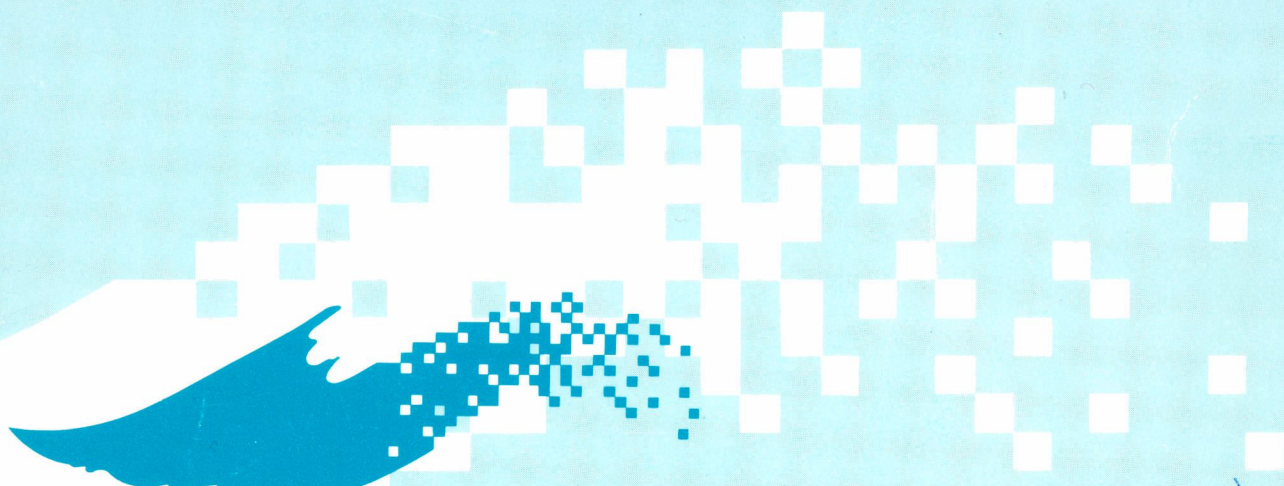
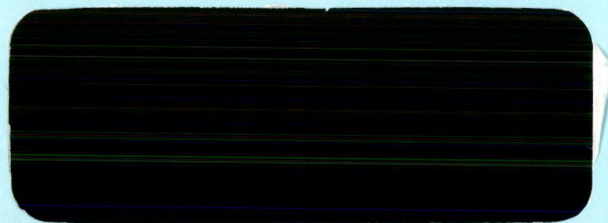


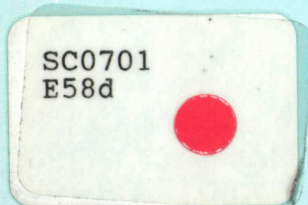
Centre Saint-Laurent

St. Lawrence Center



PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE ACTION PLAN

242594



Environnement
Canada

Conservation
et Protection

Environment
Canada

Conservation
and Protection

CSC-2263
SC0701 E58d

FLEUVE SAINT-LAURENT

DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE
ET
BIOACCUMULATION CHEZ LES MACROPHYTES
DU
FLEUVE SAINT-LAURENT

CONVENTION ENTRE
ENVIRONNEMENT CANADA (CENTRE SAINT-LAURENT)
ET
L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT

CONVENTION ENTRE

Le Gouvernement du Canada, représenté aux fins des présentes par le ministre de l'Environnement, lui-même représenté par Lorette Goulet agissant en sa qualité de sous-ministre adjoint, Conservation et Protection (ci-après appelé le Centre Saint-Laurent ou CSL),

ET

L'Institut national de recherche scientifique, une corporation légalement constituée ayant son siège social à la Place de la Cité, 2635 boulevard Hochelaga, Sainte-Foy, Québec, représenté aux fins des présentes par Alain Soucy, agissant en sa qualité de Directeur (ci-après appelé INRS)

Lesquelles parties ont fait entre elles les déclarations et conventions suivantes, à savoir:

Article 1

OBJET

- 1.1 Etablir le temps de résidence des sédiments récents et potentiellement contaminés dans le fleuve Saint-Laurent par l'utilisation des radio-isotopes et autres marqueurs chronologiques.
- 1.2 Etablir l'importance et l'effet de la présence des macrophytes sur le piégeage des sédiments potentiellement contaminés.
- 1.3 Evaluer la biomasse et le contenu en contaminants des macrophytes dans le fleuve Saint-Laurent et étudier la dynamique des contaminants reliés aux macrophytes.
- 1.4 Les modalités des articles 1.1 à 1.3 sont énoncées aux annexes 1 à 3 et, par conséquent, font partie intégrante de la présente convention.

Article 2

DUREE

- 2.1 La présente convention entre en vigueur dès que les deux parties l'auront signée et elle se termine au plus tard le 30 juin 1991.

Article 3

MODALITES FINANCIERES

3.1 Dans le cadre de l'activité de partenariat mise de l'avant dans la Plan d'action Saint-Laurent, le CSL s'engage à financer le projet ici décrit jusqu'à concurrence de \$243,811 réparti comme suit:

- \$127,047 pour l'étude radio-isotopique ci-après décrite partie A;

- \$116,764 pour l'étude sur la bioaccumulation des macrophytes ci-après décrite partie B.

3.2 Le montant mentionné à l'article 3.1 sera payable selon l'échéancier suivant:

CSL: \$136,843 à la date de la signature de la convention, dont \$68,811 pour la partie A et \$68,032 pour la partie B;

\$28,603 le 1^{er} octobre 1990, dont \$23,358 pour la partie A et \$5,245 pour la partie B;

\$49,378 le 1^{er} février 1991, dont \$23,358 pour la partie A et \$26,020 pour la partie B;

\$28,987 lors de la remise du rapport final, dont \$11,520 pour la partie A et \$17,467 pour la partie B.

