

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 Energie, 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

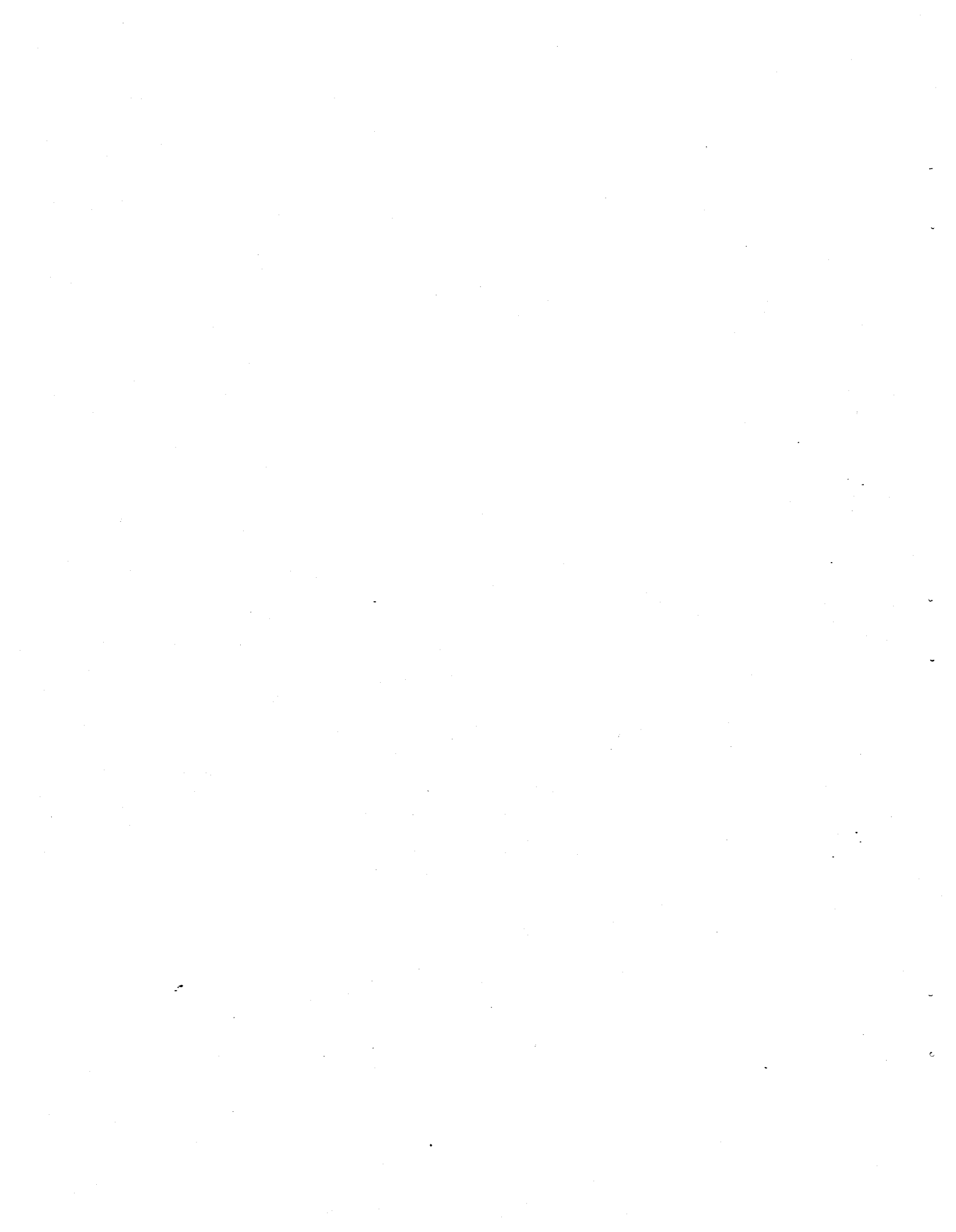
Dans ce domaine de recherche relativement récent au Centre, les activités ont été concentrées sur les problèmes posés par la disposition des boues provenant des usines de traitement des eaux usées et sur l'élaboration d'une stratégie de contrôle des usines de traitement soumises à des effets chocs. Ces 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. FOULIN¹
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

