pour l'identification des sites potentiellement pollués avant d'entreprendre des mesures pour évaluer l'ampleur et le degré de pollution.

Ce projet fournira également un outil de planification de l'usage du territoire et à cette fin, il servira d'évaluation préliminaire pour la prise de décision, qui, si elle s'avère favorable à l'utilisation du site, devra toutefois être suivie d'une étude spécifique.

Financement: Environnement Canada, Division du Contrôle des contaminants, Direction des produits chimiques en commerce - Contrat

3.4.12 Modèle analytique normatif et optimal du système eau-rivière-intervention

VILLENEUVE, J.P., CAMPBELL, P.G.C., FORTIN, J.P., LECLERC, M.

L'aménagement rationnel de la ressource consiste à établir d'abord un modèle eau-usages-interventions et à utiliser des techniques d'analyse mathématique qui permettent de faire, à partir du modèle, la sélection des aménagements nécessaires à la satisfaction des besoins en eau; cette sélection doit respecter les contraintes imposées par les diverses utilisations, tout en tenant compte des objectifs particuliers fixés par les gestionnaires de la ressource. Notre objectif de développement correspond, entre autres, aux attentes du Ministère de l'Environnement du Québec qui utilise, à ce jour, des outils très simplifiés d'évaluation des besoins d'assainissement qui ne peuvent tenir compte d'importants éléments particuliers aux bassins de drainage. Ces éléments (hydrodynamique, contribution des sédiments, sources diffuses de pollution, capacité auto-épuratrice, etc...) sont pourtant les variables qui permettent d'adapter la décision en fonction des besoins particuliers d'un tronçon et du bassin de drainage complet. Avec de tels développements, le Québec pourra profiter pleinement des bénéfices des interventions déjà réalisées. Pour ajuster les ouvrages aux besoins de réhabilitation du milieu récepteur, seul avec un modèle d'optimisation des décisions, pourra-t-on effectuer ces ajustements fins sans lesquels les objectifs de l'assainissement ne seront pas complètement atteints.

La présente étude porte sur l'élaboration d'un modèle analytique du système eau-rivière-interventions. Ce modèle doit simuler les conditions réelles en tenant compte des aspects qualitatifs et quantitatifs de la ressource-eau, des ouvrages et des usages de l'eau.

La recherche est caractérisée par une démarche mathématique, informatique et analytique selon une perception en systèmes de la ressource-eau d'un bassin. La modélisation du système rivière consiste à décrire d'une façon analytique, les apports, les transferts et les bilans, de point en point du cours d'eau (tronçons). En chacun de ces points, on établit un système d'équations qui fait le bilan en tenant compte de l'effet du tronçon et/ou de l'effet des ouvrages sur la qualité et la quantité d'eau.

Dans l'étape d'optimisation, nous ajoutons les contraintes à respecter à chaque noeud de la rivière et dans chaque tronçon. Les variables de décision sont déterminées par l'optimisation d'une "fonction-objectif". On peut vérifier les sélections des technologies de traitement les mieux adaptées et les plus économiques, ainsi que les scénarios de contrôle et de gestion maximisant la qualité de l'eau en rivière.

Financement: Fonds FCAR - Équipes

3.4.13 Simulation des effets de l'hiver sur la chaussée du Québec, pour une meilleure planification des techniques de protection et réhabilitation

VILLENEUVE, J.P. et PADILLA, F.

Dans le but de rentabiliser la protection du réseau routier du Québec contre les effets néfastes du gel, tout en se préoccupant de la pollution par les sels déglaçants, le présent projet se propose:

- a) d'adapter un modèle déjà existant sur les sols gelés aux problèmes des chaussées;
- b) de vérifier le modèle avec différents types de sols;
- c) d'étudier les effets du niveau de la nappe phréatique sur le gel-dégel;
- d) de disposer d'un outil de prévision adapté aux problèmes de gel et de pouvoir déterminer l'évolution en hiver, de tronçons spécifiques.

Afin d'atteindre le but global de ce projet il faut réaliser les objectifs particuliers suivants:

- 1) disposer d'un modèle fiable de prévision des effets du gel sur l'évaluation des paramètres et le comportement des chaussées et des sols; appliquer ce modèle à des exemples québécois;
- 2) ce modèle doit être en mesure de simuler le transport de l'eau, de la chaleur et des contaminants dans la zone saturée et non saturée du sol, avec changements de phases et gonflement dû au gel;
- 3) disposer d'un outil qui facilite la planification des techniques d'entretien et de réhabilitation des routes afin de minimiser les effets du gel et les coûts qui y sont impartis;
- 4) étudier pendant le gel-dégel du printemps l'évolution des sels déglaçants jusqu'à la nappe souterraine et étudier les possibilités de mesures de protection;
- 5) évaluer l'importance sur gel-dégel d'une nappe phréatique superficielle et étudier la possibilité d'une profondeur minimale pour les chaussées et les sols;
- 6) le modèle de prévision devra être applicable à des cas particuliers ou des tronçons spécifiques.

Les objectifs particuliers envisagent, du point de vue de leur faisabilité, le but global du projet.

Le programme d'éléments finis MELEF-3v (Padilla et Gélinas, 1987) sera adapté aux caractéristiques hydrogéologiques et thermiques des chaussées du Québec. La simulation rationnelle et systématique devrait permettre la production d'abaques montrant la relation entre la position de la nappe phréatique, les doses de sels déglaçants et l'épaisseur de la couche de renforcement nécessaire. Le soulèvement prévisible de la chaussée serait aussi indiqué. Les données de laboratoire sur le comportement des différents types de sols gélifs serviront à vérifier la modélisation. Les données existantes concernant la chaussée et la contamination d'un aquifère de Trois-Rivières seront utilisées afin de simuler l'évolution des sels déglaçants dans la zone non saturée et saturée du sol. On s'intéressera particulièrement à la possibilité de protéger la nappe pendant la période de fonte. L'étude du comportement de la chaussée en section sera aussi réalisée.

Financement: Fonds FCAR - Actions concertées

3.4.14 La modélisation de la contamination des eaux souterraines par les pesticides

VILLENEUVE, J.P., CAMPBELL, P.G.C., BANTON, O., LAFRANCE, P. et LACROIX, J.

Le projet vise à développer un modèle d'approche de l'évolution de la pollution organique dans les eaux souterraines, et de représenter par modèle de simulation numérique le système correspondant à l'écoulement de l'eau et au transfert de polluant.

Par cette approche, il sera possible d'établir le degré de contamination d'un site déjà pollué et de prédire son évolution future.

Financement: Fondation Donner (3 ans)

3.4.15 Analyse de la variabilité spatiale des mesures de composition ionique des précipitations au Québec: application de la méthode du krigeage aux données de précipitations acides

VILLENEUVE, J.P. et GUERTIN, K.

Les principales étapes du projet sont les suivantes:

- 1- procéder à une étude de la variation mensuelle des variogrammes pour le paramètre étudié le plus variable. Les parties s'entendront sur le choix du dit paramètre;
- 2- en utilisant des variogrammes saisonniers (quatre pour chaque paramètre analysé), appliquer le krigeage sur les concentrations en ions (SO_4 , NO_x , NH_4 , Ca, H) aux différents points du réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec, de manière à calculer à chaque point d'une grille les états mensuels, saisonniers et annuels, ainsi que les dépôts massiques des mêmes ions à l'échelle annuelle. Les résultats pour chaque point de la grille seront fournis sous forme de tableau ou sur ruban magnétique;
- 3- préparer des cartes donnant la valeur et l'erreur d'estimation pour chaque point de la grille et pour chaque région utilisée dans le modèle québécois, des transports de polluants atmosphériques seront tracés pour chacun des états considérés à la section 2;
- 4- réaliser une étude de rationalisation du réseau actuel en étudiant un certain nombre de configurations des points de mesures de manière à proposer un réseau susceptible d'être le plus rationnel sur la base de l'erreur d'estimation en tenant compte également des contraintes d'ordre opérationnel.

Financement: Ministère de l'Environnement du Québec - Contrat

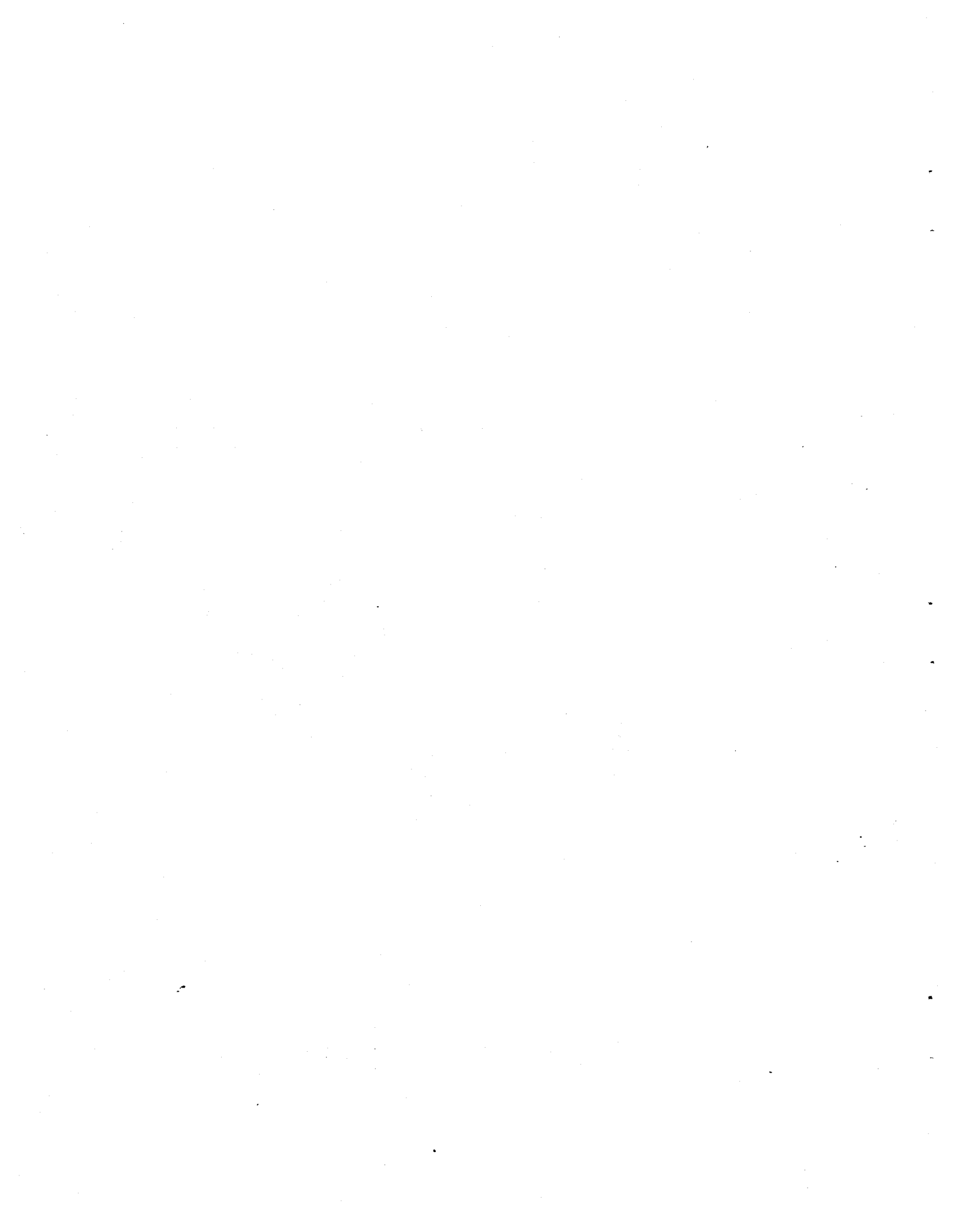
3.4.16 Modélisation de la structure spatiale et temporelle d'images infra-rouges

VILLENEUVE, J.P. et FORTIN, J.P.

Les principales étapes du projet sont les suivantes:

- 1- acquisition, calibration et vérification des images Daedalus;
- 2- détermination des paramètres statistiques résultant d'une différence ou d'un rapport de bandes spectrales;
- 3- statistiques d'images nuageuses;
- 4- étude de la dégradation avec l'altitude;
- 5- essais de Krigeage;
- 6- modèle de variation temporelle de paramètres statistiques d'un arrière-plan dans l'infrarouge;
- 7- contrôle de la qualité du traçage des PSD;
- 8- effet des dimensions de l'image.

