DFO - Library / MPO - Bibliothèque
14037307

Saint-Laurent
Vision 2000

Description des projets

1994-1998



Direction régionale
des sciences
Région du Québec

Édition 1994

JL
103
.F57
Q4251
1994
Ex.2

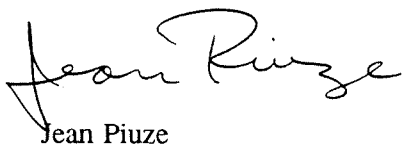
INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE • CENTRE DE RECHERCHE EN SCIENCES DE LA MER

Fisheries and Oceans

Canada

PRÉFACE

Ce document rassemble les descriptions des projets de recherche de la Direction régionale des sciences, ministère des Pêches et des Océans, Région du Québec, à l'Institut Maurice-Lamontagne, devant être réalisés dans le cadre du programme *Saint-Laurent Vision 2000* au cours de la période 1994-1998. Pour chaque projet, la première page présente une fiche résumé. Les pages suivantes en donnent une description plus détaillée. Ce document est mis à jour annuellement. Chaque fiche indique les coordonnées des responsables des projets avec lesquels on peut communiquer. Pour toute information générale, on peut contacter D. Le Sauteur (418 775-0656) ou G. Walsh (418 775-0577).



Jean Piuze
Gestionnaire responsable
(418) 775-0703

Liste des projets par volet

Biodiversité – Qualité des habitats côtiers

Guide d'identification du phytoplancton de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent 1
Catalogue-inventaire des invertébrés marins du Saint-Laurent 7
Établissement de trois stations de suivi de la diversité ichtyologique en milieu côtier dans l'estuaire du Saint-Laurent 13
Développement d'un modèle d'évaluation des impacts en milieu côtier 15
Radiations ultraviolettes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent: monitorage et effets sur les organismes du milieu marin 25

Béluga et autres mammifères marins

État du béluga dans l'estuaire du Saint-Laurent 37
Évaluation de l'état des populations de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent 45
Statut du phoque commun et autres pinnipèdes de l'estuaire du Saint-Laurent 51
Écologie alimentaire et comportementale des rorquals communs à la tête du chenal Laurentien et impact de l'écotourisme 59
Comité Béluga et Équipe de rétablissement 69

Impacts des contaminants

Effets des contaminants sur la santé des poissons 71
Transfert des contaminants du sédiment aux benthos et poissons de fond 79
Évaluation et surveillance de « nouveaux » contaminants dans le Saint-Laurent 89
Approche allométrique pour étudier l'incorporation, la concentration et le transport de composés organiques (e.g. contaminants) dans le réseau trophique du Saint-Laurent 97
Monitoring de l'environnement marin à l'aide de bioessais microbiens 105

État du milieu

Atlas des courants du fleuve Saint-Laurent 115
Mise en place d'un programme de monitorage pour suivre et évaluer l'état de l'environnement marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent 121
Modélisation et prévision du système du Saint-Laurent 135
Établissement d'un système de catalogage et sauvegarde des données biologiques (incluant les données historiques) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent 149

Coordination

Coordination du programme Saint-Laurent Vision 2000 155

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-342
VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats marins
TITRE : **Guide d'identification du phytoplancton de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : (418) 775-0542

CHARGÉE DE PROJET

Luci Bossé
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0669 Fax : (418) 775-0542

OBJECTIF

Réaliser un guide d'identification du phytoplancton du Saint-Laurent (macro- et micro-phytoplancton) afin de venir en aide aux chercheurs et gestionnaires de l'environnement qui ont besoin de cette information essentielle pour réaliser leur travaux sur l'évaluation de la qualité des habitats marins du Saint-Laurent.

SOMMAIRE

Il n'existe pas actuellement de guide d'identification général du phytoplancton présent dans le Saint-Laurent. Seul le travail de J. Brunel qui date déjà de 1962 peut être de quelqu'utilité, mais celui-ci couvre surtout les grosses diatomées (> 20 µm) qu'il a rencontré dans la baie des Chaleurs. Par ailleurs, il ne décrit pas une algue aussi importante que l'algue toxique *Alexandrium excavatum*. La main d'oeuvre technique (généralement non-initiée) qui est appelée à procéder à l'identification du matériel planctonique doit donc se référer à des monographies le plus souvent très anciennes et en langues étrangères, et qui en plus, contiennent des centaines d'espèces absentes de nos côtes. Ceci a pour conséquence d'augmenter la complexité du travail, d'en diminuer la fiabilité et de prolonger considérablement les échéanciers. Ce travail comprendra une description fidèles des diatomées, des dinophycées et des principaux représentants des microflagellés (i.e. chrysophycées, prymnésiophycées et cryptophycées). Il incluera aussi la description des principaux tintinides et protozoaires ciliés qui sont si importants pour le transfert de la production primaire (phytoplancton) aux producteurs secondaires (zooplancton). Il sera également accompagné d'illustrations représentatives, de clefs et de références bibliographiques permettant une identification rapide. Le travail exigera 4 années de travail assidus de la part de spécialistes dont la compétence sur la microflore du Saint-Laurent est reconnue. Les échantillons pour réaliser ce travail existent déjà dans les collections d'échantillons sauvegardés à l'IML ainsi qu'au Giroq.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

Publication d'un guide d'identification du phytoplancton du Saint-Laurent (volume/fascicules), qui sera à la portée de tous et qui comprendra dessins et illustrations en microscopie optique et électronique (selon le besoin), ainsi que des références et d'autres détails (e.g. taille et distribution) qui sont nécessaires pour faciliter l'identification de plus de 200 espèces planctoniques présentes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-342

VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats marins
TITRE : **Guide d'identification du phytoplancton de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

De plus en plus de travaux en milieu marin demandent que l'on procède à l'identification précise d'organismes phytoplanctoniques. Que l'on pense seulement aux études sur les algues toxiques (neurotoxines), sur la nutrition du zooplancton et des larves de poisson, de même que sur celle d'organismes filtreurs comme la moule et le pétoncle, par exemple, ou encore que l'on se réfère aux travaux plus fondamentaux sur la production primaire, sur la composition des communautés phytoplanctoniques et sur la biogéographie de ces communautés, il est essentiel dans ces études d'obtenir une identification précise et fiable des espèces phytoplanctoniques en cause.

Force est de constater qu'il n'existe pas actuellement de guide d'identification touchant les différents groupes d'algues planctoniques présents sur nos côtes. Seul l'excellent travail de J. Brunel qui date déjà de 1962 peut être de quelqu'utilité, mais il ne couvre essentiellement que les diatomées et les dinoflagellés de la baie des Chaleurs; il est par ailleurs très incomplet (e.g. il ne décrit pas *Alexandrium excavatum*, l'algue toxique la plus importante de l'Estuaire) et ne traite que des plus grosses formes (> 20 µm). De plus, tout le travail analysé dans cette étude ne provient que de traits de filets ce qui ne permet pas de déterminer leur abondance relative. À titre d'exemple, dans les travaux récents sur le phytoplancton qui ont été effectués à l'IML, la grande majorité des diatomées centrales rencontrées n'étaient pas mentionnées dans le travail de Brunel (plus de 75%). Présentement, la main d'oeuvre technique (comprenant souvent des techniciens peu initiés) qui est appelée à procéder à de telles identifications doit s'en référer à des monographies en langue étrangère parfois très anciennes, réalisées aux États-Unis ou en Europe avec tous les dangers d'erreurs que cela implique. Le travail devient alors d'autant plus fastidieux que l'on a alors à jongler avec des centaines d'espèces qui, très souvent, ne se rencontrent même pas dans nos eaux côtières. La complexité de la recherche en est augmentée d'autant, affectant directement la fiabilité des résultats. Ceci a pour conséquence de prolonger indûment les échéanciers de réalisation de certains projets.