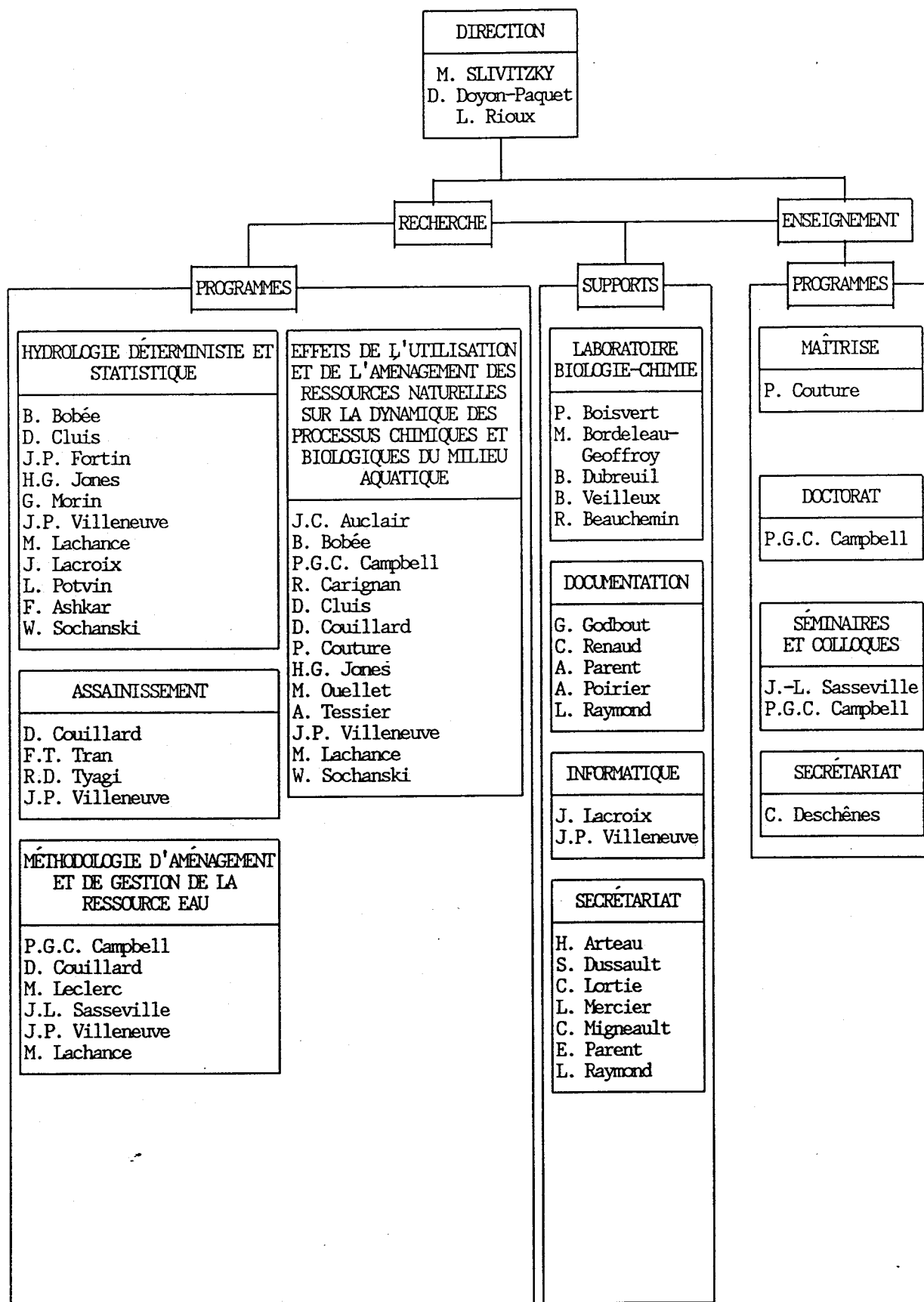
L.M. BARRETTE
A. BEDARD
P. BOUDREAU, boursier CRSNG
A. CHARRON
S. COUTURE
L. GERMAIN
J. JOBIDON
H. MARQUIS, boursière FCAR
G. MERCIER, boursier CRSNG
F. MICHAUD, boursière FCAR
I. PICHE, boursière FCAR
C. ROBERT, boursier FCAR
N. RONDEAU, boursière FCAR
K. WILKINSON