Financement: Ministère de la Défense nationale du Canada, Centre de recherches pour la défense à Valcartier - Contrat



4. ENSEIGNEMENT

4.1 Maîtrise en sciences de l'eau

L'INRS-Eau offre, depuis 1971, un programme d'études avancées interdisciplinaires conduisant à la maîtrise en sciences de l'eau de l'Université du Québec. Ce programme a pour objectif la formation, dans le domaine de l'eau, des spécialistes nécessaires à la recherche, à l'aménagement et à la gestion de cette ressource.

Le programme de Maîtrise en sciences de l'eau a subi des modifications importantes en date du 1er septembre 1987. La durée des études a été ramenée de 60 à 45 crédits, en diminuant le nombre des activités obligatoires et en mettant un accent sur les activités de recherche.

4.1.1 Étudiants de maîtrise en sciences de l'eau admis en première année

BARRETTE, Louis-Marie, B.Sc. Géologie, Université du Québec à Montréal
Directeur de mémoire: R. CARRIGNAN et A. TESSIER, co-directeur
Titre de mémoire: "Diagénèse du soufre en milieu lacustre".

BÉDARD, Anne, B.Sc. Bioagronomie, Université Laval
Directeur de mémoire: D. COUILLARD
Titre de mémoire: "Bio-disponibilité du phosphore particulaire dans les eaux de ruissellement".

BOUDREAU, Paul, B.Sc.A. Génie civil, Université de Moncton
Directeur de mémoire: M. LECLERC
Titre de mémoire: "Modélisation par éléments finis".

MARQUIS, Hélène, B.Sc. Biologie, Université Laval
Directeur de mémoire: P. COUTURE
Titre de mémoire: "Relations Hg-Se et processus de synthèse de protéines complexants chez le phytoplancton".

WILKINSON, Kevin, B.Sc. Chimie, Université Laval
Directeur de mémoire: P.G.C. CAMPBELL
Titre de mémoire: "La bio-disponibilité des fluoro-complexes de l'aluminium vis-à-vis du saumon atlantique".

4.1.2 Étudiants de maîtrise en sciences de l'eau admis en deuxième année

CHARRON, Alain, B.Sc.A. Génie civil, Université Laval
Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE
Titre de mémoire: "Modélisation en hydrologie urbaine".

COUTURE, Suzanne, B.Sc. Géographie, Université Laval
Directeur de mémoire: H.G. JONES
Titre de mémoire: "Études de la variation de l'albedo de la neige en fonction des concentrations des particules".

GERMAIN, Louis, B.Sc. Géographie, Université Laval
Directeur de mémoire: H.G. JONES
Titre de mémoire: "Dynamique des composés azotés (NO_3 , NH_4) de la neige au moment de la fonte printanière".

JOBIDON, Jean, B.Sc.A. Génie civil, Université Laval

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Interdépendance des paramètres et influence du nombre de simulations d'un modèle stochastique de contamination des sols par les pesticides".

MERCIER, Guy, B.Sc.A. Sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal

Directeur de mémoire: D. COUILLARD

Titre de mémoire: "Étude de bio-réacteurs pour l'extraction des métaux lourds dans les boues anaérobies d'épuration par solubilisation bactérienne".

MICHAUD, France, B.Sc.A. Génie civil, Université Laval

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Étude des performances d'un séparateur statique tourbillonnaire".

PICHÉ, Isabelle, B.Sc. Biologie, Université du Québec à Montréal

Directeur de mémoire: D. COUILLARD

Titre de mémoire: "Étude de substrats utilisés lors de l'extraction bactérienne des métaux lourds dans les boues résiduaires".

RONDEAU, Nathalie, B.Sc. Biologie, Université de Montréal

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Application du modèle QUAL-2 à la Petite Décharge de Alma et analyse de sensibilité".

4.1.3 Étudiants inscrits à la maîtrise en sciences de l'eau (en finalisation de mémoire)

GUAY, Isabelle, Biologie, boursière CRSNG

Directeur de mémoire: P. COUTURE

Titre de mémoire: "Optimisation de l'outil bio-analytique: proposition d'une démarche écotoxicologique d'évaluation des dangers"

LEBLANC, Claude, Biologie-Écologie

Co-Directeurs de mémoire: P. COUTURE et P.G.C. CAMPBELL

Titre de mémoire: "Approche systémique "in situ" pour l'évaluation de la toxicité d'un contaminant sur l'environnement récepteur"

PERRON, Francis, Génie Géologique

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "La simulation du transport du pesticide Aldicarbe dans la zone insaturée du sol"

ROBERT, Claude, Génie géologique, boursier FCAR

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Analyse de sensibilité d'un modèle mathématique simulant le transport de pesticides dans la zone non-saturée"

ROCHON, Yves, Biologie-écologie

Co-Directeurs de mémoire: J.L. SASSEVILLE et D. COUILLARD

Titre de mémoire: "Conception d'une base de données relationnelle: la base de données sur les polluants caractéristiques au procédé industriel BTL"

SINOTIE, Marc, Biologie

Directeur de mémoire: J.L. SASSEVILLE

Titre de mémoire: "Le rôle des intervenants dans le processus de gestion: le cas du programme d'assainissement des eaux du Québec"

4.1.4 Étudiants diplômés (M.Sc. Eau)

AUBÉ, Pierre, Génie géologique (16 décembre 1987)

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Amélioration de la précision des prévisions hydrologiques d'un modèle conceptuel par l'utilisation des filtres de Kalman"

D'AMOURS, François, Génie chimique (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: D. COUILLARD

Titre de mémoire: "Contrôle digital d'une usine à boues activées à l'aide de modèles déterministes dynamiques"

DROLET, Clément, Génie géologique (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Application de la modélisation mathématique au problème de contamination des eaux souterraines due à l'épandage de résidus huileux sur le sol"

FRÉCHETTE, Réjean, Génie géologique (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: J.P. VILLENEUVE

Titre de mémoire: "Étude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines, face au risque de contamination engendré par l'usage des pesticides"

GARIÉPY, Stéphane, Génie rural (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: D. COUILLARD

Titre de mémoire: "Production de protéines alimentaires par procédé bactérien aérobie thermophile: étude d'un effluent d'abattoir"

GÉLINEAU, Martine, Génie géologique, boursière CRSNG (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: A. TESSIER

Titre de mémoire: "Détermination des lieux de transformation des sulfates dans le bassin versant du lac Laflamme (Parc des Laurentides, Québec) à l'aide des isotopes stables du soufre et de l'oxygène"

GODIN, Luc, Génie forestier (17 juin 1987)

Directeur de mémoire: J.L. SASSEVILLE

Titre de mémoire: "Le scénario de l'intervention du gestionnaire des forêts face au problème des pluies acides"

HARWOOD, Manon, Biologie, boursière CRSNG (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: P. COUTURE

Titre de mémoire: "Procédure d'ensemble de dépistage du potentiel génotoxique des eaux résiduaires en tenant compte des interactions phytoplanktoniques"

PATOINE, Michel, Génie rural (28 avril 1988)

Directeur de mémoire: J.P. FORTIN

Titre de mémoire: "Mise au point d'un modèle informatisé de gestion de l'irrigation"

4.2 Doctorat en sciences de l'eau

Depuis 1979, l'INRS-Eau offre un programme d'études avancées menant à un doctorat en sciences de l'eau. Ce programme multidisciplinaire, d'une durée de trois ans, vise à former des spécialistes dans le domaine de l'eau qui seront capables de répondre aux besoins scientifiques et socio-économiques qui se manifestent dans ce secteur.

4.2.1 Étudiants de doctorat en sciences de l'eau

AIT-SSI, Lahcen, Génie en géologie minière, M.Sc. Sciences de l'eau

Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE

Titre de thèse: "Modélisation du transport de contaminants dans les eaux souterraines"

BENMOUFFOK, Dijilali, Ing. Cartographie, M.Sc. Photogramétrie et télédétection

Directeur de thèse: J.P. FORTIN

Titre de thèse: "Estimation des données physiographiques et d'occupation des sols pour la modélisation hydrologique"

BERNIER, Monique, B.Sc. Géographie, M.Sc. Géographie-télédétection

Directeur de thèse: J.P. FORTIN

Titre de thèse: "Suivi de la couverture de neige à partir des données du Radar à ouverture synthétique"

BOUDREAUULT, Paul, B.Sc. Sciences de l'eau, boursier FCAR

Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE

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

COUILLARD, Yves, B.Sc. Biologie, M.Sc. Biologie

Directeur de thèse: P.G.C. CAMPBELL; Co-directeur: A. TESSIER

Titre de thèse: "Rôle des métallothionéines dans la détoxification des métaux traces dans les organismes benthiques"

CROWLEY, Michel, B.Sc. Biologie, M.Sc. Biologie

Directeur de thèse: J.L. SASSEVILLE

Titre de thèse: "Analyse institutionnelle du programme québécois d'assainissement des eaux municipales"

DE SEDE, Marie-Hélène, Licence en Géographie, Maîtrise en Géographie, Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées, Aménagement

Directeur de thèse: J.P. FORTIN

Titre de thèse: "Application de la télédétection à l'étude des ressources en eau"

FORTIN, Danielle, B.Sc. Géologie, M.Sc. Géologie

Directeur de thèse: A. TESSIER

Titre de thèse: "Étude des oxydes de fer présents dans la couche oxyde de sédiments dans les lacs"

GANGBAZO, Georges, B.Sc. Génie rural, M.Sc. Génie rural

Directeur de thèse: D. COUILLARD

Titre de thèse: "Effets des événements hydrologiques (pluie et fonte de la neige) sur les pertes d'azote et de phosphore résultant de l'épandage du lisier de porc au printemps et à l'automne"

HOULE, Daniel, B.Sc. Géologie, M.Sc. Biologie

Directeur de thèse: R. CARIGNAN

Titre de thèse: "Modèle bio-géochimique du soufre dans un système lac-bassin versant"

ISABEL, Denis, B.Sc.A. Génie géologique, M.Sc. Sciences de l'eau
Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE
Titre de thèse: "Les pesticides dans l'eau souterraine"

LABERGE, Claude, B.Sc. Statistique, M.Sc. Statistique
Directeur de thèse: D. CLUIS
Titre de thèse: "Analyse robuste de séries de temps appliquées en environnement"

LANGIS, René, B.Sc. Agronomie, M.Sc.A. Génie de l'Environnement
Directeur de thèse: P. COUTURE; Co-directeur: P.G.C. CAMPBELL
Titre de thèse: "Influence de la matière organique dissoute sur le phytoplancton"

LAVALLÉE, Pierre, B.Sc. Biochimie, M.Sc. Sciences de l'eau
Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE
Titre de thèse: "Approche méthodologique à la gestion des débordements de réseau unitaire"

LEFEBVRE, Yves, B.Sc. Biochimie, M.Sc. Sciences de l'eau, boursier FCAR
Directeur de thèse: D. COUILLARD
Titre de thèse: "Contrôle (ATP) des systèmes de traitements biologiques"

LELIÈVRE, Claude, B.Sc. Physique, M.Sc. Météorologie
Directeur de thèse: J.P. FORTIN
Titre de thèse: "Modélisation du transport longue distance des polluants atmosphériques"

MARANDA, Yvon, B.Sc. Biologie, M.Sc. Biologie
Directeur de thèse: D. COUILLARD; Co-directeur: J.L. SASSEVILLE
Titre de thèse: "Développement d'un système expert pour le contrôle de la pollution agricole et industrielle"

OUELLET, Jocelyn, B.Sc. Mathématiques, M.Sc. Probabilités et statistiques
Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE
Titre de thèse: "Contrôle automatique des usines de traitement"

PARENT, Lise, B.Sc. Biologie, M.Sc. Sciences de l'environnement, boursière CRSNG
Directeur de thèse: P.G.C. CAMPBELL
Titre de thèse: "Biodisponibilité de l'aluminium pour le phytoplancton"

ROBERGE, François, B.Sc. Mathématiques, M.Sc. Sciences de l'eau
Directeur de thèse: B. BOBÉE
Titre de thèse: "Analyse décisionnelle bayésienne appliquée à l'étude des crues et aux problèmes de qualité de l'eau"

ROY, René, B.Sc. Géographie, M.Sc. Géographie, boursier CRSNG
Directeur de thèse: B. BOBÉE
Titre de thèse: "Transfert d'information en hydrologie"