Cette proposition vise donc la réalisation d'un guide d'identification du phytoplancton qui comprendrait le macro- et micro-phytoplancton. Les diatomées (principal composant du phytoplancton) et les dinophycées en particulier, de même que les principaux représentants des chrysophycées, des prymnésiophycées, etc., seront inventoriées; nous incluerons même les tintinides et certains protozoaires ciliés qui sont toujours négligés tant par les phyto- que par les zooplanctonologistes. On sait maintenant que ces ciliés jouent un rôle important pour le transfert du carbone dans la chaîne trophique. Les collections entreposées à l'IML et dans le laboratoire du Dr A. Cardinal (GIROQ, Univ. Laval) constitueront le matériel de référence de base. Du matériel frais provenant des missions océanographiques qui seront effectués dans le cadre des autres programmes de l'IML pourra également être utilisé.

Ce guide comprendra une description fidèle de chacun des taxons présents dans les eaux de l'Estuaire et du Golfe. Il comprendra entre autre des illustrations ou photos représentatives en microscopie optique et, au besoin électronique, des clés simplifiées pour orienter l'identification, des mesures de tailles, des cartes

de distribution, références bibliographiques, etc. Ce travail sera publié en un ou plusieurs volumes, sous la forme de fascicules ou feuillets dans un médium qui reste encore à déterminer.

La supervision générale du travail serait assurée par Luci Bossé, en collaboration étroite avec le laboratoire du Dr A. Cardinal (GIROQ, Université Laval) qui a proposé le projet et qui possède le matériel (microscope et échantillons) et l'information (publications anciennes et bibliographie spécialisée) nécessaires à la réalisation d'un tel travail. Son laboratoire peut compter sur la collaboration de spécialistes dont la compétence et la connaissance de la microflore benthique et planctonique marine du Saint-Laurent sont inégalées au Québec. Le projet pourra également compter sur la collaboration d'un spécialistes du Musée canadien de la nature à Ottawa, le Dr Michel Poulin. Il est à noter que l'équipe du Dr Cardinal possède déjà une bonne expérience de travail dans ce domaine puisqu'ils ont déjà fait paraître conjointement 11 publications sur les microalgues marines du Saint-Laurent.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Le travail s'échelonnera sur quatre années de travail et impliquera des consultations externes pour validation des identifications plus difficile. Il consistera tout d'abord à localiser et rapatrier les échantillons existants et à mettre sur pied des ententes afin d'obtenir du matériel frais lors des missions de l'IML dans les diverses parties de l'Estuaire et du Golfe, au cours des diverses saisons. Des cultures devront également être réalisées pour arriver à identifier les petits flagellés. Les échantillons seront examinés sous microscope inversé (ou électronique, selon le besoin), afin d'effectuer l'identification des espèces. Des photos et des illustrations seront alors effectuées. Des recherches bibliographiques intensives suivront pour valider toutes les identifications et pour déterminer la distribution des espèces dans l'estuaire et le Golfe. Un logiciel informatique pourrait être développé afin de faciliter le travail et de préparer les publications. Il est prévu que ce guide permettra l'identification de plus de 200 espèces planctoniques qui sont présentes dans le Saint-Laurent.

Les étapes de réalisation du travail seront les suivantes:

1993-94:
- Localisation et rassemblement des collections d'échantillons nécessaires;
- Montage et assemblage du matériel photographique;
- Entente d'utilisation de microscope électronique;
- Localisation et achat de logiciel et autre matériaux nécessaires à la réalisation du travail;
- Début de la recherche bibliographique;

1994-95:
- Préparation des échantillons pour montage de lames permanentes ou filtres;
- Examen microscopique d'échantillons sur lames ou filtres: localisation des espèces, photographies et illustrations, mesures de taille, vérification de la fluorescence, etc.;
- Mise en culture des petits flagellés pour identification;
- Début des recherches bibliographiques pour identification et distribution des espèces;
- Vérification et validation externe des identifications plus difficiles;

1995-96:
- Poursuite des travaux de l'année précédente;

1996-97:
- Fin des travaux d'identification;
- Montage de planches pour le guide;
- Rédaction des textes; montage des cartes de distribution;
- Préparation des fascicules pour publication;

1997-98:
- Édition finale et publication du guide d'identification.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

La réalisation de ce projet se fera dans le cadre du volet «Biodiversité» qui vise la conservation des ressources et des habitats marins. Plus spécifiquement, il vise l'évaluation de la qualité des habitats marins du Saint-Laurent en participant à l'inventaire de base des espèces d'algues phytoplanctoniques qui se rencontrent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Ainsi donc, ce guide remplira deux objectifs importants soit (1) de faciliter l'identification du phytoplancton pour ceux qui ont besoin de cette information, mais également, (2) de servir d'inventaire de base des espèces phytoplanctoniques présentes dans l'écosystème du Saint-Laurent. Les travaux futurs pourront se servir de cette information pour voir si des changements se sont produits dans cet écosystème (variations climatiques, contaminants, etc.) qui se sont traduits par des changements des communautés phytoplanctoniques.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

La réalisation de ce guide d'identification cadre parfaitement dans le développement en cours du programme de soutien océanographique à la gestion des ressources marines du Golfe.

BÉNÉFICES

Un tel ouvrage sera de la plus grande utilité pour bon nombre de projets à l'IML (Morue, homard, ÉFOP (JGOFS), algues toxiques, etc.) qui ont besoin d'information précise et fiable sur la composition des communautés phytoplanctoniques du Saint-Laurent. D'autres laboratoires comme ceux de Moncton, Halifax ou St. Andrews, ainsi que d'autres ministères fédéraux (e.g. Environnement et Parcs Canada) ou provinciaux (e.g. MAPAQ), ou des organismes universitaires peuvent également avoir un grand intérêt pour ce guide d'identification. Certains éléments de ce guide pourront également servir pour l'enseignement et pour le montage de pamphlets dans le cadre d'activités touristiques sur le Saint-Laurent. L'investissement pour ce guide bénéficiera donc à de nombreux clients internes et externes du MPO.

COORDINATION

La supervision générale du projet sera assurée par Luci Bossé en collaboration étroite avec le Dr A. Cardinal (au moyen d'un accord d'entreprise conjointe) qui a proposé le projet et qui possède le matériel, l'information et le personnel nécessaires à la réalisation d'un tel travail. Ils pourront également compter sur la collaboration du Dr M. Poulin, spécialiste des diatomées, du Musée canadien de la nature à Ottawa. Une grande partie des travaux devra être réalisée dans les locaux de l'IML car c'est à cet endroit que se trouve présentement entreposé une grande partie du matériel à analyser, de même que les facilités de culture pour l'identification des petits flagellés. C'est aussi à l'IML que se trouve le microscope électronique qui servira de façon régulière pour l'identification précise de certaines espèces.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Publication d'un guide d'identification du phytoplancton du Saint-Laurent (volume/fascicules), qui sera à la portée de tous et qui comprendra dessins et illustrations en microscopie optique et électronique (selon le besoin), ainsi que les références, de même que d'autres détails (e. g. taille et distribution) qui sont nécessaires pour faciliter l'identification de plus de 200 espèces planctoniques présentes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	9.3	40.0	41.8	40.0	54.0	185.1
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						0.0
	Total	9.3	40.0	41.8	40.0	54.0	185.1
Autres ($ K)***		2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	22.0

JUSTIFICATION DU BUDGET

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
Personnel de recherche et fournitures	9.3	40.0	41.8	40.0	34.0	**165.1**
Voyages et divers*	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	**22.0**
Frais de publication du guide d'identification	Nil	Nil	Nil	Nil	20.0	**20.0**
TOTAUX	**11.3**	**45.0**	**45.0**	**45.0**	**70.0**	**216.3**