Le premier versement sera effectué sur présentation d'une facture à la date de la signature de la convention et les versements subséquents seront effectués sur présentation d'une facture, d'un rapport financier et d'un rapport d'étape aux 1^{er} octobre 1990, 1^{er} février 1991 et à la remise du rapport final. Le coût réel des dépenses sera alors ajusté au dernier versement.

3.3 La contribution de l'INRS à l'entente est de \$39,375 et répartie comme suit:

INRS: \$27,700 sous formes de ressources humaines, informatiques et de participation à l'achat et à l'installation d'un équipement de comptage gamma pour la partie A.

\$11,675 sous formes de ressources humaines, informatiques et d'approvisionnement pour la partie B.

Article 4

DROITS D'AUTEUR ET UTILISATION DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE

4.1 L'INRS s'engage à fournir les résultats et produits suivants au CSL:

Pour la partie A:

- rendre opérationnel un laboratoire de comptage de rayonnement gamma de haute précision et à grand volume opérationnel;

- établir les temps de résidence des sédiments récents du fleuve Saint-Laurent pour le tronçon du lac Saint-François au lac Saint-Pierre et évaluer la masse mobile des sédiments récents potentiellement contaminés;

- cartographier les zones de remobilisation des sédiments contaminés;

- établir l'importance de l'interaction des macrophytes sur la dynamique des sédiments contaminés du fleuve Saint-Laurent pour le tronçon étudié;

Pour la partie B:

- cartographier la répartition spatiale des macrophytes et les niveaux de contamination présents pour la zone du delta de Sorel et du lac Saint-Pierre;

- évaluer la biomasse et le contenu en contaminants des macrophytes en fonction de leur évolution saisonnière pour le delta de Sorel et le lac Saint-Pierre;

- faire le bilan des échanges en métaux lourds en fonction du cycle saisonnier des plantes;

- décrire la dynamique saisonnière des macrophytes.

4.2 L'INRS sera propriétaire de l'équipement de comptage radio-isotopique qui sera installé dans un laboratoire de l'INRS eau et qui sera sous la supervision et contrôle de l'INRS eau qui devra en assurer l'entretien et l'utilisation.

4.3 Le CSL sera propriétaire des résultats fournis dans le cadre de la présente convention.

4.4 L'INRS aura les droits d'utilisation prévus aux articles 4.5 à 4.8 sur les résultats de recherche acquis dans le cadre de la présente convention.

- 4.5 Le CSL reconnaît le rôle d'éducation, d'instruction et de formation de l'INRS. Par conséquent et pour autant qu'aient été prises des dispositions adéquates de protection des droits que détient le CSL sur les résultats ainsi obtenus dans le cadre de la présente convention, ces résultats pourront être utilisés à des fins d'enseignement et de recherche dans le cadre normal de la diffusion des connaissances, y compris la publication de mémoires de maîtrise ou de thèses de doctorat.
- 4.6 Pour ces motifs et à ces fins, l'INRS informera le CSL de tout projet de divulgation ayant trait au projet, par remise d'une copie du(des) texte(s), au minimum quarante (40) jours avant la date de soumission pour une présentation ou une publication. L'INRS pourra divulguer l'information à moins d'avoir reçu une opposition écrite à cet égard. Dans ce cas, les raisons pour cette opposition devront être énoncées par écrit et les parties de part et d'autre fourniront les efforts et la collaboration requis pour trouver les mesures additionnelles visant à protéger adéquatement lesdits résultats ou empêcher qu'une telle divulgation des résultats ne cause de préjudice au CSL. Si les motifs au soutien de l'opposition ne peuvent être résolus, l'information formant l'objet du désaccord ne pourra être divulguée.
- 4.7 Toute oeuvre utilisant les données recueillies, l'analyses de ces données, les cartes, de même que les descriptions, analyses et discussions de la ou des méthodologies développées suite à l'étude, et publiée par l'INRS doit attester que cette dernière a été exécutée en collaboration avec Environnement Canada, CSL, sauf avis contraire du CSL.
- 4.8 Les publications découlant du projet, au nom d'Environnement Canada, CSL, devront identifier clairement, dans un endroit facilement accessible au lecteur, la mention de participation de l'INRS, et plus particulièrement de son centre INRS-EAU, des chercheurs principaux et collaborateurs ayant participé au projet.

Article 5

PROPRIETE DES EQUIPEMENTS

- 5.1 L'INRS devra obtenir au préalable l'autorisation du délégué scientifique du CSL avant de procéder à l'acquisition d'équipements requis pour la réalisation du projet.
- 5.2 L'INRS sera responsable d'assurer l'entretien et le bon fonctionnement de l'équipement de comptage radio-isotopique qui sera installé dans un laboratoire de l'INRS.

- 5.3 L'INRS devra garder le laboratoire et plus particulièrement le système de comptage radio-isotopique opérationnel en y affectant les ressources jugées nécessaires.
- 5.4 Vu l'unicité de l'expertise et du support technique qui seront développés, l'INRS devra pourvoir aux demandes d'études scientifiques qui lui seront adressées en donnant priorité aux études du CSL et de l'INRS eau, et ce pour une période de 5 ans. Toute demande devra être acheminée à l'INRS avant le 15 mars de chaque année pour obtenir la priorité.

Article 6

SUPERVISION

- 6.1 Le CSL se réserve le droit de procéder en tout temps à l'évaluation du déroulement des travaux.
- 6.2 Le délégué scientifique sera: Ken Lum, chercheur scientifique au CSL.

Article 7

RESPONSABILITE DU PROJET ET COLLABORATION

- 7.1 L'INRS est entièrement responsable de la bonne réalisation du projet lié à la présente convention. Le responsable scientifique du projet pour la partie A est Richard Carignan, et pour la partie B, Peter Campbell, professeurs chercheurs.