THOMASSIN, Yves, B.Sc.A. Génie forestier, M.Sc. Aménagement forestier (hydrologie), boursier FCAR
Directeur de thèse: H.G. JONES
Titre de thèse: "Effet de l'horizon organique du sol sur la qualité des eaux de fonte en forêt boréale"

THOMPSON, Patsy-Arn, B.Sc. Biologie, M.Sc. Productivité aquatique, boursière CRSNG
Directeur de thèse: P. COUTURE
Titre de thèse: "Étude de réponses acclimatatives influençant les caractéristiques structurelle et fonctionnelle au niveau des communautés microbiennes"

VAN BOCHOVE, Eric, B.Sc. A. Agronomie, M.Sc. Biologie végétale

Directeur de thèse: D. COUILLARD

Titre de thèse: "Sur la valorisation agricole des boues d'épuration"

WILSON, Lucie, B.Sc. Chimie, M.Sc. Chimie

Directeur de thèse: J.P. VILLENEUVE

Titre de thèse: "Contrôle automatique des réseaux d'assainissement"

4.2.2 Étudiants diplômés (Ph.D. sciences de l'eau)

BRASSARD, Pierre, B.Sc., Biologie, M.Sc. Biologie, Ph.D. Sciences de l'eau (décembre 1987)

Directeur de thèse: J.C. AUCLAIR

Titre de thèse: "La disponibilité du phosphore dans deux lacs du Bouclier Canadien"

5. SUPPORT À LA RECHERCHE ET À L'ENSEIGNEMENT

L'INRS-Eau, situé au complexe scientifique du Québec (à Sainte-Foy), y occupe une surface de 1325 m². Outre le bureau de direction et les bureaux des professeurs, agents de recherche, professionnels, assistants, techniciens et secrétaires, cette surface comprend un laboratoire général, des laboratoires spécialisés (microbiologie, radio-isotopes, microscopie, spectrophotométrie, essais biologiques, etc.), une salle d'informatique et une salle de terminaux, la documentation et l'édition.

La mission de recherche et d'enseignement du Centre repose principalement sur l'activité de ses chercheurs à l'intérieur des divers programmes de recherche et d'études avancées. Pour remplir adéquatement cette mission, le Centre doit offrir à ses chercheurs un support adéquat, tels la diffusion de l'information, le soutien informatique, le traitement de textes et des facilités de laboratoire.

Ce support est divisé en trois grandes fonctions, soit:

- la documentation et l'édition;
- l'informatique et la bureautique;
- le laboratoire.

5.1 Documentation et édition

Repérage de l'information scientifique et technique; Téléréférence; Recherche bibliographique
GODBOUT, G.

Acquisition des documents (achats, emprunts, prêts-entre-bibliothèques)
RENAUD, C.

Traitement des documents
RENAUD, C. (catalogage, enregistrement)

Traitement des documents
GODBOUT, G. (analyse et indexation)

Édition et diffusion des publications produites par l'INRS-Eau
GODBOUT, G., PARENT, A. et RAYMOND, L.

Photocopie des documents
POIRIER, A.

Édition du rapport annuel de l'INRS-Eau
GODBOUT, G.

Liste des publications produites par l'INRS-Eau
GODBOUT, G.

5.2 Informatique et bureautique

La fonction informatique et bureautique fournit aux divers usagers du Centre un support en ressources humaines et en équipement, dans la réalisation des divers projets. On y retrouve trois volets:

- Le système informatique local, comprenant 3 composantes principales:

. Ordinateur VAX 11/780:

système d'opération VMS 4.5;
 mémoire vive de 16 Mégaoctets;
 mémoire disque de 1425 Mégaoctets, sur 3 unités;
 2 dérouleurs de bandes magnétiques;
 1 imprimante C-ITOH, 600 lignes/minute;
 32 ports de communication pour terminaux;
 1 entrée par ligne téléphonique.

. Processeur vectorial FPS M64/30:

système d'opération SJE464 (A01-014);
 mémoire vive de 4 Mégamots (64 bits);
 mémoire disque de 600 Mégaoctets;
 lien VAX 11/780 et VMS pour entrée-sortie.

. Station de traitement numérique d'image DIPIX:

système d'opération ARIES-III 3.3;
 lien VAX 11/780 et VMS pour entrée-sorties et diverses tâches.

- Les télécommunications par le réseau informatique de l'U.Q.

- . 16 ports de communication pour terminaux avec le noeud U.Q. (CSOQ);
- . 32 ports de communication entre le noeud U.Q. et le VAX 11/780, dont un dédié au transfert inter-ordinateurs (MERCURE);
- . accès au réseau NETNORTH via NetMercure, accès aux réseaux inter-continentaux via GMAIL (U.Q. à Hull).

- Le système de traitement de textes comprenant:

- . un micro-ordinateur AES 7300;
- . 7 postes de travail;
- . une imprimante au laser L20;
- . un lien de communication avec VAX 11/780 pour le transfert de fichiers aux divers micro-ordinateurs, via VAX.

5.3 Laboratoire

Le personnel technique et professionnel du laboratoire se compose de deux techniciens, d'un agent technique et de techniciens occasionnels qui travaillent sous la direction d'un agent de recherche.

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

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

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

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

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

L'équipement majeur du laboratoire est le suivant:

1. **Chromatographie ionique** Dionex autoion 12, avec intégrateur Shimadzu CR-3A
2. **Chromatographe à phase gazeuse** Perkin-Elmer Sigma 300 avec détecteur à conductivité thermique et à capture d'électrons
3. **Spectrophotomètre UV-Visible** Varian DMS-200
4. **Spectrophotomètre infrarouge** Perkin-Elmer IR-457
5. **Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme** Varian 575
6. **Spectrophotomètre d'absorption atomique à four de graphite** Varian 1275 et GTA-95
7. **Spectrophotomètre d'absorption atomique à four de graphite** Varian Spectra-30G et GTA-96
8. **Spectrophotomètre de radiation bêta** LKB Rackbeta 1215
9. **Spectrophotomètre de radiation gamma** LKB 1282
10. **Spectrophotomètre de radiation alpha** Canberra 7404

11. Spectrofluorimètre Perkin-Elmer 204
12. Fluorimètre Turner 10
13. Analyseur de carbone organique et inorganique Technicon et Radiometer
14. Analyseur de carbone, azote et soufre Carlo-Erba NA-1500
15. Analyseur du soufre total Leco SC-132
16. Compteur de particules Coulter TA
17. Analyseurs automatiques Technicon II
18. Polarographe Princeton Applied Research 174 et poste polarographique Metrohm 663
19. ATP-mètre JRB 2000
20. Luminomètre LKB 1251
21. Chromatographe liquide à haute performance Waters 600 avec détecteur UV-VIS 490 et spectrofluorimètre Perkin-Elmer LS-4

6. COOPÉRATION SCIENTIFIQUE ET ACTIVITÉS EXTÉRIEURES

De par son statut universitaire et sa mission de recherche orientée vers les besoins québécois dans le domaine de l'eau, le centre INRS-Eau a toujours cherché à développer et à maintenir des contacts avec les milieux extérieurs. Ces contacts prennent habituellement les formes suivantes: la réalisation de projets conjoints avec les chercheurs d'autres institutions; des consultations ou des prêts de service à des organismes extérieurs; l'assistance à des congrès scientifiques.

Au cours de l'année 1987-1988, plusieurs membres de l'INRS-Eau ont été appelés à participer à diverses activités extérieures.

6.1 Coopération scientifique

1- (au plan international)

- Organisation météorologique mondiale (OMM).
Évaluation du projet ALG 76/009 en matière d'hydrologie à l'Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche (Oran). Algérie, août - septembre
CLUIS, D. (1987).
- Expertise pour l'Agence canadienne de développement international (ACDI).
Gestion optimale des réservoirs à fins multiples. Direction de la Recherche et de la planification de l'eau. Administration de l'hydraulique (projet 660/10431) - Rabat, Royaume du Maroc, 27 juin au 17 juillet.
CLUIS, D. (1987).
- Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement, Domaine Universitaire, Grenoble, France.
Le rôle du couvert de neige dans l'acidification des écosystèmes. Étude de la chimie de la matière soluble et particulaire du couvert de neige alpin dans le Parc des Ecrins. Développement d'un modèle de l'acidité de la fonte printanière.
JONES, H.G. (1986-1991).
Financement: Coopération France-Québec.
- École des Mines de Paris, Centre d'Informatique Géologique, Fontainebleau, France.
Impact des précipitations acides sur l'environnement.
BOBÉE, B. (1986-1990).
Financement: Coopération France-Québec
- Université Aristote, Thessalonique, Grèce.
Entente institutionnelle. Signature d'un protocole. Mission explorative de trois semaines.
BOBÉE, B. (1987-1988).
Financement: INRS-Eau. Un stagiaire grec (monsieur Vafiadis)
- Université de Bordeaux I, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Écologie fondamentale et d'Écotoxicologie, Bordeaux, France. BOUDOU, A., RIBEYRE, F.
Précipitations acides. Recherches en écotoxicologie sur la contamination des systèmes aquatiques continentaux par les métaux traces - incidences de l'acidification du milieu.
CAMPBELL, P.G.C., TESSIER, A., CARIGNAN, R. (1987-1989).
Financement: Coopération France-Québec.
- Université de technologie de Compiègne, Compiègne, France. DHATT, G, TOUZOT, G.
Entente institutionnelle - modélisation numérique par éléments finis.
LECLERC, M. (1987-1989).

- Université de Genève Sciences II - Département de Chimie minérale, analytique et appliquée, Genève, Suisse. BUFFLE, J.
Rôle des métaux traces en milieu aquatique.
TESSIER, A. (1986-1988).
Financement: Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et Fonds National Suisse.
 - École normale supérieure de Paris. POURRIOT, R.
Revue des sciences de l'eau.
BOBÉE, B., directeur scientifique de la revue pour le Québec.
 - Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Laboratoire d'hydrologie mathématique, Montpellier, France.
Elaboration d'un modèle de prévisions hydrologiques conçu pour faire une utilisation optimale de la télédétection et présenté sous forme de logiciel interactif sur microordinateur.
FORTIN, J.P. (1984-1988).
Financement: District de l'agglomération de Montpellier, Association AGROPOLIS; Centre régional d'Innovation et de transfert technologique - VERSEAU; INRS-Eau.
 - École nationale d'ingénieurs du Mali.
Hydrologie Bamako. Préparation d'un projet conjoint de recherche hydrologique sur la contamination de la nappe phréatique de Bamako au Mali.
VILLENEUVE, J.P. (avril 1988).
Financement: Centre de recherches pour le développement international (CRDI).
- 2- (au plan national)
- Université de Toronto, Institut pour les études environnementales. STUKES, P.M.
Biodisponibilité de métaux dans des lacs influencés par les précipitations acides.
CAMPBELL, P.G.C., AUCLAIR, J.C. (1981-1988).
Financement: Coopération interprovinciale Québec-Ontario; Ministère de l'Éducation du Québec; Ministry of Education (Ontario).
 - Université Brock. DICKMAN, M., Université du Québec à Montréal. PAGE, R.
Étude des lacs méromictiques canadiens.
Coopération interprovinciale Québec-Ontario. Caractéristiques limnologiques et origine des eaux hypersalines des lacs méromictiques de l'Archipel Arctique Canadien.
OUELLET, M., (1984-1988).
Financement: Ministère de l'Éducation du Québec; Ministry of Education (Ontario); Projets du Plateau Continental Polaire (Polar Continental Shelf Project); Cominco Mines; Énergie, Mines et Ressources Canada.
 - Université McMaster, Hamilton, Ontario. KRAMER, J.
Les précipitations acides et la géochimie environnementale.
TESSIER, A. (professeur invité à l'Université McMaster), CAMPBELL, P.G.C. (1981-1988), CARRIGNAN, R.
Financement: Coopération interprovinciale Québec-Ontario; Ministère de l'Éducation du Québec; Ministry of Education (Ontario).
 - Université de Trent, Département de Géographie. ADAMS, P.W.
Étude collaborative sur la glace et la neige.
JONES, H.G. (1985-1988).
Financement: Coopération interprovinciale Québec-Ontario; Ministère de l'Éducation du Québec; Ministry of Education (Ontario).

6.2 Collaborations

Institut national des ressources renouvelables et de l'environnement (INDERENA), Bogota, Colombie.
Application de méthodes limnologiques canadiennes à l'étude des réservoirs de la Colombie. Présentation d'un cours.

AUCLAIR, J.C. (1988).