* Frais minimaux qui seront défrayés à même les subventions personnelles de A. Cardinal (Laval) et de M. Poulin (Musée national)

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 101-94-2
VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats marins
TITRE : **Catalogue-inventaire des invertébrés marins du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Dominique Gascon
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0631 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉE DE PROJET

Luci Bossé
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0669 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

Terminer et publier un ouvrage listant, par zones géographiques et bathymétriques, toutes les espèces benthiques et planctoniques d'invertébrés marins répertoriées jusqu'à ce jour dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

SOMMAIRE

La seule publication existante sur le sujet est âgée de plus de 20 ans (Brunel, 1970) et contient moins de la moitié de la faune connue à ce jour dans nos eaux. Ce catalogue contiendra également des détails sur l'écologie, la distribution géographique et bathymétrique des espèces. Ce document servira de base à la caractérisation biogéographique complexe, à cause des masses d'eau très différentes qui se superposent, de l'entité « estuaire et golfe du Saint-Laurent » inclus dans la province boréale de l'Atlantique. Une grande partie de la revue de littérature est déjà faite et une banque de données a été constituée. Il s'agit maintenant de compléter cette revue en dépouillant la littérature récente (1990 à aujourd'hui), de saisir l'information tirée de la littérature et de la collection de référence de l'IML et puis de mettre à jour la nomenclature scientifique; ce dernier point représente la plus grande partie du travail.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Banque de données sur Q&R contenant toutes les espèces répertoriées, la synonymie, la source de la mention, le lieu et la profondeur de capture.
- Publication d'un catalogue-inventaire (anglais-français) de toutes les espèces planctoniques et benthiques d'invertébrés marins connues jusqu'à ce jour dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (incluant le Saguenay).

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 101-94-2

VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats marins
TITRE : **Catalogue-inventaire des invertébrés marins du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

La biodiversité est définie, d'abord et avant tout, comme étant la connaissance des espèces composant un écosystème, les inventaires faunistiques en constituent donc les piliers. La seule publication existante répertoriant les invertébrés marins l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent est âgée de plus de 20 ans (Brunel, 1970); elle ne contient guère plus de la moitié des espèces connues jusqu'à ce jour et ne traite que des espèces benthiques. Il est urgent qu'un tel ouvrage soit rendu disponible pour permettre la divulgation de données et d'informations qui autrement ne sont pas accessibles. Le catalogue-inventaire proposé permettra ou facilitera l'accès aux données existantes, publiées et inédites, sur la composition de la faune benthique et planctonique de l'Estuaire et du Golfe. Ce document incluera également des notes sur la distribution géographique et bathymétrique ainsi que sur l'autoécologie des espèces répertoriées. Ce catalogue deviendra un document de référence pour une multitude de personnes (scientifiques, gestionnaire et techniciens) oeuvrant dans le milieu marin et pour tous les organismes impliqués et intéressés à la biodiversité canadienne et nord américaine. De plus, un tel ouvrage sera un point de départ à la caractérisation biogéographique complexe de l'entité «estuaire et golfe du Saint-Laurent» incluse dans la province boréale de l'Atlantique, complexité dû à la présence de masses d'eau à caractéristiques physico-chimiques très différentes qui s'y superposent. L'investigatrice du projet est la responsable des collections de référence de l'IML, Luci Bossé.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Le projet sera d'une durée d'un an et les objectifs en sont: de terminer et publier un catalogue-inventaire listant, par zones géographiques et bathymétriques, toutes les espèces benthiques et planctoniques d'invertébrés marins répertoriées jusqu'à ce jour dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Une grande partie de la revue de littérature a déjà été effectuée et une banque de données constituée; il s'agit donc maintenant de compléter cette revue en dépouillant la littérature récente (1990 à aujourd'hui), de saisir l'information tirée de la littérature et de la collection de référence de l'IML et puis de mettre à jour la nomenclature scientifique; ce dernier point constitue la partie la plus consommatrice de temps. La banque de données sur Q&R contenant toutes les espèces répertoriées, la synonymie, la source de la mention, le lieu et la profondeur de capture sera mise à jour. Cette banque, même si inachevée, est déjà fréquemment utilisée pour répondre à une multitude de demandes provenant de l'institut et de l'extérieur.

Un catalogue-inventaire sera publié dans les deux langues officielles, français et anglais, ce qui en permettra une diffusion plus large. Le public sera alors en mesure de constater la grande diversité animale qui peuple nos eaux marines et ce document deviendra un ouvrage de référence à plusieurs titres: taxonomie, gestion, biogéographie, biodiversité,... (J'ai été sollicitée à plusieurs reprises sur ce dernier sujet par différentes sociétés et institutions. L'absence d'un tel document se fait lourdement sentir.)

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet s'incorpore directement et sans ambiguïté possible au volet «biodiversité»; la biodiversité passant directement et premièrement par les inventaires faunistiques. Ce projet rejoint également les objectifs du programme «conservation des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent» puisqu'une bonne gestion des ressources et des habitats ne peut se faire sans une connaissance des éléments constituant ces habitats, c'est-à-dire en tout premier lieu les habitants de ces habitats: les espèces. D'autre part, un monitoring de la diversité écologique implique la considération de la diversité spécifique. Ainsi ce catalogue-inventaire sera des plus utiles, il constituera un point de départ ou sera complémentaire à tous ces objectifs.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Le projet couvre une partie du territoire sous la juridiction du MPO et la presque totalité du territoire couvert par l'IML. Le catalogue produit devient une source de données pour la description des habitats et des ressources ainsi qu'un ouvrage de référence pour les scientifiques et les techniciens oeuvrant dans le milieu marin. Ce même catalogue et la banque de données associée deviennent un outil pour répondre aux demandes adressées à la responsable des collections par les clients.

BÉNÉFICES

Contribue directement à une meilleure connaissance du Saint-Laurent laquelle est une condition *sine qua non* pour assurer adéquatement la conservation et la protection d'un milieu.

COORDINATION

Luci Bossé assurera la responsabilité et la coordination de ce projet qui sera réalisé avec l'assistance d'un(e) contractuel(le) et la collaboration du Dr Pierre Brunel de l 'Université de Montréal.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les données inédites et celles éparpillées dans la littérature scientifique seront rassemblées dans un même document et publiées pour divulgation (Bull. can. sci. halieut. aqua. ou Rapp. tech. sci. halieut. aquat. à déterminer!). La banque et le catalogue deviendront des outils de travail et de référence pour les personnes oeuvrant dans le milieu marin. Le catalogue servira également de source d'informations sur la biodiversité animale et pour la réalisation d'études biogéographiques.

RÉFÉRENCES

Brunel, P., 1970. Catalogue d'invertébrés benthiques du golfe Saint-Laurent recueillis de 1951 à 1966 par la station de biologie marine de Grande-Rivière. Travaux sur les Pêcheries du Québec no 32, 54 pp.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		40.0	10.0			50.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total		40.0	10.0	0.0	0.0	50.0
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

E&E ($K): 94-95

contrat de service = 33
voyages consultation archives = 3
(synonymie)
publication et distribution = 4

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 107-94-3
VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats marins
TITRE : **Établissement de trois stations de suivi de la diversité ichtyologique en milieu côtier dans l'estuaire du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Louise Savard
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0621 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Jean-Denis Lambert
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0575 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

Initier un suivi de la diversité ichtyologique en milieu côtier dans l'estuaire du Saint-Laurent.