Article 8

RESPONSABILITE CIVILE

- 8.1 Le CSL décline toute responsabilité pouvant résulter de dommages corporels ou matériels subis par l'INRS, ses représentants, préposés ou tout autre personne dans le cours de l'exécution de la présente convention.
- 8.2 L'INRS devra suivre la réglementation d'Environnement Canada concernant les activités de plongée sous-marine nécessaires lors des campagnes d'échantillonnage pour les parties A et B du projet.
- 8.3 L'INRS devra recevoir l'approbation de l'officier de plongée du CSL, qui aura visité les lieux d'échantillonnage et étudié les mesures de sécurité proposées par l'INRS, avant d'entreprendre les activités de plongée.

8.4 L'officier de plongée du CSL sera: Stéphane Lorrain, chargé de projet.

Article 9

COMMUNICATION

9.1 Toute communication par écrit entre les parties sera livrée comme suit:

Le CSL: Ken Lum,
Centre Saint-Laurent,
105 Mc Gill,
Montréal, Qc.,
H2Y 2E7

L'INRS pour la partie A:

Richard Carignan,
Institut national de la recherche scientifique,
2700 rue Einstein,
Québec, Qc.,
G1V 4C7

L'INRS pour la partie B:

P.G.C. Campbell,
Institut national de la recherche scientifique,
2700 rue Einstein,
Québec, Qc.,
G1V 4C7

9.2 Pour toute question d'ordre légal soulevée par le CSL, une copie de la question devra être acheminée par écrit au secrétariat général de l'INRS.

Article 10

CESSION

10.1 Les droits et obligations de l'INRS contenus aux présentes ne peuvent être cédés, vendus ou transportés, en tout ou en partie, sans le consentement écrit du CSL.

Article 11

CONTROLEUR DES FINANCES

11.1 Les transactions financières découlant de l'exécution de cette convention sont sujettes aux vérifications du Services des finances de Conservation et Protection, Environnement Canada à Sainte-Foy, qui, à cette fin, a tous les pouvoirs prévus par la Loi sur l'administration financière du Gouvernement du Canada d'examiner tous les registres et documents qu'il juge utiles à cette vérification; en vertu de quoi, un rapport financier devra être soumis au Services des finances d'Environnement Canada, le 10 juin 1991.

Article 12

ACCEPTATION DES TRAVAUX

12.1 Le CSL se réserve le droit de refuser en tout ou en partie les travaux qui ne seraient pas jugés satisfaisants compte tenu des critères habituellement reconnus en matière de travaux de recherche. Advenant le cas où la totalité ou une partie des travaux devrait être reprise à la demande du CSL pour des motifs ne remettant pas en cause la qualité des travaux originellement soumis, les frais de cette reprise feront l'objet d'une entente à l'amiable entre les parties.

Article 13

RESILIATION

13.1 En cas de défaut de l'INRS dans l'exécution des obligations en vertu de la présente convention, le CSL aura droit à son option sur avis écrit:

- a) soit d'exiger l'exécution de la ou des conditions dans le délai prescrit dans l'avis;
- b) soit de déclarer la convention résolue de plein droit dans le délai prescrit dans l'avis et ce quant à la partie A ou la partie B du projet selon le cas, et sans préjudice à toute réclamation que le CSL pourrait avoir contre l'INRS;

- c) dans le cas où l'avis donné conformément au paragraphe précédent ne concerne qu'une partie du projet, les dispositions de la présente convention sont maintenues pour la partie du projet qui n'est pas visée par l'avis.

Dans un tel cas, l'INRS s'engage à ne réclamer aucun dommages et intérêts.

EN FOI DE QUOI, les parties ont signé aux dates et endroits suivants:

Le Gouvernement du Canada:

LORETTE GOULET

TEMOIN

DATE: _____

LIEU: _____

L'Institut national de la recherche scientifique:

ALAIN SOUCY

TEMOIN

DATE: _____

LIEU: _____

L'INRS eau:

JEAN-PIERRE VILLENEUVE
(Directeur du Centre)

TEMOIN

DATE: _____

LIEU: _____

RICHARD CARIGNAN
(Professeur)

TEMOIN

DATE: _____

LIEU: _____

PETER CAMPBELL
(Professeur)

TEMOIN

DATE: _____

LIEU: _____

FLEUVE SAINT-LAURENT

**DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE
ET
BIO-ACCUMULATION CHEZ LES MACROPHYTES
DU
FLEUVE SAINT-LAURENT**

ANNEXE I

**ACCORD DE FINANCEMENT
ENTRE
ENVIRONNEMENT CANADA (CENTRE SAINT-LAURENT)
ET
L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

INTRODUCTION

Les gouvernements fédéral et provincial, à travers le Plan d'action Saint-Laurent, ont pour objectif prioritaire la dépollution du fleuve Saint-Laurent. Pour réaliser cet objectif et pour établir une stratégie d'intervention efficace, il est nécessaire de comprendre le transport et le devenir des substances contaminantes.

Les sédiments constituent un vecteur d'accumulation et de transport privilégié pour plusieurs contaminants. La distribution de ces contaminants dans le fleuve est donc intimement reliée à la dynamique sédimentaire; les sédiments constituant des réservoirs de contaminants qui, dans l'environnement fluviatile du Saint-Laurent, peuvent être libérés périodiquement par l'action de processus physiques et biologiques. L'intensité et la fréquence de ces processus affectent directement le degré de contamination du milieu biotique et abiotique.

Pour localiser et prioriser les sites d'accumulation des sédiments contaminés et pour établir le potentiel de récupération de ces sites, il est donc nécessaire d'étudier la fréquence et l'intensité des processus en action.