Financement: Ministère des Relations internationales du Québec, INDERENA.

Université Laval, Département de Génie Civil.
COUILLARD, D., CLUIS, D. (professeurs invités).

Université Laval, Groupe de recherche en recyclage biologique et aquiculture (GREREBA).
COUILLARD, D., CLUIS, D., COUTURE, P., TYAGI, R.D.

Université Laval
COUILLARD, D. (membre adjoint de l'École des gradués).

Université du Québec - Institut Armand Frappier.
TYAGI, R.D., COUILLARD, D. (professeurs invités et chargés d'enseignement).

Université de Sherbrooke, Département de Géographie, Centre d'application et de recherche en télédétection (CARTIEL).
FORTIN, J.P. (professeur invité).

Université McMaster, Département de Géologie, Hamilton, Ontario
TESSIER, A. (professeur à temps partiel)

6.3 Perfectionnement et année sabbatique

6.4 Autres activités

1- Participation aux activités de l'INRS et de l'Université du Québec

Conseil d'administration de l'INRS
BOBÉE, B. membre représentant les professeurs

Comité Exécutif de l'Université du Québec
BOUDREAU, P.

Comité de planification de l'INRS
SLIVITZKY, M.

Commission de la recherche de l'INRS.
FORTIN, J.P. (1986-1988), SLIVITZKY, M., DUBREUIL, B., PARENT, L. (1988-1990)

2- Participation aux activités d'autres organismes

Conseil national de recherches du Canada. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement.

CAMPBELL, P.G.C., Co-président du Groupe de travail sur la biodisponibilité des métaux dans les sédiments. Membre du comité (1987-).

Conseil national de recherches du Canada. Comité associé d'hydrologie.
CAMPBELL, P.G.C. Membre du comité (1985 -).

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Comité de génie civil.
BOBEE, B.

Conseil national de recherches du Canada. Comité conseil sur la chimie analytique marine.
CAMPBELL, P.G.C. Membre du comité (1986 -).

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Comité de subventions thématiques dans le domaine de la toxicologie de l'environnement.
TESSIER, A. (1988-1991).

Conseil des sciences du Canada. Membre du Comité d'étude des ressources en eau.
SLIVITZKY, M.

Great lakes sciences advisory board. Commission mixte internationale (Canada-États-Unis).
CAMPBELL, P.G.C. (1985 - 1987).

Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM/CAWPRC).
Comité exécutif.
CAMPBELL, P.G.C. (1983 -).

Ministère de l'Environnement du Québec.
Membre du comité "méthodes biologiques" pour la normalisation des méthodes d'analyse à caractère environnemental.
COUTURE, P.

Ministère de l'Environnement du Québec.
Comité sur les pluies acides (effets sur les écosystèmes aquatiques).
JONES, H.G.

Ministère de l'Environnement du Québec.
Président du Comité d'étude sur le flottage du bois.
SLIVITZKY, M. (1988).

Comité consultatif sur l'environnement, Hydro-Québec.
CAMPBELL, P.G.C. (1988 -).

Association internationale des ressources en eau (AIRE/IWRA). Comité National Canadien.
VILLENEUVE, J.P.

Eastern Snow Conference (Congrès de l'est sur la neige).
JONES, H.G., membre du comité de la recherche.

Fédération des professeurs d'université du Québec.
COUILLARD, D., représentant du Québec des professeurs de l'INRS.

FONDS FCAR: membre du Comité Programme de Centres de Recherche.
CAMPBELL, P.G.C. (1986-1988).

FONDS FCAR: membre du Comité 1: Aménagement physique du territoire / Environnement / Océanographie / Sciences de l'eau et de la terre.
CARRIGNAN, R.

FONDS FCAR: expert externe des comités d'évaluation du programme "Équipe et séminaires".
COUILLARD, D.

FONDS FCAR: membre des Comités d'appréciation aux bourses de maîtrise et de doctorat pour les comités "Sciences de l'environnement" et "Géographie physique".
COUTURE, P.

FONDS FCAR: membre du Comité d'examen des demandes de subvention pour le programme d'aide aux chercheurs des collèges et aux chercheurs sans affiliation institutionnelle reconnue (A.C.S.A.I.R.).
SASSEVILLE, J.L.

Musée de la Civilisation: membre du Conseil d'administration
SASSEVILLE, J.L. (1987-1990).

3- Organisation de congrès

Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM/CAWPRC).
Quatrième congrès régional de l'est (Sainte-Foy, 4 novembre 1988).
COUTURE, P. (Comité scientifique pour l'organisation du congrès et Comité d'organisation du congrès).
GODBOUT, G. (Comité d'organisation du congrès).

70e Congrès canadien de chimie (Québec, juin 1987).
CAMPBELL, P.G.C. (Responsable, programme scientifique en chimie aquatique).

Symposium international sur la spéciation des métaux traces. Société canadienne de chimie (Québec, juin 1987).
CAMPBELL, P.G.C. (Président du symposium).

6.5 Revues scientifiques

6.5.1

L'INRS-Eau a lancé en mai 1988 la *Revue des Sciences de l'Eau*. Cette publication franco-québécoise est née de la fusion de la *Revue internationale des sciences de l'eau - Québec* - et de la *Revue française des sciences de l'eau*. La direction scientifique est assurée, au Québec, par Bernard Bobée de l'INRS-Eau, et, en France, par Roger Pourriot, de l'École normale supérieure de Paris. Quatre numéros seront publiés annuellement, et les abonnements, se prennent à l'INRS-Eau, auprès de Bernard Bobée.

6.5.2 Comités de lecture ou de rédaction de revues scientifiques

- ASHKAR, F. Journal of the Hydraulics Division American Society of Civil Engineers
Journal of Hydrology
Natural Hazards
Revue des Sciences de l'Eau
Stochastic Hydrology and Hydraulics
Water Resources Bulletin
Water Resources Research
- AUCLAIR, J.C. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Naturaliste Canadien
Water Research
- BOBÉE, B. Canadian Journal of Civil Engineering
Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers
Stochastic Hydrology and Hydraulics
Water Pollution Research Journal of Canada
Water Research
Water Resources Bulletin
Water Resources Research
- CAMPBELL, P.G.C. Analytical Chemistry
Canadian Journal of Chemistry
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Environmental Science and Technology
Environmental Toxicology and Chemistry
Sciences et techniques de l'eau
Science of the Total Environment
Water, Air and Soil Pollution
Water Research
- CARIGNAN, R. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Geochimica Cosmochimica Acta
Hydrobiologia
Limnology and Oceanography
Marine Biology
- COUILLARD, D. Canadian Journal of Civil Engineering
Sciences et techniques de l'eau
- COUTURE, P. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Sciences et techniques de l'eau
Water Research

- FORTIN, J.P. Atmosphère-Océan
Journal of Hydrology
Revue des Sciences de l'Eau
- JONES, H.G. Annals of Glaciology
Atmosphère-Océan
Canadian Journal of Forestry
Journal of Glaciology
Water, Air and Soil Pollution
Water Pollution Research Journal of Canada
Water Resources Research
- LACHANCE, M. Le Climat
Environmental Management
Naturaliste canadien
Sciences et techniques de l'eau
Water, Air and Soil Pollution
- LECLERC, M. Revue des Sciences de l'Eau
- OUELLET, M. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Journal Canadien des Sciences de la Terre
Hydrobiologia
Naturaliste Canadien
Water, Air and Soil Pollution
- TESSIER, A. Analytical Chemistry
Applied Geochemistry
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Journal of Geochemical Exploration
Water, Air and Soil Pollution
Geochimica Cosmochimica Acta
Water Pollution Research Journal of Canada
Water Research
- TYAGI, R.D. Journal of Biotechnology and Bioengineering
Journal of Microbial Biotechnology
Sciences et techniques de l'eau
Water Science and Technology (IAWPRC)

6.6 Organismes scientifiques et professionnels auxquels participent l'INRS-Eau et/ou ses membres

Participation du Centre

- Association of Canadian Faculties of Environmental Studies (ACFES): INRS-Eau
- International Association on Water Pollution Research and Control (IAWPRC) Comité canadien national: INRS-Eau

Participation des membres (adhésions personnelles)

- American Association for the Advancement of Sciences (AAAS): CARIGNAN, R. et OUELLET, M.
- American Chemical Society (ACS): CAMPBELL, P.G.C.
- American Geochemical Society (AGS): CARIGNAN, R.
- American Geophysical Union (AGU): section hydrologie, Comité de rationalisation de réseaux: ASHKAR, F., VILLENEUVE, J.P.
- American Quaternary Association (AQA): OUELLET, M.
- American Society of Limnology and Oceanography (ASLO): AUCLAIR, J.C., CAMPBELL, P.G.C. CARIGNAN, R. et OUELLET, M.
- Association des biologistes du Québec (ABQ): COUTURE, P. et OUELLET, M.
- Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS): AUCLAIR, J.C., CAMPBELL, P.G.C., COUILLARD, D., JONES, H.G., LECLERC, M., OUELLET, M., TESSIER, A. et VILLENEUVE, J.P.
- Association canadienne pour la recherche sur la pollution de l'eau et sa maîtrise (ACRPEM/CAWPRC): CAMPBELL, P.G.C., COUTURE, P., JONES, H.G., TRAN, F.T. et TYAGI, R.D.
- Association internationale des sciences hydrologiques (AISH): FORTIN, J.P. et MORIN, G.
- Association internationale des ressources en eau (AIRE/IWRA): VILLENEUVE, J.P.
- Association québécoise de télédétection: FORTIN, J.P., POTVIN, L. et SOCHANSKI, W.
- Association québécoise des techniques de l'eau (AQTE): COUILLARD, D. (membre du comité jury pour les publications COPUTES), BOBÉE, B. et CANTIN, M. (Revue internationale des sciences de l'eau).
- Canadian Society of Limnology (CSL): CAMPBELL, P.G.C., CARIGNAN, R. et OUELLET, M.
- Comité canadien sur les pêches en eaux douces (CCFFR): OUELLET, M.
- Eastern Snow Conference (Congrès de l'est sur la neige): JONES, H.G.
- Institut Canadien des Ingénieurs (ICI): VILLENEUVE, J.P.
- Institut de chimie du Canada (ICC): CAMPBELL, P.G.C., COUILLARD, D. COUTURE, P., TESSIER, A. et TYAGI, R.D.
- International Lake Environment Committee (ILEC): OUELLET, M.

- New Zealand Limnological Society: OUELLET, M.
- Ordre des chimistes du Québec (OCQ): TESSIER, A., DUBREUIL, B.
- Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ): COUILLARD, D., LECLERC, M., MORIN, G., SOCHANSKI, W., TRAN, F.T. et VILLENEUVE, J.P.
- Pacific Science Association: OUELLET, M.
- Societas Internationalis Limnologica, Theoreticae et Applicatae (SIL), (Société internationale de limnologie théorique et appliquée): AUCLAIR, J.C., CAMPBELL, P.G.C., CARIGNAN, R., JONES, H.G. et OUELLET, M.
- Société canadienne de génie chimique (SCGC): COUILLARD, D., TRAN, F.T. et TYAGI, R.D.
- Société canadienne des biologistes de l'environnement (SCBE): COUTURE, P. et OUELLET, M.
- Société de météorologie du Québec (SMQ): FORTIN, J.P. et LACHANCE, M.
- Société Internationale de glaciologie (IGS): JONES, H.G.

6.7 Visiteurs

Alain Boudoux (décembre 1987)
Université de Bordeaux
Bordeaux, France

Jean-Marc Collard (avril 1988)
Département de Botanique
Université de Liège
Liège, Belgique

Raymond Desjardins (février 1988)
Centre Écologique du lac Saint-Jean
Saint-Félicien, Québec

Everett A. Jenne (mars 1988)
Battelle Northwest Laboratories
Sequim, Washington, U.S.A.

René Le Cohu (décembre 1987)
Université de Toulouse
Toulouse, France

Donna Leith, Assistante Directrice
L'Académie Rawson des Sciences de l'Eau
Ottawa, Ontario

Larry Shuman (juin 1987)
University of Georgia
Griffin, Georgia, U.S.A.

Eiliv Steinnes (septembre 1987)
University of Trondheim
Dragvoll, Norvège

Pamela M. Stokes (septembre à décembre 1987)
Institute for Environmental Studies
University of Toronto
Toronto, Ontario

Christopher Watts (avril 1988)
Instituto Technological de Sonora
Ciudad Obregon, Sonora, Mexique

Jeffrey White (juin 1987)
School of Public and Environmental Affairs
Indiana University
Bloomington, Indiana, U.S.A.