SOMMAIRE

Au cours de la première année, des océanographes, des chercheurs et des biologistes de l'IML seront consultés afin de recueillir l'information nécessaire au choix de trois localisations pour l'établissement de stations de suivi ichtyologique à l'aide d'engins de pêche à fascine. Le choix tiendra aussi compte des aspects historiques, logistiques et humains. *A priori*, la répartition géographique pourrait toucher la région de Kamouraska, du Saguenay, de l'île Verte, de Sainte-Flavie, de Saint-Irénée ou de Sainte-Anne-des-Monts, etc. Des ententes contractuelles de coopération avec les pêcheurs sélectionnés seront établies et les données historiques qu'ils détiennent seront analysées par un biologiste contractuel. Les pratiques de pêche et les modalités d'échantillonnage des captures seront précisées dans l'entente, considération faite des pratiques usuelles des pêcheurs et des objectifs du suivi. Au cours du premier été, les activités de ces pêcheurs seront suivies par le coordonnateur scientifique et par une personne de la Section de la biostatistique. L'analyse des captures sera effectué par un biologiste contractuel. Par la suite, la responsabilité du renouvellement annuel des contrats, du suivi des activités des pêcheurs et de l'analyse des résultats seront confiées entièrement à une personne de la Section de la biostatistique. L'ensemble des objectifs et des méthodes d'échantillonnage et de traitement seront harmonisés, dans la mesure du possible, avec l'éventuel *Réseau conjoint de suivi ichtyologique dans le fleuve Saint-Laurent* projeté par le ministère de l'Environnement et de la Faune.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Mini-réseau de pêcheurs collaborateurs;
- Informations sur la diversité spécifique des poissons, l'abondance relative, la structure de taille, les saisons de capture ou de fraye, etc., et sur la variabilité inter-annuelle de ces paramètres;
- Base de données de référence de ces paramètres à des fins de comparaison et de monitorage;
- Rapports techniques sur le réseau et les méthodes de suivi, et sur les données historiques;
- Autres échantillons recueillis sur une base *ad hoc*.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		6.0	6.0	6.0	6.0	24.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	24.0
Autres ($ K)***							

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 301-93-5
VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Qualité des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Développement d'un modèle d'évaluation des impacts en milieu côtier**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Gordon Walsh
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0577 Fax : (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Daniel Gauthier
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0826 Fax : (418) 775-0542

OBJECTIFS

Développer un outil mathématique prédictif, à partir des mesures de terrain, de la relation entre les échelles d'hétérogénéité côtière et la circulation, le phytoplancton, le méroplancton et le benthos. Ce modèle sera utilisable à des fins de prédiction des impacts écologiques des grands aménagements côtiers (e.g. ports, jetées, quais).

SOMMAIRE

Notre recherche a pour but final de développer un outil mathématique utilisable à des fins de prédiction des impacts écologiques des grands aménagements côtiers (e.g. ports, jetées, quais). Nous émettons l'hypothèse qu'à grande échelle spatiale, la richesse et l'abondance des peuplements benthiques, mais aussi l'abondance du phytoplancton et du zooplancton (méroplancton), sont directement liées à l'hétérogénéité topographique côtière, les côtes hétérogènes donnant lieu localement à des peuplements abondants et vice versa. Deux approches seront utilisées pour atteindre nos objectifs: (1) une approche empirique à l'aide de laquelle nous testerons l'hypothèse d'un lien entre l'hétérogénéité côtière et les variations spatiales d'abondance des populations dans l'estuaire du Saint-Laurent, et à l'aide de laquelle nous étudierons les mécanismes d'action, puis (2) une approche mathématique basée sur la théorie des fractales, pour intégrer les résultats et développer un modèle prédictif du lien entre l'hétérogénéité côtière, les variables environnementales physiques, les ressources biologiques pélagiques et benthiques. Cette modélisation se veut prédictive et utilisable comme outil de gestion, entre autres pour mesurer l'impact des grands aménagements côtiers produisant des modifications dans le profil côtier, ou encore pour prédire les changements dans l'écosystème littoral associés à des changements dans le niveau de la mer, et qui sont susceptibles de modifier le profil côtier.

BIENS LIVRABLES

- Un modèle général prédisant l'impact des grands aménagements côtiers sur la circulation et les organismes côtiers;
- Une étude de faisabilité de l'utilisation de photos aériennes pour établir les relations entre l'hétérogénéité et certaines variables physiques et biologiques.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 301-93-5

VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Qualité des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Développement d'un modèle d'évaluation des impacts en milieu côtier**

JUSTIFICATION

Notre programme de recherche porte sur les mécanismes responsables des variations spatiales dans la structure des communautés littorales, et surtout sur des moyens théoriques et intégrateurs nouveaux pour prédire leurs variations dans l'espace littoral. Notre recherche a pour but final de développer un outil mathématique utilisable à des fins de prédiction des impacts écologiques des grands aménagements côtiers (e.g. ports, quais, jetées). Cet outil de gestion n'existe pas présentement. Les objectifs partiels suivants, correspondant aussi aux approches théorique et empirique privilégiées ci-après, sont visés: (1) tester l'hypothèse d'un lien entre l'hétérogénéité côtière, la richesse, la diversité (H') et l'abondance des espèces benthiques dominantes; (2) développer des modèles numériques de la circulation côtière associée à des profils côtiers de différentes hétérogénéités; (3) tester l'hypothèse d'une influence en cascade de l'hétérogénéité côtière sur la circulation, sur la rétention du phytoplancton et des larves méroplanctoniques (plancton temporaire), sur la fixation du benthos, sa croissance et éventuellement sa fécondité; (4) modéliser à l'aide des fractales, à partir de photos télédétectées, les relations entre les échelles d'hétérogénéité côtière et certaines variables physiques (e.g. salinité, température, turbidité, circulation) et biologiques pélagiques (e.g. phytoplancton); (5) développer un modèle prédictif à l'aide des fractales et à partir des données de terrain, des relations entre les échelles d'hétérogénéité côtière et la circulation, le phytoplancton, le méroplancton et le benthos.

Par ailleurs, dans un contexte appliqué, un outil de prédiction des impacts écologiques à grande échelle fait cruellement défaut, et nous croyons qu'une approche mathématique intégratrice, notamment l'utilisation de modèles fractal, permettant de modéliser l'impact de l'hétérogénéité sur l'hydrodynamique à différentes échelles spatiales (10 m à >100 km), et ses effets plus immédiats sur (1) l'abondance du phytoplancton littoral, (2) la rétention des larves méroplanctoniques (larves benthiques temporairement dans le plancton), (3) leur fixation sur les substrats, puis (4) sur les communautés benthiques littorales, nous permettra d'atteindre le but visé.

Notre programme de recherche combine les expertises d'un benthologue (E. Bourget, GIROQ, Laval), d'un planctonologue (J. Roff, Guelph), d'un océanographe physicien (G. Ingram, GIROQ, McGill) et d'un modélisateur spécialisé dans la modélisation des phénomènes environnementaux agissant à différentes échelles spatiales et temporelles (S. Lovejoy, McGill). La modélisation envisagée se veut prédictive et utilisable comme outil de gestion, entre autres pour mesurer l'impact des aménagements côtiers, générateurs de modifications dans le profil côtier. Les bénéfices du programme pour le Canada et ses gestionnaires sont présentés plus bas.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Nous émettons l'hypothèse qu'à grande échelle spatiale, la richesse et l'abondance des peuplements benthiques, mais aussi celle du phytoplancton et du zooplancton (méroplancton), sont directement liées

à l'hétérogénéité topographique côtière, les côtes hétérogènes donnant lieu localement à des peuplements riches et abondants et vice versa.