Le projet "Dynamique sédimentaire et bioaccumulation chez les macrophytes" a donc pour objectifs d'établir les temps de résidence des sédiments contaminés à l'aide des radio-isotopes et d'évaluer le rôle des macrophytes qui agissent directement sur la dynamique des contaminants par bio-accumulation et indirectement par piégeage des sédiments contaminés en influençant les vitesses d'écoulement.

OBJECTIFS

Les objectifs de la partie A du projet sont:

- estimer la mobilité à court terme (annuelle) des sédiments contaminés et l'importance de la couche de sédiments mobile à plus long terme (30 à 100 ans);
- cartographier les zones de remobilisation des sédiments contaminés;
- établir l'importance des macrophytes sur le piégeage des sédiments contaminés ainsi que l'importance de la bio-activité sur le remaniement des sédiments pour une meilleure compréhension de la dynamique sédimentaire;
- développer un support analytique de haute précision et à grand volume pour le comptage du rayonnement gamma de faible activité.

Les objectifs de la partie B du projet sont:

- estimer le contenu en métaux lourds des macrophytes en fonction de la biomasse et du cycle saisonnier de ces plantes;
- faire le bilan des échanges en métaux lourds en fonction du cycle saisonnier des plantes;
- cartographier la répartition spatiale des macrophytes et les niveaux de contamination présents;
- décrire les interactions des macrophytes sur la dynamique des contaminant.

ECHEANCIER

La séquence de réalisation proposée présente l'achèvement d'une composante du projet correspondant à la livraison de produits ou de rapports d'étape. Ces étapes pourront nécessiter l'approbation des autorités du CSL.

Planification des campagnes d'échantillonnage pour les deux parties du projet:	juillet 90
Installation du laboratoire d'analyse radio-isotopique:	juillet 90
Première campagne d'échantillonnage pour les deux parties du projet:	juillet à août 90

Résultats de la première campagne d'échantillonnage:	octobre 90
Deuxième campagne d'échantillonnage pour les deux parties du projet:	octobre 90
Résultats de la deuxième campagne d'échantillonnage:	février 91
Remise des rapports finaux pour les parties A et B:	août 91

EQUIPE DE REALISATION

Le tableau suivant présente le profil de l'équipe de réalisation qui sera affectée au projet pour la durée de la convention.

PERSONNEL	DUREE (jours)
Environnement Canada:	
Délégué scientifique Environnement Canada	15
Chargé de projet Environnement Canada	40
INRS eau (partie A):	
professeur chercheur	25
technicien (terrain)	20
technicien (laboratoire)	156
INRS eau (partie B):	
professeur chercheur	14
stagiaire post-doctoral	80
consultant en géostatistique	15
2 techniciens (terrain)	37
responsable de laboratoire	5
technicien (laboratoire)	98
professionnel (DIPIX, informatique)	22
professeur chercheur (télédétection)	6

ROLE DES PARTIES

L'INRS sera le maître d'oeuvre pour:

- la planification et la conduite des campagnes d'échantillonnage;
- l'établissement et le maintien d'un support analytique pour le comptage du rayonnement gamma de haute précision et à grand volume;

- l'analyse des radio-isotopes sur les sédiments;
- l'évaluation de la biomasse et l'analyse des métaux lourds sur les macrophytes;
- le traitement, l'interprétation et la cartographie des résultats nécessaire à la réalisation du projet;
- gestion de projet et administration financière (INRS).

Le CSL assurera:

- la supervision des travaux en fonction des objectifs définis conjointement avec les responsables du projet à l'INRS;
- le contrôle des activités d'échantillonnage pour l'aspect sécurité en plongée sous-marine selon l'article 8 de la convention.

Le délégué scientifique du CSL verra à l'acceptation des travaux selon l'article 12 de la convention.

Le CSL fournira de plus:

- une embarcation pour les campagnes d'échantillonnage des parties A et B;
- un opérateur pour l'embarcation d'échantillonnage;
- un plongeur pour l'échantillonnage de la partie A du projet qui pourra être l'opérateur de l'embarcation;
- un système de positionnement pour l'échantillonnage de la partie B du projet;
- les résultats du traitement quantitatif d'images aéroportées pour trois périodes, juin, juillet, octobre, pour les paramètres suivants: cartographie des macrophytes, concentrations de la matière en suspension et régime des températures de surface, et ce en fonction de la réalisation des survols aéroportés.

BUDGET

Le tableau suivant présente une synthèse des coûts du projet par catégorie de dépenses:

CATEGORIE	MONTANT	
	Partie A	Partie B
acquisition d'équipement de laboratoire	\$65,940	
ressources humaines	\$26,780	\$59,412
analyses	\$52,420	\$57,556
matériel et fournitures	\$9,620	\$15,896
sous-total	\$154,747	\$132,864
total	\$287,611	

CONTRIBUTION DES PARTIES

Environnement Canada: \$243,811

INRS: \$43,800 divisé comme suit:

Pour la partie A: \$27,700 dont,
\$5,700 en frais indirects de personnel,
\$11,000 à l'achat d'un analyseur multi-canaux,
\$11,000 à l'achat d'une enceinte de Pb-Cu-Cd.

Pour la partie B: \$16,100 dont,
\$8,235 en frais indirects de personnel,
\$7,055 en frais d'utilisation d'équipement de laboratoire,
\$810 en frais indirects d'approvisionnement.

FLEUVE SAINT-LAURENT

**DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE
ET
BIOACCUMULATION CHEZ LES MACROPHYTES
DU
FLEUVE SAINT-LAURENT**

ANNEXE II

**PARTIE A:
DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT
Tronçon Lac Saint-François - Lac Saint-Pierre**

Projet soumis dans le cadre
d'une convention entre:
Environnement Canada (Centre Saint-Laurent) et
L'Institut national de la recherche scientifique

1.0 PROBLÉMATIQUE

La dépollution du fleuve Saint-Laurent a été identifiée comme un objectif prioritaire par les gouvernements provincial et fédéral. La réalisation de cet objectif demande certaines connaissances préalables sur le bilan actuel, les apports et le devenir des substances toxiques présentes dans ce système.