7. SÉMINAIRES ET COLLOQUES

M. Peter G.C. Campbell ainsi que M. Jean-Louis Sasseville se sont occupés de l'organisation des séminaires, colloques et conférences de l'INRS-Eau. Les activités ont permis l'échange des connaissances entre les chercheurs et praticiens de différents organismes nationaux qui s'intéressent à l'environnement et à la ressource-eau tout en stimulant les étudiants-chercheurs de l'Institut.

Voici la liste de ces activités de communications scientifiques tenues à l'INRS-Eau (au Complexe scientifique du Québec, Sainte-Foy) cette dernière année et qui ont attiré des représentants des milieux universitaires, gouvernementaux et de l'entreprise privée.

Les professeurs Sasseville et Campbell de l'INRS-Eau ont obtenu pour l'année 1987-1988, une subvention de 3 500\$ du Fonds pour la formation de chercheurs à l'aide à la recherche (FCAR), pour l'organisation de séminaires portant sur les champs de recherche en sciences de l'eau, qui sont en plein développement.

Dans le cadre de cette subvention, trois séminaires ont été organisés afin de permettre aux étudiants des groupes de recherche impliqués de faire état de leurs démarches de recherche et de confronter leurs connaissances à l'expertise de divers conférenciers invités.

Aussi, un premier séminaire a eu lieu le 17 février 1988 sous le thème des perspectives de développement en automatisme et contrôle des stations d'épuration. Monsieur Yves Lefebvre, étudiants à l'INRS-Eau, en a assumé l'organisation avec le support des membres du groupe de recherche en assainissement, dirigé par le professeur Denis Couillard.

Un deuxième séminaire a eu lieu le 2 mars 1988. Organisée par monsieur Denis Isabel, membre du groupe de recherche sur les pesticides que dirigent conjointement les professeurs Jean-Pierre Villeneuve et Peter G.C. Campbell, cette journée a permis d'aborder les diverses questions relatives au destin des pesticides dans les sols.

Enfin, une journée d'étude sur l'utilisation de la technologie des systèmes experts dans le domaine des sciences de l'eau a eu lieu le 15 mars dernier. Monsieur Paul Boudreault, membre du groupe de recherche sur les systèmes experts, dirigé par le professeur Jean-Pierre Villeneuve, en a été le principal artisan.

STEINNES, E. (septembre 1987).

Professeur, Université de Trondheim, Norvège.

Contamination de l'environnement terrestre par les contaminants atmosphériques en Norvège.

SAMSON, R. (février 1988).

Institut de recherche en biotechnologie. Le potentiel des nouveaux capteurs dans le contrôle des stations d'épuration.

ZALOOM, R. (février 1988).

Environnement Canada. Synthèse des approches en automatismes et contrôles des stations d'épuration.

JONES, R.L. (mars 1988).

Rhône-Poulenc AG. Mouvement et dégradation des pesticides dans les sols et les eaux souterraines.

WAGNET, R.J. (mars 1988).

Université Cornell. Différentes approches pour modéliser les pesticides dans la zone non saturée.

PATRY, G. (mars 1988).

Université McMaster. Modèles dynamiques et systèmes experts en technique des eaux usées.

LE DIZES, J.M. (mars 1988).

Ministère français de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du territoire et des transports (M.E.L.A.T.T.), à Aix-en-Provence. Un exemple d'application de PHIDIAS: le système experts LACIDON pour la gestion des réseaux d'assainissement.

8. PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

8.1 Articles publiés dans des revues scientifiques avec jury

- P310 ASHKAR, F., BOBÉE, B. (1987).
Confidence intervals for extreme flood events under a pearson type 3 or log-pearson type 3 distribution. Water Resources Bulletin, 24(3): 639-650.
- P234 ASHKAR, F., BOBÉE, B., LEROUX, D., MORISSETTE, D. (1988).
The generalized method of moments as applied to the generalized gamma distribution. Stochastic Hydrology and Hydraulics, 2: 161-174.
- P261 BERRYMAN, D., BOBÉE, B., CLUIS, D., HAEMMERLI, J. (1988).
Non parametric tests for trend detection in water quality time-series. Water Resources Bulletin 24(3): 545-556. ✓
- P359 BÉDARD, Y., JONES, H.G. (1987).
Flux des anions d'acides forts dans les eaux de surface lors de la fonte printanière en milieu nordique. Naturaliste Canadien 114: 283-294.
- P286 CAVADIAS, G., MORIN, G. (1987).
Approximate confidence intervals for numerical verification criteria used in hydrological models - application to the WMO intercomparaison of conceptual models of snowmelt runoff. Hydrological Sciences Journal, 33(4): 369-377.
- P300 CLUIS, D., LANGIS, R., COUTURE, P. (1988).
Contribution durant des épisodes hydrologiques extrêmes des apports atmosphériques et souterrains en ions majeurs à la qualité des eaux de surface. Atmosphere-Ocean, 26(3): 437-448. ✓
- P313 CLUIS, D., COUTURE, P., BÉGIN, R., VISSER, S.A. (1988).
Potential eutrophication assessment in rivers: relationship between produced and exported loads. Swiss Journal of Hydrology, 50(2): 166-181. ✓
- P314 CLUIS, D., COUTURE, P. (1987).
Problématique environnementale des rejets d'élevage porcins intensifs. Sciences et techniques de l'eau, 20(4): 311-317. ✓
- P320 CLUIS, D. (1988).
Environmental follow-up: a mixed parametric approach. Environmental Software, 3(3): 117-121.
- P306 CLUIS, D., LEFEBVRE, Y., LABERGE, C. (1987).
Indice de qualité de l'eau permettant le suivi environnemental et la mesure des impacts locaux. Journal canadien de Génie civil, 15(3): 323-333.
- P241 COUILLARD, D., CLUIS, D., MORIN, G., JONES, H.G. (1988).
An extension of the grid based hydrological model CEQEAU to suspended sediment movement through drainage basins. Water Research, 22(8): 991-1000. ✓
- P264 COUILLARD, D., GRENIER, Y. (1988).
Étude de quelques indices de croissance du Larix laricina fertilisé par des boues anaérobies. Environmental Technology Letters, 9(3): 191-206.

- ✓ P282 COUILLARD, D., TRAN, F.T., TYAGI, R.D. (1988).
Syntrophic bacteria process to convert Pulp Mill's spent sulphite liquor to hydrogen sulphide. *Process Biochemistry*, 23(3): 69-75.
- P341 COUILLARD, D. (1987).
Qualité des sédiments en suspension et de fond du système Saint-Laurent (Canada). *Hydrological Sciences Journal*, 32(4): 445-468.
- P342 COUILLARD, D., GRENIER, Y. (1987).
Alternative à la gestion des boues résiduelles municipales: recyclage en sylviculture. *Sciences et Techniques de l'eau*, 20(3): 215-221.
- P343 COUILLARD, D. (1988).
A framework for technological choice (a technology assessment: methodology for the choice of wastewater treatment facilities). *Journal of Environmental Systems*, 18(1): 49-68.
- P344 COUILLARD, D. (1988).
Air-lift U shape bioreactors for mesophilic digestion of highly-loaded biological sludges. *Journal of Environmental Management*, 26(2): 95-103.
- P345 COUILLARD, D., TYAGI, R.D. (1988).
Étude des chocs qualitatifs et quantitatifs des eaux de ruissellement urbain sur un système de traitement à boues activées - Study of qualitative and quantitative shock loading of activated sludge plants to urban land runoff. *Environmental Technology Letters*, 9(12): 1327-1343.
- P263 DHATT, G., LECLERC, M. (1987).
An algorithm for global volume conservation constraint in lake circulation. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 7(9): 919-925.
- P291 EL-JABI, N., ROUSSELLE, J., ASHKAR, F. (1988).
Modélisation stochastique des crues au Québec. *International Journal of Modeling and Simulation*, 8(4): 130-133.
- P360 JONES, H.G., BÉDARD, Y. (1987).
The dynamics and mass balances of NO_3^- SO_4^{2-} in meltwater and surface-runoff during spring melt in a boreal forest. In: *Forest hydrology and Watershed Management*, IAHS Publication 167: 19-31.
- P285 JONES, H.G., DEBLOIS, C. (1988).
Chemical dynamics of N- containing ionic species in a boreal forest snowcover during the spring melt period. *Hydrological*, 1: 271-282.
- ✓ P335 LAFRANCE, P., AIT-SSI, L., BANTON, O., CAMPBELL, P.G.C., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Sorption of the pesticide aldicarb by soils: its mobility through a saturated medium in the presence of dissolved organic matter. *Water Pollution Research Journal of Canada*, 23(2): 253-269.
- P296 LANGIS, R., PROULX, D., DE LA NOÛE, J., COUTURE, P. (1988).
Effects of a bacterial biofilm on intensive daphnia culture. *Aquacultural engineering*, 7: 21-39.
- P356 LAVALLÉE, P., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Le contrôle intégré des sources de pollution et les nécessités d'intervention pour le traitement des eaux usées à la CUQ. *Sciences et techniques de l'eau*, 21(2): 160-172.

- P346 LEFÈBVRE, Y., COUTURE, P., COUILLARD, D. (1988).
An analytical procedure for the measurement of ATP extracted from activated sludge. *Canadian Journal of Microbiology*, 34(11): 1275-1279. ✓
- P305 MORIN, G., CLUIS, D., COUILLARD, D., JONES, H.G. (1988).
Modélisation de l'azote total en rivière à l'aide du modèle quantité-qualité Cequeau. *Journal Canadien de Génie Civil*, 15(3): 315-322. ✓
- P229 OUELLET, M. (1987).
Reduction of airborne fluoride emissions from canadian aluminium smelters as revealed by snow chemistry. *The Science of the Total Environment*, 66: 65-72.
- P276 OUELLET, M., BISSON, M., PAGÉ, P., DICKMAN, M. (1987).
Physico-chemical limnology of meromictic saline lake Sophia, Canadian Arctic Archipelago. *Arctic and Alpine Research*, 19(3): 305-312.
- P284 OUELLET, M., DICKMAN, M., BISSON, M., PAGÉ, P. (1988).
Limnological characteristics and origin of the hypersaline meromictic lake Garrow from the Canadian high Arctic. *Hydrobiologia*, 172: 215-234.
- P354 OUELLET, M., PAGÉ, P. (1987).
Comments on "Hypersaline gradients in two Canadian High Arctic Lakes" by K.M. Stewart and R.F. Platford. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 44(9): 545-553.
- P334 PADILLA, F., LAFRANCE, P., ROBERT, C., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Modeling the transport and the fate of pesticides in the unsaturated zone considering temperature effects. *Ecological Modeling*, 44: 73-88. ✓
- P358 PADILLA, F., GÉLINAS, P. (1988).
Un modèle pour l'infiltration dans les sols gelés tenant compte de la qualité de l'eau. *Revue canadienne de Génie civil*, 15(2): 263-271.
- P353 PARENT, L., COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B. (1988).
Sensibilité des alevins vésiculés du saumon atlantique à l'acidité en présence et en absence d'aluminium. *Water Pollution Research Journal of Canada*, 23(2): 227-242. ✓
- P295 THOMPSON, P.A., COUTURE, P., THELLEN, C., AUCLAIR, J.C. (1987).
Structure and function relationships for monitoring cellular stress and acclimatory responses with *Selenastrum capricornutum*. *Aquatic Toxicology*, 10: 291-305. ✓
- P254 TRAN, F.T., COUILLARD, D., ROULEAU, D. (1988).
Decontamination of petroleum sludges by hot-water extraction. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 66: 386-393.
- P304 TYAGI, R.D., COUILLARD, D. (1987).
Heavy metals removal from anaerobically digested sludge by chemical and microbiological methods. *Environmental Pollution*, 50(4): 295-317. ✓
- P348 TYAGI, R.D., COUILLARD, D. (1988).
Toxic effects of inhibitors in biological wastewater treatment processes. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 66(1): 97-107. ✓