Les approches privilégiées. Deux approches seront utilisées pour atteindre nos objectifs: une approche empirique, à l'aide de laquelle nous testerons d'abord l'hypothèse d'un lien entre l'hétérogénéité côtière, la richesse, la diversité (H') et l'abondance des espèces benthiques dominantes et dans un deuxième temps un certain nombre d'hypothèses explicatives pour élucider les mécanismes (hydrodynamiques: Ingram, McGill; liens phytoplanctoniques et zooplanctoniques: Roff, Guelph) par lesquels l'hétérogénéité côtière agit sur les communautés benthiques (Bourget, Laval). Parallèlement à cette approche empirique, nous entendons utiliser une approche mathématique basée sur la théorie des fractales pour intégrer les résultats et développer un modèle prédictif du lien entre l'hétérogénéité côtière, les variables environnementales physiques et biologiques pélagiques et le benthos (Lovejoy, McGill). Les méthodologies de terrain (échelles de mesure, fréquences d'échantillonnage, etc.) sont donc conçues en fonction d'une éventuelle modélisation à l'aide des fractales. Lovejoy possède une expertise considérable dans la modélisation des phénomènes environnementaux à de grandes gammes d'échelles spatiales et temporelles.

Région d'étude. Ce programme de recherche se poursuivra dans l'estuaire du Saint-Laurent, une région tempérée nordique aux côtes rectilignes mais brisées périodiquement par des zones d'une plus ou moins grande hétérogénéité.

L'approche théorique

Notre prémisse de départ est que les écosystèmes peuvent être représentés comme des champs non linéaires interactifs. Même les écosystèmes les plus simples impliquent des structures interactives échelonnées sur une grande gamme d'échelles; de plus en plus d'études montrent que de telles structures sont souvent des fractales (e.g. 1). La généralité de ce résultat théorique est la conséquence de «l'invariance d'échelles» comme principe de symétrie dynamique. De telles symétries, très générales, peuvent être examinées dans le contexte de «l'invariance des échelles généralisées» (Generalized Scale Invariance) (GSI, [2,3,4,5,6,7]). théorique et empirique importante. Dans cette étude, les principaux champs physiques d'intérêt sont la topographie, le vent, le courant, la température (air et eau), la salinité, la turbidité et la radiation à plusieurs longueurs d'onde. Le principal champ biologique sera la densité de la chlorophylle, du méroplancton et du benthos. Une composante de base dans notre étude sera l'étude quantitative de ces champs sur une gamme d'échelles aussi étendue que possible dans le temps et l'espace. Les gammes d'échelles e.g. $\approx$ 10 m à $\approx$ 100 km dans l'espace et de 1 s à un ou plusieurs mois dans le temps sont particulièrement applicables.

Pour plusieurs objectifs, une technique que nous avons trouvé utile pour l'étude des champs atmosphériques pourrait être utilisée. Elle implique l'utilisation de données télédétectées (ou de données copieuses d'autres sources) pour obtenir une grande résolution des champs spatiaux et temporels; ceci peut nous fournir une information valable même si ces dernières sont seulement des données de remplacement corrélées pour le champ dynamique d'intérêt. Nous utiliserons des images disponibles (coastal zone color scanner) des zones côtières du Saint-Laurent à des échelles spatiales de 1 km ou plus, pour étudier la chlorophylle, les sédiments en suspension, les patrons de température, le profil côtier et la bathymétrie. Après discussions avec le Centre Atlantique, nous prévoyons qu'une analyse de 20 à 30 images sans nuages de la côte Est peuvent facilement être obtenues, dans la mesure où l'aspect temporel (date/mois-/année) n'importe pas. D'autres images de plus grande précision (images SPOT) seront étudiées pour des échelles plus fines (Ingram-Lovejoy). .Une autre méthode utilisée pour obtenir une grande gamme d'échelles avec un nombre relativement petit (e.g. quelques centaines de mesures (un nombre très compatible avec les mesures de certaines variables biologiques, e.g. le benthos) de mesures *in situ*, consiste

à échantillonner un ensemble fractal plutôt qu'un ensemble standard (i.e. une ligne ou un plan). Pour N mesures d'un ensemble de dimension D, la gamme d'échelles (λ) qui peut être couverte est $\lambda=N^{1/D}$.

L'approche empirique

Relations entre les échelles moyennes d'hétérogénéité (10 à 50 m) et la structure de la communauté benthique (Labo. Bourget).

On peut donc émettre l'hypothèse que l'hétérogénéité à moyenne échelle (de l'ordre de 10 à 20 m, indentations de la côte) influence directement la structure de la communauté benthique. Nous entendons (a) tester cette hypothèse, (b) examiner les mécanismes d'action, et (c) modéliser la relation entre l'hétérogénéité et la structure de la communauté benthique. D'abord, nous documenterons l'influence des échelles moyennes d'hétérogénéité sur la structure de la communauté à plusieurs sites littoraux comparables [n= 3 réplicats x 3 échelles (source d'hétérogénéité= pointes rocheuses de 10, 30 et 50 m), abondantes dans le littoral de l'estuaire du Saint-Laurent]. L'abondance des organismes, la richesse et la diversité H' de la communauté benthique, seront examinées à intervalles réguliers le long de 5 radiales intertidales perpendiculaires à la rive, et s'étendant de part et d'autre et à l'apex de la chaque pointe rocheuse. On peut aussi émettre l'hypothèse que l'hétérogénéité à moyenne échelle (10 à 50 m) influence non seulement l'abondance et la diversité, mais aussi la «performance» des espèces. Certains indices de «performance» seront mesurés directement sur le terrain le long des mêmes radiales (N. de larves fixées, taux de croissance et fécondité des espèces dominantes, e.g. *S. balanoides, M. edulis).*

Mécanismes d'action de l'hétérogénéité côtière sur le benthos: influences sur l'hydrodynamique, le phytoplancton, la répartition des larves méroplanctoniques et la fixation larvaire (Labos. Bourget, Roff, Ingram)

Nous voulons aussi identifier et élucider les mécanismes d'action de l'hétérogénéité à moyenne échelle sur la communauté benthique. Notre hypothèse est que l'hétérogénéité agit directement sur la communauté par l'entremise des modifications de la circulation au voisinage des côtes hétérogènes (voir section Aspects théoriques et approche générale). Selon cette hypothèse, les modifications (de vélocité et de structure) des courants influenceraient les patrons de fixation (via l'abondance locale des larves méroplanctoniques), les taux de croissance (via l'abondance locale de la nourriture phytoplanctonique) et éventuellement le potentiel et le succès reproducteur (des indices de «fitness») des espèces.

Parallèlement aux mesures sur le benthos, nous déterminerons donc l'effet de l'hétérogénéité à moyenne échelle sur (1): les patrons de circulation en amont et en aval de la perturbation de l'écoulement (promontoire, rochers épars, etc.) [Ingram] (2): l'abondance des particules en suspension ; (3) l'abondance des larves méroplanctoniques (Roff et étudiants) sur des cycles de marées de 12,4 h par marées de vive-eau et de morte-eau (4): la fixation larvaire (Bourget et étudiants): (abondance et richesse) (5): la croissance et la fécondité [le succès de la reproduction étant impossible à mesurer pour des organismes à dispersion larvaire, dans l'Estuaire Outre la modélisation à l'aide des fractales prévue pour englober aussi les échelles moyennes d'hétérogénéité, une modélisation numérique du lien entre les échelles moyennes d'hétérogénéité, la circulation, le temps de résidence des eaux, est prévue. Celle-ci fera appel à une technique similaire à celle de Geyer et Signell [8],

L'hétérogénéité côtière à grande échelle (> km): influence sur les communautés biologiques et mécanisme d'action (Bourget, Roff, Ingram)

Influence sur la communauté benthique: observations de terrain. Dans un premier temps, nous testerons l'hypothèse d'un lien entre l'hétérogénéité côtière à grande échelle (> km), la richesse, la diversité (H')

et l'abondance des espèces dominantes. Nous déterminerons des zones de forte, de moyenne et de faible hétérogénéité. Les zones d'études seront sélectionnées au hasard *a priori* pour études biologiques et physiques poussées. Richesse diversité, abondance seront étudiées.Tel que précisé plus haut l'analyse fractale peut s'accommoder de ce genre d'irrégularités dans l'échantillonnage. Le plan d'échantillonnage sélectionné permettra la mesure des effets de l'hétérogénéité côtière par ANOVA (sources de var.: régions, échelles d'hétérogénéité, interactions) en plus, donc, de se prêter à une modélisation à grande échelle à l'aide des fractales.