En raison de leurs propriétés physico-chimiques, plusieurs polluants d'intérêt (pesticides, métaux traces) sont fortement associés aux particules. Leur devenir et leur temps de résidence dans le Saint-Laurent sont donc étroitement influencés par la dynamique (resuspension, mélange, enfouissement permanent) des sédiments récents. Il importe donc de quantifier, à l'échelle du système, l'importance de la masse sédimentaire mobile et son degré d'interaction avec les solides en suspension, ainsi que les zones où la sédimentation est permanente.

La masse sédimentaire mobile peut être définie comme la quantité de sédiment susceptible d'interagir directement avec la colonne d'eau durant un intervalle de temps donné. Cette masse sera essentiellement déterminée par le degré de resuspension des sédiments dans la colonne d'eau, et par leur degré de mélange. Le mélange peut être dû à des agents physiques (vagues, courants, glace) ou biologiques (benthos). Le mélange superficiel des sédiments est souvent traité comme un phénomène dispersif constant et analogue à la diffusion. Quant à elle, la resuspension directe des sédiments dépendra d'événements ponctuels saisonniers (crues, vents, croissance et déclin des macrophytes), et aussi d'événements plus rares tels les crues et les tempêtes exceptionnelles, qui pourront resuspendre ou mobiliser des masses plus importantes de sédiments. Il s'ensuit que la probabilité d'interaction entre les sédiments et la colonne d'eau diminue avec la profondeur d'enfouissement, et augmente avec l'intervalle de temps considéré. En d'autres termes, il n'existe pas une masse sédimentaire mobile unique car cette quantité est étroitement liée à l'intervalle de temps considéré (mois, années, siècles). La modélisation de la persistance des polluants sédimentaires dans le Saint-Laurent et le calcul des temps de résidence doivent donc s'appuyer sur une description quantitative de la probabilité d'interaction sédiment-colonne d'eau pour les principaux bassins sédimentaires du système. Plusieurs traceurs chronologiques naturels, ou introduits par l'homme au cours du dernier siècle, peuvent être utilisés pour estimer la fréquence et l'intensité des événements de remobilisation des sédiments.

2.0 OBJECTIFS

Il a été montré lors d'une étude préliminaire (Carignan, 1990) que certains marqueurs géochronologiques tels le ^7Be , le ^{137}Cs et le ^{210}Pb pouvaient être utilisés pour quantifier la resuspension et la sédimentation permanente dans le Lac Saint-François (voir aussi Santschi, 1986). On a pu mettre en évidence une sédimentation permanente et une resuspension négligeable sur les trois sites visités. Le but du projet décrit ci-bas est d'appliquer la même méthodologie à la quantification de la masse sédimentaire mobile et de la sédimentation permanente dans la portion du Saint-Laurent comprise entre les lacs Saint-François et Saint-Pierre, inclusivement. Le ^7Be sera utilisé pour quantifier la mobilité à court terme des sédiments lors de deux campagnes d'échantillonnage. Un marquage des sédiments superficiels au carbure de molybdène (MoC) permettra de distinguer la resuspension du bio-mélange (bioturbation). L'utilisation du ^{137}Cs , du ^{210}Pb et du Pb stable permettra d'estimer l'importance de la couche de sédiments mobiles à long terme (30-100 ans). Ces traceurs permettront également de quantifier la sédimentation permanente aux sites où elle se produit et de déterminer l'importance des macrophytes dans le piégeage des sédiments.

3.0 MÉTHODOLOGIE

3.1 Sites d'échantillonnage

Environ 25 sites d'échantillonnage seront choisis entre les lacs Saint-Louis et Saint-Pierre. Le transit annuel important de sédiments dans le lac Saint-Pierre (Hydrotech 1989) justifie une concentration des sites d'échantillonnage dans ce lac. Un total de 12 sites, répartis entre les bassins nord et sud du lac seront choisis. Trois à cinq autres sites couvriront les zones potentielles d'accumulation et de déposition des bassins du lac Saint-Louis et du bassin de Laprairie. Quelques sites seront localisés dans les régions de Varennes et de Contrecoeur. Enfin, certains sites profonds d'accumulation des sédiments seront recherchés, en particulier dans le Lac Saint-Louis, afin de reconstruire la chronologie de déposition des polluants; ces données historiques faciliteront l'interprétation les profils d'autres polluants trouvés dans les sites où il y a accumulation et érosion (mobilité) des sédiments.

3.2 Périodes d'échantillonnage

Une première série de carottes sera prise en juillet 1990. A cette occasion, et lorsque la vitesse des courants le permettra, les sédiments superficiels seront marqués au MoC par des plongeurs. Environ 200 m² seront marqués. La pénétration subséquente du MoC dans les sédiments nous permettra de distinguer la contribution de la resuspension et du bio-mélange comme facteur de mélange des sédiments superficiels, et ainsi d'interpréter les profils de ⁷Be de façon plus précise.

Bien que des carottes complètes seront prises, seul le ⁷Be sera mesuré après cette première sortie. Tous les sites seront identifiés au moyen d'une bouée sous-surface, et seront revisités en octobre 1990, après le déclin des principales espèces de plantes aquatiques. Cette deuxième série de carottes servira à la mesure du ⁷Be, Mo et des autres traceurs (¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb et Pb stable).