- P315 VILLENEUVE, J.P., LAFRANCE, P., BANTON, O., FRÉCHETTE, P., ROBERT, C. (1987).
A sensitivity analysis of adsorption and degradation parameters in the modeling of pesticide transport in soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 3: 77-96.
- P357 WILSON, L., ISABEL, D., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Contrôle en temps réel de l'impact des débordements de réseaux unitaires. *Sciences et Techniques de l'Eau*, 21(2): 141-145.
- 8.2 Articles publiés dans des comptes rendus de conférences, colloques ou congrès avec jury
- S225 ASHKAR, F., EL-JABI, N., BOBÉE, B. (1987).
On the choice between annual flood series and peaks-over-a-threshold series in flood frequency analysis. The engineering hydrology symposium, Williamsburg, Virginia, 3-5 août 1987, pp. 276-280.
- S287 AUCLAIR, J.C., BOBÉE, B., GAUCHER, M. (1987).
Fluctuations in the trophic efficiency of zooplankton communities in acid-sensitive Canadian Shield Lakes. International Acid Rain Conference, Lisbonne, 1-3 septembre 1987. Dans: *Acid Rain-Scientific and Technical Advances*, R. Perry, R.M. Harrison, J.N.D. Bell et J.N. Lester [eds]. Selper Ltée, Londres.
- S266 BANTON, O., COUDRAY, J. (1987).
Localisation et quantification des fuites d'une cuvette naturelle en pays volcanique, et leur relation avec la nappe souterraine (Grand-Étang, Ile de La Réunion). Symposium "Hydrogéologie des roches volcaniques" UNESCO. Madère, Espagne, septembre 1987.
- S270 BANTON, O., LAFRANCE, R., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Quantification des risques de contamination des eaux souterraines par les pesticides: le modèle VULPEST. Colloque "Vers une utilisation raisonnée des ressources" Université Laval, Sainte-Foy, février 1988, pp. 168-181.
- S232 BOBÉE, B., ASHKAR, F., LEROUX, D. (1988).
L'emploi des distributions statistiques en sciences de l'eau. 6e Congrès Mondial des Ressources en Eau de l'AIRE, Association Internationale des Ressources en Eau, Ottawa, 29 mai - 3 juin 1988, pp. 159-170.
- S264 CAMPBELL, P.G.C., NEVILLE, C.M. (1987).
Mechanisms of aluminum toxicity to aquatic biota. 194th National Meeting of the American Chemical Society, New Orleans, Louisiana, 30 août - 4 septembre 1987. (Division of Environmental Chemistry, Preprints Extended Abstracts, 27(2): 379-382). (sur invitation).
- S288 CARIGNAN, R. (1988).
Seasonal dynamics of sulfate and hydrogen sulfide near the sediment-water interface of an oligotrophic acid lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23: 106-115.
- S252 CLUIS, D., LABERGE, C. (1988).
Un logiciel pour l'analyse temporelle des données de qualité de l'eau et des effluents industriels par les méthodes non-paramétriques. 6e Congrès Mondial des Ressources en Eau de l'AIRE, Association Internationale des Ressources en Eau, Ottawa, 29 mai - 3 juin 1988.
- S257 COUTURE, P., THOMPSON, P.A., CLUIS, D., VISSER, S.A., CAILLIER, M., BLACKBURN, M. (1987).
Effets des épandages de lisier de porcs sur la qualité physico-chimique et le potentiel eutrophisant des percolats: étude sur 13 classes texturales de sol. 70ième Congrès Canadien de Chimie, Université Laval, Sainte-Foy, 7-11 juin 1987, p. 63 (sur invitation).

- S280 COUTURE, P., THOMPSON, P.A., CAMPBELL, P.G.C. (1987).
Mécanismes de récupération chez Selenastrum capricornutum suite à une exposition au cadmium. Aspects biochimiques: métabolisme des adénylates et synthèse de macromolécules. 3e Congrès Régional de l'Est, Association Canadienne pour la Recherche sur la Pollution de l'Eau et sa Maitrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, 29 octobre 1987.
- S276 COUTURE, P. (1987).
Les mécanismes d'acclimatation des populations et des communautés phytoplanctoniques: étude de cas, contamination aquatique par les effluents industriels. Cours-colloque en toxicologie environnementale, Université de Montréal, Montréal, Association des Biologistes du Québec, 21-23 octobre 1987.
- S275 COUTURE, P. (1987).
Méthodes d'évaluation des dangers environnementaux: utilisation des producteurs primaires. Séminaire de formation présentée à l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, le 31 juillet 1987.
- S281 COUTURE, P., THOMPSON, P.A., DUBREUIL, B. (1987).
Sensitivity of Atlantic salmon fry to acidity and to aluminum. IRTAP Workshop, Burlington, Ontario, 18 novembre 1987.
- S279 COUTURE, P., PARENT, L., CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B. (1988).
Sensibilité des alevins vésiculés du saumon atlantique à l'acidité et à l'aluminium. 3ième Colloque sur les substances toxiques, Environnement Canada, Montréal, 6-7 avril 1988.
- S277 COUTURE, P. (1988).
Mécanisme de tolérance chez les algues: ultrastructure et biochimie. Université du Québec à Montréal. Séminaire donné aux étudiants inscrits au doctorat en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal, Montréal, 22 mars 1988.
- S278 COUTURE, P. (1988).
Dépistage des dangers environnementaux à l'aide de biotests avec algues. Séminaire donné aux étudiants inscrits au baccalauréat dans le cadre du cours de Microbiologie Appliquée, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 6 avril 1988.
- S267 DESEDE, M.H., GRIMAUD, M., FORTIN, J.P., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Conception d'un logiciel de corrections géométriques d'images sur micro-ordinateur: problèmes et atouts. 6e Congrès de l'Association québécoise de télédétection. Sherbrooke, Québec, 4-6 mai 1988.
- S233 DUBÉ, C.L., LECLERC, M., FORTIN, J.P., ROBERT, J.L. (1987).
Validation d'un modèle d'écoulement dans l'estuaire supérieur du fleuve Saint-Laurent par télédétection. Symposium Canadien sur la Télédétection, Waterloo, Ontario, 22-25 juin 1987.
- S289 DUCKSTEIN, L., BOBÉE, B., BOGARDI, I. (1987).
Bayesian Forecasting of Hydrological Variables Under Changing Climatology. Symposium S3, "The Influence of Climate Change and Climatic Variability on Hydrological Regime and Water Resources", International Association of Hydrological Sciences, Vancouver, août 1987.
- S290 EL-JABI, N., SARRAF, S., ASHKAR, F. (1988).
Analyse des embâcles par l'intermédiaire des stations hydrométriques. Volume II, Hydrotechnique, Environment Cold Regions History. Compte rendu, Conférence Annuelle du SOGC, Calgary, Alberta, 25-27 mai 1988.

- S268 FORTIN, J.P., VILLENEUVE, J.P. (1988).
Le modèle HYDROTEL: un modèle hydrologique conçu pour la télédétection. 6e Congrès de l'Association québécoise de télédétection, Sherbrooke, Québec, 4-6 mai 1988.
- S254 GARIÉPY, S., COUILLARD, D., TRAN, F.T. (1988).
Pré-traitement et valorisation d'effluents agro-industriels par production de protéines bactériennes thermophiles. 6e Congrès Mondial des Ressources en Eau de l'AIRE, Association Internationale des Ressources en Eau, Ottawa, 29 mai - 3 juin 1988. (Vol. II, papier no 269A1, 4 p. et Vol. III, pp. 602-616).
- S260 GARIÉPY, S., COUILLARD, D., TRAN, F.T. (1987).
Traitement aérobie thermophile avec récupération simultanée de biomasse protéique. 10e Symposium sur le traitement des eaux usées, Environnement Canada, 10-11 novembre 1987, Montréal, (Comptes rendus, pp.: 83-93).
- S261 GARIÉPY, S., TYAGI, R.D., COUILLARD, D., TRAN, F.T. (1988).
Thermophilic process for protein recovery as an alternate to slaughterhouse wastewater treatment. International Conference on Alternative Waste Treatment Systems, Massey University, Palmerston North, New Zealand, Sponsored by IAWPRC (International Association on Water Pollution Research and Control) and New Zealand Water Pollution Research and Control, 26-27 mai 1988.
- S269 GRIMAUD, M., FORTIN, J.P., VILLENEUVE, J.P., AUDET, H. (1987).
Compression de couleurs pour affichage SPOT et TM en compositions colorées sur huit bits. Symposium canadien de télédétection. Waterloo, Ontario, 22-25 juin 1987.
- S282 GUAY, I., THELLEN, C., COUTURE, P. (1987).
Optimisation de l'outil bioanalytique: proposition d'une démarche écotoxicologique d'évaluation des dangers. 3e Congrès Régional de l'Est, Association Canadienne pour la Recherche sur la Pollution de l'Eau et sa Maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, 29 octobre 1987.
- S291 HANSEN, H.J., CAMPBELL, P.G.. (1987).
Aluminum speciation in rivers on the Canadian Precambrian Shield (Côte-Nord du St-Laurent, Québec) during snowmelt. International Acid Rain Conference, Lisbonne, 1-3 septembre 1987. Dans: Acid Rain - Scientific and technical Advances, R. Perry, R.M. Harrison, J.N.B. Bell et J.N. Lester [éds], Selper Ltée, Londres, p. 372-379.
- S265 HANSEN, H.M., CAMPBELL, P.G.C. (1988).
Heterotrophic bacterial activity from two Canadian Shield lakes of different pH: measurement of photosynthetically produced extracellular organic carbon uptake by a diffusion chamber approach. XXIII Congrès de l'Association internationale de limnologie, Hamilton, Nouvelle Zélande, 8-14 février 1987. (Verh. Internat. Verein. Limnol., 23: 1808-1813).
- S283 HARWOOD, M., BLAISE, C., BIRMINGHAM, N., COUTURE, P. (1987).
Procédure d'ensemble de dépistage du potentiel génotoxique des eaux résiduares en tenant compte des interactions phytoplanctoniques. 3e congrès Régional de l'Est, Association Canadienne pour la Recherche sur la Pollution de l'Eau et sa Maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, 29 octobre 1987.
- S258 LABERGE, C., CLUIS, D. (1988).
Adaptation des tests non-paramétriques à la détection des tendances à des données environnementales. 56e Congrès de l'ACFAS, Université de Moncton, Nouveau Brunswick, 9-13 mai 1988. Colloque sur les méthodes et domaines d'application de la statistique, pp. 235-252. BSQ. ISEN 2-251-10281-0.

- S272 OUELLET, M., McCABE, B., VINER, A.B., GREEN, J. (1987).
Paleolimnological stratigraphic trends as indicators of anthropogenic induced changes on the metabolism of some New Zealand lakes. XVth Pacific Science Congress, Séoul, Corée, August 1987.
- S273 OUELLET, M., PAGE, P. (1987).
Origin of hypersaline lacustrine waters in relation to Quaternary sea-level Changes in the Canadian Arctic. Abstract, p. 181. XVth Pacific Science Congress, Séoul, Corée, August 1987.
- S292 PARENT, L., CAMPBELL, P.G.C., STOKES, P.M. (1987).
Manganese bioavailability towards freshwater algae in acidified environments. International Acid Rain Conference, Lisbonne, 1-3 septembre 1987. Dans: Acid Rain - Scientific and Technical Advances, R. Perry, R.M. Harrison, J.N.B. Bell et N.J. Lester [éds], Selper Ltée, Londres, p. 415-420.
- S284 PARENT, L., COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B. (1988).
Sensitivity of Atlantic salmon fry to acidity and Aluminum, 23rd Canadian Symposium on Water Pollution Research, Canada Centre of Inland Waters, Burlington, Ontario, 18 février 1988.
- S295 STOKES, P.M., CAMPBELL, P.G.C. (1987).
Manganese and aluminum bioavailability in software lakes and synthetic solutions: relationship between chemical speciation and uptake by filamentous algae. 70e Congrès canadien de chimie, Université Laval, Sainte-Foy, 7-11 juin 1987.
- S274 TESSIER, A. (1988).
Facteurs biotiques et abiotiques qui influencent l'accumulation de métaux traces dans les organismes benthiques. Conférencier invité à la 2ième Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française (CILEF), Aussois, France, mai 1988.
- S285 THOMPSON, P.A., COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C. (1987).
Biochemical recovery mechanisms in cadmium exposed Selenastrum capricornutum: adenylate metabolism and synthesis of macromolecules 14th Annual Aquatic Toxicity Workshop, Toronto, 1-4 novembre 1987.
- S294 THOMASSIN, D., DUBREUIL, B., CAMPBELL, P.G.C., TESSIER, A. (1987).
Spéciation chimique de certains métaux présents dans les aérosols atmosphériques. 70e Congrès canadien de chimie, Université Laval, Sainte-Foy, 7-11 juin 1987.
- S286 THOMPSON, P.A., COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C. (1988).
Metabolic activation and biochemical recovery mechanisms in cadmium-exposed Selenastrum capricornutum. 23rd Symposium on Water Pollution Research, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, 18 février 1988.
- S262 TRAN, F.T., COUILLARD, D. (1987).
Décontamination des boues de pétroles par extraction à l'eau chaude. (Conference of the Canadian Association on Water Pollution Research and Control (CAWPRC)), Université du Québec à Montréal, Montréal, 29 octobre 1987 (Comptes-rendus pp. 11).
- S231 TYAGI, R.D., COUILLARD, D. (1987).
Comparison of chemical and microbiological processes to remove heavy metals from anaerobically digested sludge. International Symposium on small systems for Water Supply and Wastewater Disposal, National University of Singapore, Singapore, 2-4 juillet 1987 pp. 435-449.