Influence sur la communauté benthique: mécanismes d'action. Parallèlement, nous voulons déterminer et modéliser les mécanismes par lesquels l'hétérogénéité à grande échelle influence les communautés littorales. Tout comme pour l'hétérogénéité aux autres échelles, nous émettons l'hypothèse que l'hétérogénéité agit directement sur la circulation et sur l'abondance des organismes benthiques via le temps de résidence des masses d'eau, de la nourriture phytoplanctonique et des larves méroplanctoniques au voisinage des sites hétérogènes. Nous émettons l'hypothèse qu'à grande échelle ces variables agiront aussi sur la croissance et la fécondité des organismes. Nous testerons donc ces différentes hypothèses directement sur le terrain.Ces études porteront sur (1) la circulation à différentes distances de la côte eu égard aux stades du cycle de marée, et notamment en marées de vive-eau et de morte-eau 2) l'abondance et le temps de résidence du phytoplancton à différentes distances de la côte et à différentes profondeurs [mesures en continue par fluorométrie, facilitant une éventuelle modélisation à l'aide des fractales], (3) les variations spatio-temporelles dans l'abondance et le temps de résidence du méroplancton dans la zone d'étude. Ces déterminations couplées à des expériences (contrôlées) sur la fixation méroplanctonique et la croissance des organismes épibenthiques fixés à différentes distances de la côte le long des radiales d'étude et notamment en amont, à la hauteur et en aval des zones hétérogènes et non-hétérogènes, nous permettront de tester les hypothèses d'un lien entre la fixation proportionnelle au temps de résidence des masses d'eau et des larves, d'une croissance proportionnelle au temps de résidence des masses d'eau et du phytoplancton et enfin de modéliser la cascade d'événements physiques et biologiques découlant de l'hétérogénéité. Ces résultats seront utilisés dans la modélisation à plus grande échelle.

Étapes et plan d'exécution

Année 1

- Constitution des banques de données de température, de turbidité, de chlorophylle a des eaux de surface à partir d'images satellites et études de «scaling» à l'aide des fractales;
- Étude d'étalonnage à partir des banques de données physiques et biologiques existantes pour le littoral estuarien (e.g. Demers et al. 1987. Limnol. Oceanogr.: 32: 327-339; Demers et al. 1989. Mar. Biol. 100: 393-399: 180 jours, 4 x par jour Chlore. a, temp. Sal., NO3, PO4, SiO4; production 1x par jour);
- Été et automne 1994: première campagne de mesures de l'effet de l'hétérogénéité sur les patrons de circulation, le phytoplancton, le méroplancton, la fixation, la croissance et la fécondité dans l'estuaire du Saint-Laurent (1 station, 2 échelles d'hétérogénéité: moyenne et grande);
- Compléter l'étude des relations entre les échelles d'hétérogénéité, l'abondance, la diversité et la richesse du benthos littoral (terrain été , analyse des données automne 1994 et hiver 1995);
- Compléter l'analyse préliminaire de tous les résultats de terrain.

Année 2

- Compléter un article sur la relation entre l'hétérogénéité côtière, l'abondance et la diversité du benthos littoral.

- Compléter les travaux de terrain se rapportant aux effets de l'hétérogénéité sur les patrons de circulation, le phytoplancton, le méroplancton etc... en étendant à d'autres stations dans l'Estuaire (été 1995);
- Courantométrie acoustique doppler (ADCP) pour décrire les effets des petites échelles d'hétérogénéité sur la circulation tidale;
- Compléter l'analyse du matériel de 1995;
- Développement du modèle numérique aux données physiques;
- Appliquer la théorie des fractales aux données recueillies en 1994 et développer une modélisation préliminaire.

Année 3

- Compléter l'analyse des données physiques et biologiques et rédiger les articles portant sur les mécanismes;
- Appliquer la théorie des fractales à l'ensemble des données récoltées dans les deux régions d'étude. Compléter la modélisation de l'ensemble des résultats obtenus aux différentes échelles spatiales et temporelles;
- Rédaction des articles sur les implications pour la gestion et l'aménagement du littoral .

BIENS LIVRABLES

(1) Une évaluation de l'effet de l'hétérogénéité sur la richesse (S), la diversité (H') et l'abondance des espèces benthiques dominantes dans l'estuaire du Saint Laurent; (2) Modèles numériques de circulation côtière eu égard au profil côtier; (3) Une évaluation de l'effet de l'hétérogénéité côtière sur la rétention du phytoplancton et des larves méroplanctoniques (zooplancton temporaire), sur la fixation du benthos, sa croissance et éventuellement sa fécondité; (4) Une étude de faisabilité de l'utilisation de photos aériennes pour établir les relations entre l'hétérogénéité et certaines variables physiques et biologiques; (5) Un modèle général prédisant l'impact des grands aménagements côtiers sur la circulation et les organismes côtiers; 6) une présentation annuelle d'une conférence scientifique à l'Institut Maurice-Lamontagne; 7) un article annuel de vulgarisation scientifique à l'intention du grand public; 8) un rapport annuel d'avancement des travaux. Tous les articles scientifiques seront soumis à des revues internationales avec jury.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000 ET LE MPO

Le programme de recherche soumis ci-haut permettra au Canada de se doter d'un outil de gestion pour évaluer les impacts potentiels des moyens et grands aménagements côtiers. Dans ce sens notre programme touche plusieurs aspects du mandat du SLV 2000 et du MPO, notamment il vise aussi le développement d'outils (modèles mathématiques et hydrodynamiques de la circulation) nécessaires pour assurer un développement durable ou la gestion des côtes, particulièrement du Saint-Laurent et de leurs ressources végétales et animales. Notre programme vise donc à accroître la capacité des gestionnaires de prédire, protéger et conserver les ressources multiples et variées et de comprendre les relations entre ces ressources et les facteurs environnementaux.

Les principaux utilisateurs de l'outil que nous entendons développer sont les gestionnaires d' Environnement Canada, de Pêches et Océans et différentes firmes de consultants travaillant à l'évaluation des impacts des grands aménagements côtiers au Canada et à l'étranger. L'outil de gestion que nous proposons de développer n'existe pas. Le projet sera mené conjointement par des spécialistes provenant

de trois universités en collaboration avec le Ministère des Pêches et Océans et Environnement Canada et le secteur privé (Roche, Groupe conseil, Le groupe Shooner environnement, Atlantic Remote Sensing Centre).

BÉNÉFICES

D'abord le programme vise à développer des outils de prédiction des impacts des grands aménagements côtiers (e.g. ports maritimes, jetées, travaux majeurs de remblayage) ayant des répercussions sur le profil des côtes et l'écosystème côtier, précisément ceux pour lesquels aucun outil conceptuel ou mathématique n'existe pour déterminer leur impact. Notre approche est totalement nouvelle et laisse entrevoir de nouvelles possibilités dans la gestion des aménagements et des ressources côtières. À titre d'exemple, nous croyons qu'une modélisation adéquate pourrait permettre de prédire les changements de productivité côtière advenant un changement dans le profil des côtes, par exemple, à la suite d'un relèvement isostatique ou encore d'un changement dans le niveau de la mer. Dans ce sens notre réussite doterait le Canada d'une expertise et d'un outil de prédiction environnementale très précieux, et qui n'existent pas présentement.