3.3 CAROTTAGE

Deux carottes sédimentaires seront prises à chaque visite et à chaque site. Puisqu'il n'existe aucun type de carottier léger assez versatile pour servir dans des sites où les courants, la profondeur et la texture des sédiments sont variables, les carottes seront prises par des plongeurs au moyen de tubes de 15 cm de diamètre. Un tel diamètre devrait suffire à réduire à des niveaux acceptables les problèmes usuels de raccourcissement des carottes et d'entraînement des sédiments par friction le long de la paroi qui se produisent lors du carottage. La longueur des carottes pourra varier de 10 à 100 cm selon l'épaisseur des sédiments meubles. Les carottes seront radiographiées sur place, puis sectionnées par extrusion à tous les 0,5 cm entre 0 et 2,5 cm, puis à tous les cm. Les sections seront mises dans des contenants en plastique et lyophilisées.

3.4 ANALYSES

Le ⁷Be et le ¹³⁷Cs seront déterminés sur des échantillons intacts de 20 à 40 grammes par spectroscopie gamma au moyen d'un détecteur au germanium de 200 cm³ avec une géométrie de 4n, et isolé par une enceinte de 10 cm de Pb-Cu-Cd. Dans certains cas, cette méthode permettra la détection directe du photon de 0,047 MeV du ²¹⁰Pb. Les activités de ⁷Be mesurées au lac Saint-François indiquent que tous les échantillons pourront être comptés dans un délai raisonnable (2 demi-vies du ⁷Be). Cependant, le nombre élevé d'échantillons demandera la mobilisation continue d'un spectromètre pendant une période de 10-12 mois.

Les sédiments (1 g) seront digérés séquentiellement avec HNO_3 , HClO_4 et HF . Une partie de la solution servira à la mesure du ^{210}Pb total par déposition spontanée du ^{210}Po sur disque d'argent et comptage par spectrométrie alpha. Le ^{210}Pb non supporté sera calculé en soustrayant l'activité due au ^{226}Ra de l'activité totale de l'échantillon (Benoît et Hemond, 1989). Une autre partie de la solution sera utilisée pour le dosage du Pb stable par absorption atomique.

3.5 RÉSULTATS

Les profils de ^7Be , ^{137}Cs , ^{210}Pb et ^{210}Pb stable seront présentés graphiquement et sous forme de tableaux. Les épaisseurs de mélange à court, moyen et long terme seront estimées pour chaque à partir des résultats obtenus pour chaque traceur. Les modèles de dispersion courants (ex: Robbins 1975; Robbin et al., 1979; Krishnaswami et Lal, 1978) seront utilisés, si nécessaire, pour calculer les coefficients de mélange des sédiments superficiels à partir des profils de ^7Be . Les profils de ^{137}Cs et ^{210}Pb permettront de distinguer les sites où les cycles de déposition-érosion prévalent de ceux où la sédimentation est permanente. A ces derniers sites, les deux mêmes traceurs permettront de calculer des taux de sédimentation par les méthodes usuelles (Appleby et Oldfield, 1978). Ces profils permettront de calculer l'épaisseur, la masse de sédiments mobiles ainsi qu'une fréquence de remobilisation sur une échelle de temps s'étendant entre une année et approximativement un siècle. L'interprétation des résultats pour les sites où la présence des macrophytes aura été observée, permettra d'établir l'importance de l'influence des plantes aquatiques sur le piégeage des sédiments. Ces résultats seront résumés dans une carte synoptique montrant les zones de remobilisation et de sédimentation permanente entre les lacs Saint-Louis et Saint-Pierre.

4.0 ECHEANCIER

Juillet 1990: Planification, achat du matériel requis, installation et optimisation du spectromètre gamma, choix définitif des sites d'échantillonnage en accord avec le CSL.

Juillet 1990: Première campagne d'échantillonnage, marquage des sites au MoC.

Août Détermination du ^7Be et ^{137}Cs des 25 premières
-septembre 1990: carottes.

Octobre 1990: Seconde campagne d'échantillonnage. Soumission
d'un rapport d'étape et financier.

Novembre 1990 Mesure du ^7Be , MoC , ^{137}Cs , ^{210}Pb et Pb dans les
- février 1991: carottes prises en octobre.

Février 1991: Soumission d'un rapport d'étape et financier.

Août 1991: Dépôt d'un rapport final.

5.0 PROFIL DE L'EQUIPE DE REALISATION

Dr. Richard Carignan	Responsable scientifique
Mme. Sylvie Desjardins	Responsable du laboratoire
Mme. Sylvie St.-Pierre	Technicien de laboratoire
M. René Rodrigue	Plongeur - technicien

6.0 RÉFÉRENCES

Appleby, P.G., et F. Oldfield. 1978. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported Pb-210 to the sediment. *Catena* 5: 1-8

Benoit, G., et H.F. Hemond. 1988. Improved method for the measurement of ^{210}Po , ^{210}Pb , and ^{226}Ra . *Limnol. Oceanogr.* 33: 1618-1622.

Carignan, R. 1990. Étude préliminaire sur l'utilisation des radio-isotopes et autres marqueurs chronologiques pour déterminer la dynamique et le temps de résidence des sédiments du lac Saint-François. Rapport soumis au Centre Saint-Laurent, avril 1990.

Bakins, J., et P. Morrison 1978. A new procedure for the determination of lead-210 in lake and marine sediments. *J. Appl. Radiat. Isot.* 29: 532-536.

Gleason, G. 1980. An improved ion exchange procedure for the separation of barium from radium. in W.S. Lyon, ed. *Radioelement analysis: Progress and problems*. p. 47-50, Ann Arbor Science.

Hydrotech, 1989. Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent. Rapport, 185 p.

Krishnaswami, S. et D. Lal. 1978. Radionuclide limnology. p. 153-177, dans: A. Lerman, ed., *Lakes, Chemistry, Geology and Physics*. Springer-Verlag.

Robbins, J.A. 1975. Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 39: 285-304.

Robbins, J.A., P.L. McCall, J.B. Fisher, et J.R. Krezoski. 1979. Effect of deposit feeders on migration of Cs-137 in lake sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.* 42: 277-287.

Roman, D. 1984. Electrodeposition of radium on stainless steel from aqueous solutions. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* 35:990-992.