doctorat

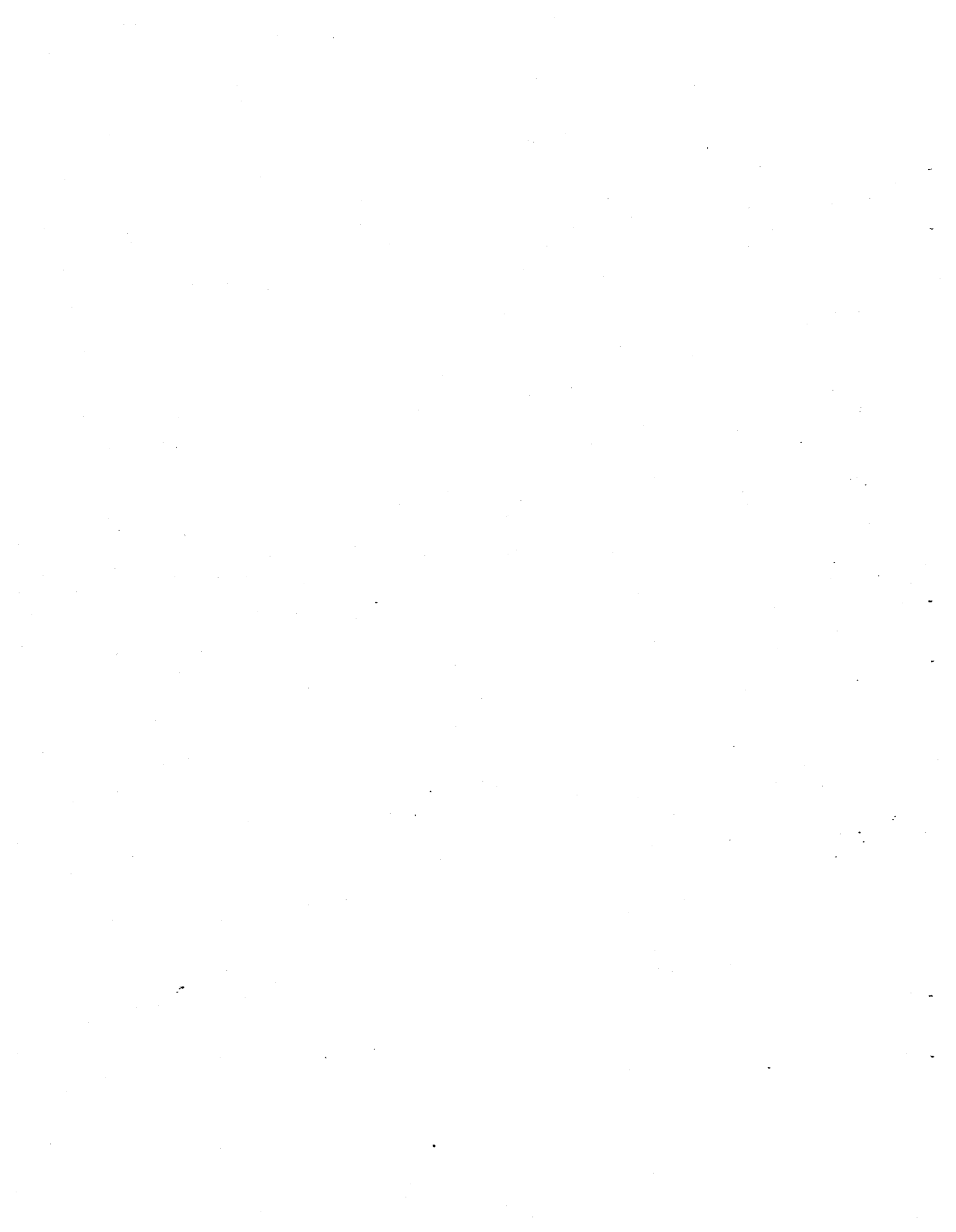
L. AITT-SSI
D. BEMOUFFOK, boursier EMR CANADA
M. BERNIER
P. BOUDREAU, boursier FCAR
P. BRASSARD²
Y. COUILLARD, boursier CRSNG
M. CROWLEY
M.H. DE SEDE
D. FORTIN
G. GANGBAZO
D. HOULE, boursière FCAR
D. ISABEL
C. LABERGE, boursier CRSNG
R. LANGIS
P. LAVALLEE
Y. LEFEBVRE, boursier FCAR
C. LELIEVRE
Y. MARANDA
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