- S263 TYAGI, R.D., COUILLARD, D. (1987).
Performance of activated sludge settling tank in relation to metal inhibition. 6th International Conference on Heavy Metals in the Environment, New Orleans, Louisiana, 15-18 septembre 1987. Sponsored by Commission European Communities, Environment Canada, US Department of Energy, EPA, WHO and US National Atmospheric Deposition (Proceedings pp. 78-85).
- S293 TYAGI, R.D., TRAN, F.T., COUILLARD, D. (1988).
Bacterial leaching of metals from digested sludge (bioreactor comparison). Dans: T. PANSWAD, C. POLPRASERT and K. YAMAMOTO (eds), Water pollution control in Asia. Pergamon Press, pp. 231-238.
- S241 VILLENEUVE, J.P., LAFRANCE, P. (1987).
Transport des pesticides dans la zone insaturée et évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines. Aldicarb in Groundwater, Workshop, National Water Research Institute (NWRI), Burlington, Ontario, 16 décembre 1987.
- S271 VILLENEUVE, J.P., BANTON, O., LAFRANCE, P. (1988).
VULPEST, un nouvel outil d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par les pesticides. Comptes rendus du "3ième Colloque sur les substances toxiques", Montréal, 6-7 avril 1988. Environnement Canada, Conservation et protection; Air Pollution Control Association (APCA); Commission de Santé et de Sécurité au Travail (CSST), Gouvernement du Québec, pp. 225-226.

8.3 Ouvrages édités

8.4 Livres/Ouvrages collectif

- P355 TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C. (1988).
Partitioning of trace metals in sediments. Dans: Metal Speciation - Theory, Analysis and Application, J.R. Kramer et H.E. Allen [éds], Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan, p. 183-189.

8.5 Rapports scientifiques avec jury

- R274 CAMPBELL, P.G.C., LAZERIE, B. (1988).
Environmental chemistry of manganese - general overview. Dans: Manganese in the Canadian Environment, CNRC, Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Rapport CNRC no 26193, p. 1-20.
- R275 CAMPBELL, P.G.C., LEWIS, A.G., CHAPMAN, P.M., CROWDER, A.A., FLETCHER, W.K., IMBER, B., LUOMA, S.N., STOKES, P.M., WINFREY, M. (1988).
Biologically available metals in sediments. CNRC, Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Rapport CNRC no 27694, 298 p.

8.6 Rapports scientifiques

- R252 ASHKAR, F., BOBÉE, B. (1988).
On the construction of confidence intervals for the quantiles of the gamma distribution. INRS-Eau, rapport scientifique no 252, 20 p.

- R251 BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1988).
Sundry averages method (SAM) for estimating parameters of the Log-Pearson type 3 distribution. INRS-Eau, rapport scientifique no 251.
- R242 BOUCHER, S., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1987).
Lois de Halphen: méthode d'estimation des paramètres et détermination de la variance de XT. INRS-Eau, rapport scientifique no 242.
- R241 BOUCHER, S., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1988).
Lois de Halphen: propriétés statistiques et mathématiques. INRS-Eau, rapport scientifique no 241.
- R243 BOUDREAU, P., LECLERC, M., PARROT, F. (1987).
Simulations par la méthode des éléments finis des caractéristiques hydrodynamiques de la couche superficielle des eaux du lac Laflamme sous couvert de glace. INRS-Eau, rapport scientifique no 243. (Pour Environnement Canada).
- R214 CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B., HANSEN, H. (1988).
Comportement géochimique de l'aluminium dans quelques rivières à saumons de la côte nord (Golfe du Saint-Laurent). INRS-Eau, rapport scientifique no 214, 80 p. (Pour Pêches et Océans Canada).
- R239 CARIGNAN, R. (1987).
Géochimie et géochronologie. INRS-Eau, rapport scientifique no 239. (Pour le Ministère de l'Environnement du Québec).
- R229 CLUIS, D., LABERGE, C., HOULE, C. (1987).
Détection des tendances en qualité de l'eau. Tome 1: Rapport méthodologique. INRS-Eau, rapport scientifique no 229, 122 p. (Pour Environnement Canada - Région du Québec, Service Protection et Conservation et pour Approvisionnement et Services Canada - Région du Québec).
- R230 CLUIS, D., LABERGE, C., HOULE, C. (1987).
Détection des tendances en qualité de l'eau. Tome 2: Applications. INRS-Eau, rapport scientifique no 230, 33 p., 2 annexes. (Pour Environnement Canada - Région du Québec, Service Protection et Conservation et pour Approvisionnement et Services Canada - Région du Québec).
- R238 CLUIS, D., LABERGE, C., HOULE, C. (1987).
Détections de tendances en qualité de l'eau. Tome 3: Organigrammes et listes. INRS-Eau, rapport scientifique no 238. (Pour Environnement Canada - Région du Québec, Service Protection et Conservation et pour Approvisionnement et Services Canada - Région du Québec).
- R245 CLUIS, D., LABERGE, C., HOULE, C. (1988).
Détection des tendances en qualité de l'eau. Tome 4: Dépassement de normes. INRS-Eau, rapport scientifique no 245, 47 p., 3 annexes. (Pour Environnement Canada - Région du Québec, Service Protection et Conservation et pour Approvisionnement et Services Canada - Région du Québec).
- R244 COUILLARD, D., LÉGARÉ, P., POULIN, R. (1988).
Étude de valorisation agricole des boues provenant des stations d'épuration des eaux de la communauté urbaine de Québec. INRS-Eau, rapport scientifique no 244, 141 p., 6 annexes. (Par Groupe Poulin, Thériault Ltée et INRS-Eau, pour la Communauté Urbaine de Québec et Ministère de l'Environnement du Québec)).
- R236 DVORAK, V., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1987).
Halphen distributions and related systems of frequency functions. INRS-Eau, rapport scientifique no 236, 43 p., 4 annexes.

- R272 FORTIN, J.P. (1987).
Projet Trois-Gorges (Chine): utilisation des images satellites pour la composition d'une banque de données informatisées servant à la description du milieu et à l'évaluation des impacts. INRS-Eau, rapport scientifique no 272. (Pour Canadian International Projects Managers).
- R222 GUERTIN, K.V., VILLENEUVE, J.P., FORTIN, J.P. DESCHÊNES, S., DUBÉ, C. (1987).
Modélisation de la structure temporelle et spatiale d'images infrarouges. Tome 2: Méthodes géostatistiques appliquées à la synthèse et à la reproduction d'images DEADALUS. INRS-Eau, rapport scientifique no 222. (Pour le Centre de Recherche pour la Défense de Valcartier).
- R248 JONES, H.G. (1988).
La contribution du couvert de glace à l'évolution physico-chimique des eaux du lac Laflamme pendant la fonte printanière. INRS-Eau, rapport scientifique no 248, 16 p. (Pour Environnement Canada).
- R249 JONES, H.G. (1988).
L'échantillonnage des eaux lacustres sous couvert de glace: la représentativité des résultats et la nécessité de développer une méthodologie fiable. INRS-Eau, rapport scientifique no 249, 17 p.
- R246 JONES, H.G., CHARETTE, J.Y., LECLERC, M., NANIEL, A., ROBERGE, J., BOUDREAU, P. (1987).
Acidification épisodique des eaux du lac Laflamme: synthèse des données physico-chimiques et hydrologiques des fontes printanières 1983-1985. INRS-Eau, rapport scientifique no 246, 35 p. (Pour Environnement Canada, Direction des eaux intérieures, Région du Québec).
- R231 LACHANCE, M., BROUARD, D., WALSH, G. (1987).
Importance du transport atmosphérique du soufre dans la composition chimique des rivières de la Côte-Nord du fleuve Saint-Laurent (Québec). INRS-Eau, rapport scientifique no 231, 20 p. (Pour Pêches et Océans Canada).
- R247 LACHANCE, M., JONES, H.G. (1988).
Chaulage des lacs: aspects écologiques et revue de littérature. Partie 1: Description des expériences de chaulage à date. INRS-Eau, rapport scientifique no 247, 40 p.
- R210 LECLERC, M., BELLEMARE, J.F., ROBERT, J.L., DHATT, G. (1986).
Impacts potentiels sur le poulamon atlantique à la traversée du fleuve Saint-Laurent de la ligne Radisson/Nicolet/des Cantons: modélisation du milieu physique. Rapport no TAO/HYD-86-02, INRS-Eau, rapport scientifique no 210, 170 p., 5 annexes, 3 annexes infographiques, 1 résumé.
- R209 LECLERC, M., BELLEMARE, J.F., DHATT, G., PARROT, F., BLANCHET, R., SOULAIMANI, A., HUGUES, T. (1987).
Modélisation par éléments finis bi et tridimensionnels des écoulements en charge et/ou à surface libre, homogènes et/ou stratifiés: exemple d'application. Pour: direction Environnement (Hydro-Québec). Rapport no TAO/HYD-87-02, INRS-Eau, rapport scientifique no 209.
- R273 LECLERC, M., BELLEMARE, J.F., PARROT, F., DESJARDINS, L. (1987).
Rivière Moisie: modélisation de l'habitat du saumon de l'atlantique par éléments finis et des effets d'une réduction du régime hydrologique de la rivière aux Pékans. Pour: G. Shooner et Associés et direction Environnement (Hydro-Québec). Rapport no TAO/HYD-87-01, INRS-Eau, rapport scientifique no 273.
- R221 OUELLET, J., VILLENEUVE, J.P., FORTIN, J.P., BLANCHETTE, C. (1987).
Modélisation de la structure temporelle et spatiale d'images infrarouges. Tome 1: Études des modèles d'ajustement des PSD représentatifs des arrières-plans dans l'infrarouge. INRS-Eau, rapport scientifique no 221, 120 p. (Pour Approvisionnements et Services Canada et Centre de Recherche pour la Défense de Valcartier).

- R226 OUELLET, J., TESSIER, J.C. (1987).
Intelligence artificielle et systèmes experts: principes et méthodes. INRS-Eau, rapport scientifique no 226, 123 p., 3 annexes.
- R225 PARENT, L., COUTURE, P., CAMPBELL, P.G.C., DUBREUIL, B. (1987).
Sensibilité des alevins vésiculés du saumon atlantique à l'acidité en présence et en absence d'aluminium. INRS-Eau, rapport scientifique no 225, 79 p. (Pour Pêches et Océans Canada).
- R203 TESSIER, A., CAMPBELL, P.G.C., AUCLAIR, J.C., SCHENCK, R., HUIZENGA, D., DUBREUIL, B. (1987).
Contribution à l'amélioration des critères scientifiques pour évaluer la signification biologique des métaux traces dans les sédiments. INRS-Eau, rapport scientifique no 203, 139 p., 1 annexe. (Pour Environnement Canada).
- R233A VILLENEUVE, J.P., BANTON, O., LAFRANCE, P. (1987).
Développement d'un nouvel outil simple et adaptable pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par les pesticides. Synthèse. INRS-Eau, rapport scientifique no 233a (Pour Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec. Division de la Protection de l'Environnement).
- R233B VILLENEUVE, J.P., BANTON, O., LAFRANCE, P. (1987).
Development of a simple and practical tool for the evaluation of groundwater vulnerability to contamination by pesticides. Summary. INRS-Eau, scientific report no 233B. (For Environmental Canada, Conservation and Protection, Quebec Region, Environment Protection Division).
- R232 VILLENEUVE, J.P., BANTON, O., LAFRANCE, P., BLANCHETTE, C., DESCHÊNES, S. (1987).
Développement d'un nouvel outil simple et adaptable pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par les pesticides. Développement. INRS-Eau, rapport scientifique no 232, 239 p., 2 annexes. (Pour Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Division de la Protection de l'Environnement).
- R234 VILLENEUVE, J.P., BANTON, O., LAFRANCE, P., BLANCHETTE, C., DESCHÊNES, S. (1987).
Développement d'un nouvel outil simple et adaptable pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination par les pesticides. Manuel d'utilisation. INRS-Eau, rapport scientifique no 234. (Pour Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Division de la Protection de l'Environnement).
- R223 VILLENEUVE, J.P., FORTIN, J.P. DUBÉ, C., GRIMAUD, M., PROULX, H., BLANCHETTE, C. (1987).
Modélisation de la structure temporelle et spatiale d'images infrarouges. Tome 3: Modélisation des paramètres statistiques d'arrière-plans dans l'infrarouge. INRS-Eau, rapport scientifique no 223, 181 p. (Pour Approvisionnement et Services Canada et Centre de Recherche pour la Défense de Valcartier).
- R235 VILLENEUVE, J.P., FORTIN, J.P., GUERTIN, K., OUELLET, J., DUBÉ, C., BLANCHETTE, C., DESCHÊNES, S., LACROIX, J. (1987).
Modélisation de la structure temporelle et spatiale d'images infrarouges. Rapport synthèse. INRS-Eau, rapport scientifique no 235, 39 p.. (Pour Approvisionnement et Services Canada et Centre de Recherche pour la Défense de Valcartier).