Santschi, P. 1986. Radionuclides as tracers for sediment remobilization processes in the oceans and in lakes. p. 437-449, dans P.G. Sly, éd. *Sediments and water interactions*. Spriger-Verlag, N.Y.

FLEUVE SAINT-LAURENT

DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE
ET
BIOACCUMULATION CHEZ LES MACROPHYTES
DU
FLEUVE SAINT-LAURENT

ANNEXE III

PARTIE B:
BIOACCUMULATION CHEZ LES MACROPHYTES
DU
FLEUVE SAINT-LAURENT
Lac Saint-Pierre

Projet soumis dans le cadre
d'une convention entre:
Environnement Canada (Centre Saint-Laurent) et
L'Institut national de la recherche scientifique

1.0 PROBLÉMATIQUE

La dépollution du Saint-Laurent a été identifiée comme un objectif prioritaire par les gouvernements provincial et fédéral. La réalisation de cet objectif demande certaines connaissances préalables sur le bilan actuel, les apports et le devenir des substances toxiques présentes dans ce système.

Les herbiers de plantes aquatiques jouent un rôle important dans la dynamique des contaminants, directement par la bioaccumulation saisonnière de ces substances, et indirectement en influençant la vitesse du courant et donc la sédimentation et la resuspension de la fraction fine des sédiments en suspension (laquelle joue un rôle clé dans le transport de plusieurs contaminants). L'influence directe sera étudiée dans le cadre de ce projet.

La capacité des plantes aquatiques submergées à concentrer les métaux lourds est largement reconnue (CNRC, 1988). Dans le cas des contaminants organiques, les données sont moins nombreuses mais on s'attendrait à trouver des tendances similaires (Mouvet et al., 1986). Deux voies possibles existent pour l'accumulation des métaux lourds dans les parties vertes des macrophytes enracinés submergés: i) une assimilation directe à partir de la colonne d'eau, ou ii) une prise en charge à partir de l'eau intersticielle des sédiments, suivie d'une translocation verticale (acropète) des racines vers les parties vertes de la plante. Cette dualité de mécanisme s'opère aussi pour d'autres solutés (ex.: le phosphate), et les deux voies d'accumulation peuvent co-exister chez la même espèce.

Compte tenu de l'abondance apparente des macrophytes dans le lac Saint-Pierre, de leur capacité de bioaccumuler des contaminants, et de leur cycle annuel de croissance/sénescence/dormance, on ne peut négliger leur influence directe sur la dynamique des contaminants dans ce lac fluvial. On se doit de considérer leur rôle possible comme réservoir (saisonnier) des contaminants dans le lac Saint-Pierre en se posant les questions suivantes:

1. Quelles sont les quantités de contaminants accumulées et entreposées dans les macrophytes?
2. Constituent-ils un réservoir de contaminants significatif?
3. Qu'arrive-t-il à ces contaminants à la fin de la période de croissance? Sont-ils recyclés à l'intérieur des herbiers ou sont-ils plutôt exportés vers l'aval?

2.0 OBJECTIF

Couplé à des mesures de télédétection qui seront prises par le Centre Saint-Laurent sur le lac Saint-Pierre au cours de l'année 1990, ce projet a pour objectif d'évaluer la biomasse des plantes aquatiques submergées de ce lac ainsi que d'estimer leur contenu en métaux lourds. Les mesures étant recueillies près du maximum de biomasse saisonnier (fin juillet/début août) ainsi qu'à la période de sénescence de ces plantes (octobre), les données permettront d'estimer la capacité des plantes aquatiques submergées à bioaccumuler des contaminants et de déterminer le destin de ceux-ci à l'automne, c'est-à-dire à la fin de la période de croissance.

3.0 MÉTHODOLOGIE

3.1 TÉLÉDÉTECTION

Pour effectuer la cartographie quantitative des plantes aquatiques pour l'ensemble de la zone d'étude, les images aéroportées prises à l'aide du capteur MEIS-II, et fournies par le CSL, seront utilisées. Deux images, correspondant aux deux survols effectués, à la fin de juillet/début d'août et à l'automne, seront utilisées après que les données aient été traitées par le CSL.

3.1.2 Echantillonnage

Pour une estimation de la biomasse totale des macrophytes submergés du lac Saint-Pierre, étant donné la résolution des images obtenues par télédétection, 10 sites de 49 m² (7m x 7m) devront être localisés dans le lac, dans les herbiers reflétant le plus possible un gradient de densité, de l'herbier le moins dense à celui contenant le maximum de biomasse par unité de surface lacustre. Dans chacun de ces sites, 5 quadrats seront échantillonnés.

Afin de permettre la localisation adéquate de ces sites d'échantillonnage, un pré-échantillonnage aura lieu environ deux semaines avant la récolte des plantes pour localiser et estimer la densité des herbiers du lac Saint-Pierre.

Les périodes d'échantillonnage des macrophytes correspondront aux dates des survols aéroportés, soient:

- fin juillet/début août - biomasse maximale des plantes.
- octobre - période de sénescence des plantes.

Les mêmes sites de 49 m² seront utilisés pour les deux périodes d'échantillonnage.

Lors de l'échantillonnage de juillet/août, les plantes aquatiques submergées seront prélevées par des plongeurs alors que d'autres plantes à l'intérieur du site seront "marquées" (ex.: à l'aide de ruban phosphorescent). En octobre, il sera noté si les tiges et feuilles sont déposées au fond ou exportées vers l'aval. Également, des observations sur la dégradation "sur place" des parties vertes des plantes seront effectuées lors des deux périodes d'échantillonnage. Ceci permettra de suivre, au moins qualitativement, le destin des parties vertes des plantes à la fin de la période de croissance.