COORDINATION

Dans le cadre du projet D. Gauthier agira comme coordonnateur. E. Bourget et J. Roff superviseront conjointement tous les aspects d'océanographie biologique et Bourget coordonnera la logistique (bateau, résidences, véhicules, etc.), Ingram assurera l'interface entre l'océanographie physique et biologique. Lovejoy assurera l'analyse préliminaire et le couplage harmonieux et la compatibilité entre les designs de terrain, les observations et la modélisation. Le traitement des données sectorielles sera fait dans chaque laboratoire, en harmonie avec les besoins des autres laboratoires. Un des rôles dévolus aux chercheurs post-doctoraux, outre la supervision rapprochée des travaux des étudiants gradués sur le terrain, sera précisément d'assurer une compatibilité et une circulation des données dans les laboratoires participants. Nous avons consulté plusieurs gestionnaires et chercheurs du secteur public (MPO, J. Boulva, direction, IML; S. Demers, océanographie, et M. Fréchette, Gestion des ressources; Lynn Cleary, Écosystèmes, Environnement Canada, Centre Saint-Laurent; S. Labonté, Gestion des espèces commerciales au MPO), dans le but d'obtenir leur input sur la présente demande et d'obtenir leur participation ou celle de leur organisme aux différentes phases de l'élaboration du modèle, de manière à ce que ce dernier réponde bien aux besoins de gestion. De la même manière, nous avons obtenu l'input de plusieurs firmes privées diverses, incluant le Atlantic Centre for Remote Sensing of the Oceans, un consortium privé de R & D comprenant quelque 60 organisations, dont 70% sont du secteur privé.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Outre les rencontres entre chercheurs,qui prendront place dans le cadre de cette recherche, nous avons l'intention de réunir l'ensemble des participants dans ce programme 2 fois par année à l'université McGill. À cette occasion, nous inviterons les principaux intervenants gouvernementaux à prendre connaissance de l'avancement de nos travaux à participer activement à nos travaux et discussions. Nous transmettrons une copie des articles produits aux principaux intervenants et prévoyons la rédaction d'articles adressant spécifiquement l'utilisation des outils développés dans le contexte appliqué de la gestion et des études d'impact. Au cours de la dernière rencontre, en plus d'assister à des exposés oraux, nous tiendrons un atelier consacré à l'utilisation du modèle dans le cadre d'études d'impact.

RÉFÉRENCES

[1] Mandelbrot. 1982. The Fractal Geometry of Nature. Freeman, N.Y. 465 pp. [2] Schertzer & Lovejoy. 1985a. Phys.-Chem. Hydro. J. 6:623-635. [3] Schertzer & Lovejoy. 1985b. Turb. Shear Flow 4:7-33. Launder (ed.) Springer, N.Y. [4] Schertzer & Lovejoy. 1987a. Annales Math. du Que. 11:139-181.[5] Schertzer & Lovejoy. 1987b. J. Geophys. Res. 92:9692-9714. [6] Schertzer & Lovejoy. 1989. In: Pietronero (ed.). Nonlinear variability in geophysics: multifractal analysis and simulations. Fractals: Their physical origins and properties. Plenum Press, N.Y., 49-79. [7] Schertzer & Lovejoy. 1991. Scaling, Fractals and Non-Linear Variability in Geophysics. Kluwer. 318pp. [8] Geyer & Signell. 1990. J. Geophys. Res. 95: 3189-3197.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		30.0	15.0			45.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total	0.0	30.0	15.0	0.0	0.0	45.0
Autres ($ K)*** CRSNG		264.5	261.5	237.5			

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

Les sommes mentionnées dans la rubrique «Autres» ont déjà été obtenues du CRSNG (CRSNG-stratégique). Les fonds de 45 K du programme SLV 2000 serviront à l'achat de matériel divers (préparation de mouillages divers, panneaux, réparations), la location d'un véhicule de terrain, l'achat de gazoline pour le bateau et les véhicules et l'achat de matériel et le remplacement d'équipements divers. Les sommes déjà obtenues ne couvriront pas l'ensemble des dépenses qu'exigera la mise en oeuvre du programme.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 203-94-300
VOLET : Biodiversité
PROGRAMME : Conservation des ressources et des habitats marins
THÈME : Évaluation de la qualité des habitats
TITRE : **Radiations ultraviolettes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent: monitorage et effets sur les organismes du milieu marin**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Jeffrey Runge
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0676 Fax : (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Choisir et installer des stations de monitorage pour mesurer les niveaux de **R**adiation **U**ltra-**V**iolettes (**RUV**) sur terre et sous la surface de l'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent;
- Déterminer les effets des RUV et de sa variabilité sur la production et la mortalité du zooplancton (*Calanus*) et des oeufs et larves de poisson (morue et capelan) et sur le comportement de ces larves (doit être financé par une autre source);

SOMMAIRE

On pense aujourd'hui qu'un accroissement significatif des niveaux de radiation UV à la surface de la Terre résulte de la diminution de l'épaisseur de la couche d'ozone atmosphérique. Par ailleurs, un nombre croissant d'études indiquent que cet augmentation dans les niveaux de RUV serait dommageable pour les organismes aquatiques, se traduisant en une perte nette de productivité biologique pour les écosystèmes marins. Ces résultats impliquent que l'exposition accrue des organismes aquatiques aux RUV a des impacts comportementaux et physiologiques significatifs qui augmenteront avec l'exposition. Les écosystèmes de l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent sont particulièrement susceptibles aux RUV parce que situés à hautes latitudes. Dans ces écosystèmes, les interactions proies-prédateurs impliquent le microplancton, le zooplancton et les larves de poissons (morue, capelan, sébaste et autres), qui passent une bonne partie de leur stage larvaire dans les premiers 25 m de la colonne d'eau. L'augmentation des RUV peut donc avoir un impact négatif important sur les processus qui contrôllent le recrutement de poissons commerciaux. Il n'existe présentement aucune information sur les niveaux de RUV pour les eaux de l'Est canadien, et rien n'est connu de leur impacts sur la biologie et le comportement des organismes dans l'écosystème du Saint-Laurent. Ce manque d'information représente une sérieuse lacune pour la capacité du MPO à prédire l'impact des changements climatiques, et en particulier, de l'augmentation des RUV sur les écosystèmes marins. Les objectifs mentionnés plus haut visent à répondre à ce besoin.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Base d'information sur les niveaux de RUV sur terre et sous la surface de l'eau à plusieurs stations dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (à partir de 1994);
- Modèle pour prédire les niveaux de RUV sous la surface de l'eau à partir des enregistrements terrestres (96-97);
- Méthodologie qui pourra être utilisée pour évaluer l'impact des RUV sur les organismes (93-97);
- Publications primaires et dissémination des résultats aux clients.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 203-94-300

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Radiations ultraviolettes dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent: monitorage et effets sur les organismes du milieu marin**

JUSTIFICATION

La hausse du rayonnement ultraviolet solaire incident est le résultat de la disparition de la couche d'ozone (Crutzen, 1992; Smith *et al.*, 1992; Kerr & McElroy, 1993; Madronich, 1993). Bien que cela ne soit pas généralement connu, le rayonnement UV pénètre dans la colonne d'eau à une intensité biologiquement active jusqu'à de grandes profondeurs : au moins 30 m avec les uvB (280-320 nm) et 60 m pour les uvA (320-400 nm) (Smith & Baker, 1979, 1989; DeFabo, 1992; Holm-Hansen *et al.*, 1993). Même dans les régions côtières et les lacs très productifs, le rayonnement ultraviolet pénètre dans l'eau sur au moins 20 m (Novales-Flamarique *et al.*, 1992; Novales-Flamarique & Hawryshyn, 1993).