8.7 Publications diverses

- I102 BOUCHER, S., LAVOIE, M., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1987).
Lois de HALPHEN: description des aspects de la programmation. INRS-Eau, rapport interne no 102.

- I108 BOUCHER, S., LAVOIE, M., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1988).
Développements mathématiques liés aux lois de HALPEN: fonction de Bessel modifiée de deuxième espèce et fonction exponentielle factorielle. INRS-Eau, rapport interne no 108.
- I109 BOUCHER, S., LAVOIE, M., BOBÉE, B., ASHKAR, F. (1988).
Détermination des fonctions de densité cumulée des lois de HALPHEN. INRS-Eau, rapport interne no 109.
- I105 COUTURE, S., BOUCHER, S., BOBÉE, B. (1988).
Étude de l'application des processus markoviens à l'étude des durées d'étiage. INRS-Eau, rapport interne no 105, 41 p.
- I110 GANGBAZO, G., VALLIÈRES, M., CLUIS, D. (1988).
Migration de l'azote à partir de réservoirs à lisier de porcs. INRS-Eau, rapport interne no 110, 21 p.
- I107 OUELLET, M. (1987).
Commentary on the 6th Pacific Science Congress. INRS-Eau, rapport interne no 107, 9 p.

8.8 Conférences sur invitation

- C177 CAMPBELL, P.G.C., NEVILLE, C.M. (1987).
Mechanisms of aluminum toxicity to aquatic biota. Conférence invitée, 194th National Meeting of the American Chemical Society, New Orleans, Louisiana, 30 août - 4 septembre 1987.
- C173 CARIGNAN, R. (1988).
Chronology of zinc, manganese and fossil mellomonadaceans deposition in some acid lakes of Southwestern Québec. Atelier SLANT/88, Chaffey's Locks, Ontario, 9 avril 1988.
- C174 CARIGNAN, R. (1987).
The co-diagenesis of sulfur and iron in acid lake sediments of Southwestern Québec. Clarkson University, New York, septembre 1987 (sur invitation).
- C167 COUILLARD, D., CLUIS, D., D'AMOURS, F. (1987).
Contrôle des usines municipales à boues activées. Présenté au Comité d'échanges technologiques en assainissement des eaux. Environnement Canada / Ministère de l'Environnement du Québec, 25 novembre 1987.
- C178 DE SEDE, M.H., GRIMAUD, M., VILLENEUVE, J.P., FORTIN, J.P. (1988).
Conception d'un logiciel de corrections géométriques des images satellites sur micro-ordinateur: problèmes et atouts. 6e Congrès de l'Association Québécoise de télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, mai 1988, 12 p.
- C169 DUBREUIL, B., BORDELEAU, M.G., TESSIER, A. (1988).
Analyse d'échantillons biologiques aquatiques. 57e Congrès de l'ACFAS, Université de Moncton, Moncton, Nouveau-Brunswick, 9-13 mai 1988.
- C170 DUBREUIL, B., COUTURE, P. (1988).
Sensibilité des alevins vésiculés du saumon atlantique à l'acidité et à l'aluminium. 3e Colloque sur les substances toxiques, Environnement Canada, Hôtel Reine-Elizabeth, Montréal, avril 1988.

- C179 FORTIN, J.P., VILLENEUVE, J.P., BENMOUFFOK, D., POTVIN, L. (1986).
Télétection et hydrologie à l'INRS-Eau. 54e Congrès de l'ACFAS, Université de Montréal, Montréal, 12-16 mai 1986.
- C176 GÉLINEAU, M., CARIGNAN, R., TESSIER, A. (1988).
Détermination des lieux de transformation des sulfates dans le bassin versant du lac Laflamme (Québec) à l'aide des isotopes stables de l'oxygène. Deuxième Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française (CILEF), Aussois, France, mai 1988.
- C183 JONES, H.G. (1987).
The fluxes of NO₃ and NH₄ through a boreal forest ecosystem during the snowmelt period. Proceedings of the 44th Eastern Snow Conference, Fredericton, Nouveau Brunswick, 3-5 juin 1987, pp. 80-89.
- C171 LECLERC, M. (1988).
L'utilisation des modèles numériques pour la prise en compte des facteurs biologiques dans le design d'ouvrages hydrauliques. Atelier de simulation mathématique comme support aux études et suivis environnementaux, Hydro-Québec, direction Environnement, 13 janvier 1988.
- C181 OUELLET, M. (1987).
Saline Lakes in the Canadian Arctic: International Meeting on the Canadian Arctic Island, Ottawa, Ontario, 21-24 novembre 1987.
- C182 OUELLET, M. (1988).
Paleoecological evidence of Holocene pH fluctuations in the Catarauqui River Marsh, Ontario. Atelier SLANT/88, Chaffey Locks, Ontario, 9 avril 1988.
- C180 SAOUTER, E., BOUDOU, A., RIBEYRE, F., HARE, L., CAMPBELL, P.G.C., TESSIER, A., CARIGNAN, R. (1988).
Recherches en écotoxicologie expérimentale sur la contamination des nymphes d'Hexagenia rigida (Ephemeroptera) par le Cd, le Hg et le Zn. 2e Conférence internationale des Limnologues d'Expression française, Aussois, France, 24-28 mai 1988.
- C184 STEIN, J., JONES, H.G., CHARETTE, J.Y. (1988).
The Lac Laflamme research watershed: an interim assessment. Dans: Canadian research basins successes, failures and future. Canadian Hydrology Symposium, Banff, Alberta. 9-11 mai 1988.

8.9 Communications présentées à des colloques ou des congrès sans jury

- C168 GANGBAZO, G., VALLIÈRES, M., CLUIS, D. (1988).
Migration de l'azote à partir des réservoirs à lisier en sol. Session de formation sur l'entreposage du fumier et du lisier, Ministère de l'Environnement du Québec, 26-27 mai 1988, rapport no I-110, 21 p.

8.10 Communications diverses

- C185 BOBÉE, B. (1987).
Moyens d'améliorer le développement de la recherche à l'Université du Québec. Conférencier invité au Symposium de la Commission de Planification de l'Université du Québec portant sur l'excellence universitaire. Ste-Adèle (Québec, 22 octobre 1987).

8.11 Thèses

- T103 AUBÉ, P. (1987).
Amélioration de la précision des prévisions hydrologiques d'un modèle conceptuel par l'utilisation des filtres de Kalman. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 129 p., 4 annexes.
- T101 BRASSARD, P. (1987).
La disponibilité du phosphore dans deux lacs du bouclier canadien. Thèse de doctorat es sciences (Eau), Université du Québec, 87 p.
- T096 D'AMOURS, F. (1987).
Contrôle digital d'usine à boues activées à l'aide de modèles déterministes dynamiques. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 179 p., 2 annexes.
- T102 DROLET, C. (1987).
Application de la modélisation mathématique au problème de contamination des eaux souterraines due à l'épandage de résidus huileux sur le sol. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 66 p., 3 annexes.
- T098 FRÉCHETTE, R. (1988).
Étude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines. Face au risque de contamination engendré par l'usage des pesticides. Thèse de maîtrise es science (Eau), Université du Québec, 127 p., 1 annexe.
- T097 GARIÉPY, S. (1987).
Production de protéines alimentaires par procédé bactérien aérobie thermophile: étude de cas d'un effluent d'abattoir. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 241 p., 6 annexes.
- T116 GÉLINEAU, M. (1988).
Détermination des lieux de transformation des sulfates dans le bassin versant du lac Laflamme (Parc des Laurentides, Québec) à l'aide des isotopes stables du soufre et de l'oxygène. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec.
- T087 GODIN, L. (1987).
Le scénario de l'intervention du gestionnaire des forêts face au problème des pluies acides. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 91 p.
- T115 HARWOOD, M. (1987).
Procédure d'ensemble de dépistage du potentiel génotoxique des eaux résiduaires en tenant compte des interactions phytoplanktoniques. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 101 p., 2 annexes.
- T105 ISABEL, D. (1988).
Modélisation stochastique des pesticides dans la zone vadose. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 101 p., 4 annexes.
- T100 LACHANCE, M. (1988).
Élaboration d'une méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau: application au problème de l'acidification des eaux lacustres du Québec. Thèse de doctorat es sciences, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 264 p., 2 annexes.

- T104 PATOINE, M. (1988).
Mise au point d'un modèle informatisé de gestion de l'irrigation. Thèse de maîtrise es sciences (Eau), Université du Québec, 124 p., 6 annexes.
- T099 WILSON, L. (1987).
Le contrôle en temps réel des réseaux d'égouts unitaires. Thèse de doctorat es sciences (Eau), Université du Québec, 139 p., 3 annexes.

8.12 Statistiques sur les publications des membres de l'INRS-Eau

	Total	1987-1988
8.1 Articles publiés dans des revues scientifiques avec jury	308	40
8.2 Articles publiés dans des comptes rendus de conférences, colloques ou congrès avec jury	292	45
8.3 Ouvrages édités	1	0
8.4 Livres/Ouvrages collectifs	8	1
8.5 Rapports scientifiques avec jury	2	2
8.6 Rapports scientifiques	264	33
8.7 Publications diverses	99	6
8.8 Conférences sur invitation	166	15
8.9 Communications présentées à des colloques ou des congrès sans jury	20	1
8.10. Communications diverses	6	1
8.11 Thèses	111	13
8.12 Rapports annuels	<u>18</u>	<u>1</u>
TOTAL	1295	158
MOYENNE / ANNÉE	72	

9. RAPPORT FINANCIER

Année au 31 mai 1988

REVENUS ET DÉPENSES DU FONDS DE FONCTIONNEMENT EN (000 \$)

Revenus

-	Subvention de base et revenus spéciaux (sans restriction)	1855,7
-	Contrats et subventions de recherche (avec restriction)	
	- CRSNG	940,7
	- FCAR	314,2
	- Autres sources	783,1
-	TOTAL	<u>3893,7</u>

Dépenses

-	Recherche et enseignement	3123,1
-	Support à la recherche et à l'enseignement	
	- frais généraux et d'administration	421,3
	- documentation et édition	129,5
	- direction du Centre	160,9
	- informatique	75,7
	- laboratoire	96,5
-	TOTAL	<u>4007,0</u>

Excédent des dépenses sur les revenus 113,3

Année au 31 mai 1988

DÉPENSES PAR FONCTION UNIVERSITAIRE (en 000 \$)

	salaires, avantages sociaux et bourses	frais de terrains, voyages fournitures matériel	services professionnels contractuels, publics loyer	TOTAL
Recherche et enseignement	2221,6	793,3	108,1	3123,1
Frais généraux d'administration	216,7	30,9	173,7	421,3
Documentation et édition	98,5	28,9	2,1	129,5
Direction du Centre	153,1	7,7	0,1	160,9
Informatique	46,3	1,9	27,6	75,7
Laboratoires	65,7	20,2	10,7	96,6
TOTAL	2801,9	882,8	322,3	4007,0

Personnel régulier
Personnel contractuel
Bourses