3.2 ANALYSES

3.2.1 BIOMASSE DES PLANTES

Toutes les plantes récoltées dans les 50 quadrats de 1 m² en juillet/août et en octobre seront:

- identifiées à l'espèce
- lavées
- séchées
- séparées entre parties vertes et parties souterraines
- pesées par espèce et par quadrat (séparément pour les parties vertes et souterraines)

Cela correspondra à 500 échantillons par campagne d'échantillonnage.

Les biomasse sera exprimée en gramme de matière sèche, par espèce et par quadrat.

Les parties vertes et souterraines des plantes devront être séparées pour dosage des métaux lourds dans chaque partie, afin de déterminer quelle proportion de la biomasse de la plante se perd avec le courant en octobre, et ce qui reste.

3.2.2 DOSAGE DES METAUX LOURDS DANS LES PLANTES

Les plantes récoltées en juillet/août et en octobre seront dosées pour leurs contenus en métaux. A la plupart des sites, on préparera des échantillons composites, par espèce et pour les parties vertes et souterraines, afin de réduire les coûts d'analyse. Cependant, à quelques sites, des spécimens (5) de chaque espèce présente seront analysés individuellement, pour permettre d'évaluer la variabilité intra site des concentrations de métaux chez les plantes (Campbell et al., 1985).

Plus de 150 échantillons individuels et 80 échantillons composites seront analysés pour les métaux suivants: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn., c'est-à-dire, ceux dont les concentrations totales dans les sédiments superficiels sont élevées (Hardy et al.,

Les sites d'échantillonnage, en plus de représenter un gradient de biomasse végétale, pourraient être idéalement localisés dans un gradient de contamination des sédiments, de moins contaminé à plus contaminé. Si les sites ne répondent pas à cette condition, d'autres plantes, à l'extérieur des sites, seront récoltées à des endroits stratégiques dans le lac, et analysées.

Les échantillons choisis seront traités selon les méthodes analytiques déjà mises au point et employées couramment dans les laboratoires de l'INRS-Eau

- broyage
- digestion à l'acide nitrique concentré (four aux micro-ondes)
- dosage pour les métaux lourds ci-haut mentionnés, à l'aide d'un spectromètre d'émission atomique au plasma (ICP) et lecture séquentielle des éléments.

Des échantillons témoins (blancs) ainsi que des étalons certifiés seront analysés sur une base régulière pour s'assurer de la précision et de l'exactitude des résultats analytiques.

3.3 TRAITEMENT DES DONNEES

A la fin de l'étude, on disposera de données de biomasse (valeurs distribuées sur la superficie du lac étudié) et de valeurs de concentration de divers contaminants dans cette biomasse (valeurs discrètes, par espèce et par site d'échantillonnage). L'intégration de ces deux types de données nécessitera l'application de techniques couramment utilisées en géostatistique, notamment le krigeage, afin d'attribuer à la biomasse qui se trouve entre des stations d'échantillonnage des concentrations de contaminants appropriées. Ces concentrations estimées seront caractérisées par un intervalle de confiance. Le travail sera réalisé avec l'aide du Dr. Kateri Guertin, consultant en géostatistique.

3.4 RESULTATS

Les résultats de biomasse et de concentration de métaux traces obtenus permettront de calculer la quantité de contaminants accumulés dans les macrophytes. La saisonnalité de l'échantillonnage permettra de décrire la dynamique des contaminants en fonction du cycle annuel de croissance/sénescence/dormance des macrophytes.

La cartographie de la répartition saisonnière des macrophytes et de la biomasse sera effectuée. Une carte synoptique des zones les plus contaminées et dynamiques sera également produite.

4.0 ÉCHÉANCIER

Juillet 1990:	Planification des campagnes d'échantillonnage.
Juillet 1990 - août 1990:	Première campagne d'échantillonnage.
Octobre 1990	Biomasse par espèce, par quadrat des plantes récoltées en juillet-août. Soumission d'un rapport d'étape et financier.
Décembre 1990	Cartographie quantitative des plantes au mois d'août.
Janvier 1991	Biomasse par espèce et par quadrat des plantes récoltées en octobre.
Février 1991	Cartographie quantitative des plantes au mois d'octobre. Contenu en métaux des plantes récoltées en juillet-août. Contenu en métaux des plantes récoltées en octobre. Soumission d'un rapport d'étape et financier.
Août 1991	Dépôt d'un rapport final.

5.0 PROFIL DE L'ÉQUIPE DE RÉALISATION

Dr. Peter G.C. Campbell	Responsable scientifique
Dr. Louise St-Cyr	Stagiaire post-doctoral
Mme. Sylvie Desjardins	Responsable du laboratoire
M. Bernard Veilleux	Technicien de laboratoire
M. René Rodrique	Plongeur - technicien
M. François Fournier	Plongeur - technicien
Dr. Kateri Guertin	Consultant (géostatistique)
Dr. Jean-Pierre Fortin	Professeur chercheur
M. Claude Blanchette	Professionnel (informatique)

6.0 RÉFÉRENCES

Campbell, P.G.C., A. Tessier, M. Bisson and R. Bougie (1985). Accumulation of copper and zinc in the yellow water lily, Nuphar Varieatum: relationships to metal partitioning in the adjacent lake sediments, can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 23-32.

CNRC (1988). "Biologically Available Metals in Sediments", Conseil national de Recherches du Canada, Comité associé sur les Critères scientifiques concernant la qualité de l'Environnement, rapport CNRC # 27694 p.

Hardy, B., J. Bureau, L. Champoux et H. Sloterdijk (1990). "Caractérisation des sédiments de fond du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent", Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent (sous presse).

Mouvel, C., P. Cordebar et B. Callissot (1986). "Évaluation de rejets de micropolluants minéraux (métaux lourds) et organiques (organochlorés) par dosages dans les mousses aquatiques", Société hydrotechnique de France, XIX^e Journées de l'Hydraulique, pp. III. 5.1 - III.5.8