Dans un nombre croissant d'études (pratiquement toutes sur les producteurs primaires), il est indiqué que tout accroissement du rayonnement uvB serait dommageable aux organismes aquatiques et pourrait réduire la productivité des écosystèmes marins (Holm-Hansen *et al.*, 1993; Vincent & Roy, 1993). De telles pertes de productivité attribuables aux UV ont été signalées chez le phytoplancton, les hétérotrophes et le zooplancton; ce sont les organismes clé au niveau intermédiaire des chaînes trophiques marines (Smith & Baker, 1989; Dehrenield *et al.*, 1993a, b; Gleason & Wellington, 1993; Helbling *et al.*, 1993; Herndl *et al.*, 1993; Kim & Watanabe, 1993). Bien qu'elles soient plus rares et très souvent vieilles, des études analogues sur les oeufs et les larves de poisson indiquent que l'exposition à des niveaux assez bas d'uvB accroît la mortalité; en retour, cela peut conduire à un moins bon recrutement dans les populations adultes des espèces commerciales (il peut aussi s'exercer des effets sublétaux) (Karansas *et al.*, 1981; Damkaer, 1982; Hunter *et al.*, 1982; Thomson, 1986). Plusieurs espèces de crustacés aquatiques et de poissons sont dotées de cellules photoréceptrices sensibles aux uvA qui participent à leurs comportements d'alimentation et d'orientation (Hawryshyn, 1992; Cronin, 1990; Browman *et al.*, 1993). C'est pourquoi tout changement dans le rayonnement UV incident, même à un niveau sublétal, peut avoir un important effet sur la physiologie et le comportement des organismes photosensibles au rayonnement UV (on pense notamment à l'alimentation et à la distribution verticale dans la colonne d'eau).

Puisque 1) les fluctuations du rayonnement UV incident sont le plus prononcées aux grandes latitudes (Smith *et al.*, 1992; Kerr & McElroy, 1993) et que 2) les plus importantes interactions biophysiques (qui déterminent la productivité) ont lieu dans la couche supérieure de la colonne d'eau dans les mers boréales, il s'ensuit que les écosystèmes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent sont particulièrement vulnérables aux fluctuations du rayonnement UV incident. Dans cette région, les interactions du type prédateur-proie impliquant le microplancton, zooplancton et les larves de morue, capelan et de sébaste, qui ont lieu dans les 25 m supérieurs de la colonne d'eau (Fortier *et al.*, 1992; Ohman & Runge, 1994; Runge & de Lafontaine, à paraître). Il est donc possible que les processus qui contrôlent le recrutement de ces espèces d'importance commerciale soient négativement affectés par un accroissement du rayonnement UV incident.

Nécessité de cette recherche dans le contexte des priorités scientifiques nationales et régionales

À l'heure actuelle, nous n'avons aucun renseignement sur l'intensité du rayonnement UV dans les eaux de l'est du Canada, sur ses effets et sur la biologie et le comportement des organismes marins et sur l'écosystème en général. Ces lacunes dans nos connaissances de l'intensité du rayonnement UV dans la colonne d'eau, ainsi que la sensibilité de la productivité des écosystèmes marins aux fluctuations du rayonnement UV, limitent considérablement la capacité de Pêches et Océans de prévoir les répercussions d'un changement climatique. L'urgent besoin d'étudier ces questions est maintenant admis internationalement (Calkins & Blakefield, 1986; Kelly, 1986; Titus, 1986; Worrest, 1986; PNUE, 1991; DeFabo, 1992; Atelier d'Environnement Canada sur les effets de l'accroissement du rayonnement uvB, avril 1993). Les objectifs de notre projet de recherche ainsi que les produits attendus viennent combler cette carence. Bref, le projet s'inscrit directement dans les priorités du MPO au niveau régional comme au niveau national, et il concourra à ce que le gouvernement fédéral s'acquitte de son mandat pour l'environnement.

Ressources disponibles, personnel qualifié et travaux complémentaires

La majeure partie de l'équipement et du soutien logistique nécessaire à l'atteinte des objectifs susmentionnés existe à l'IML ou dans les laboratoires des chercheurs avec lesquels nous comptons collaborer. Il ne manque que le spectroradiomètre à balayage submersible pour l'obtention de mesures précises et détaillées du rayonnement UV dans la colonne d'eau.

Notre groupe de recherche rattaché à l'IML est parfaitement qualifié pour mettre sur pied un programme efficace de recherche et de monitorage des effets du rayonnement UV sur les écosystèmes marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. J.A. Runge, dont la recherche est axée sur la production des espèces zooplanctoniques (p. ex. *Calanus*) dont on pense qu'elles sont au coeur des réseaux trophiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, est le pivot de l'équipe. M. Runge et ses associés ont le savoir-faire nécessaire pour mesurer la production zooplanctonique sur le terrain et en laboratoire (p. ex., Runge *et al.*, 1991), et ils participent présentement à des études complémentaires de cette nature (p. ex., Plourde et Runge, 1994). L'équipe qui s'occupe des consommateurs de premier ordre, compte H.I. Browman dont les travaux portent sur les interactions entre l'ichtyoplancton et le zooplancton et qui participe aussi à des études complémentaires d'évaluation des changements en fonction de la taille de la croissance et du mode d'alimentation des larves de morue. M. Browman a mis au point un dispositif vidéo et photographique d'enregistrement des silhouettes pour étudier les interactions entre le zooplancton et l'ichtyoplancton en laboratoire (p. ex., Browman et O'Brien, 1992). En outre, M. Browman a une vaste expérience de la physiologie et du comportement des poissons en fonction du rayonnement UV (Browman & Hawryshyn, 1992, 1994; Browman *et al.*, 1994). Comme nous le signalons dans la section qui porte sur la coordination, plusieurs autres scientifiques participeront à la recherche.

Conséquences si la recherche n'est pas entreprise et solutions de rechange

Il n'y a pas d'autre technique pour recueillir ces renseignements. À supposer que la recherche ne soit pas faite, le MPO n'aura pas les renseignements qu'il lui faut pour fonder ses décisions administratives en ce qui touche l'effet possible des fluctuations du rayonnement UV sur les pêches et la productivité des écosystèmes marins.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Objectif 1 : Implanter des stations de monitorage qui mesurent l'intensité du rayonnement ultraviolet, sur terre comme dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent

Puisque nous ne connaissons pas la pénétration du rayonnement UV dans les eaux de l'est du Canada, cet objectif vise avant tout à l'obtention de ses mesures. C'est pourquoi les caractéristiques spectrales du rayonnement solaire incident (éclairement énergétique), avec référence spéciale au rayonnement UV, seront mesurées en vue de l'obtention de profils complets de l'éclairement énergétique incident entre 280 et 800 nm, en fonction de la profondeur. Des mesures seront faites à la surface et à intervalles de 5 m jusqu'à la profondeur à laquelle il n'y aura plus assez de rayonnement pour que les instruments donnent des lectures fiables. Des mesures nycthémérales et saisonnières seront faites lors d'expéditions qui auront d'autres missions principales. Les instruments seront mis en place à des stations dans la partie centre-nord du golfe du Saint-Laurent (une aire d'élevage des larves de morue et de sébaste), dans la partie sud-ouest du Golfe (une aire de frai et d'élevage du hareng, de la morue et du maquereau) ainsi que dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent (un secteur de forte production zooplanctonique). Avec la collaboration d'Environnement Canada, des mesures analogues seront prises à des stations terrestres correspondant en latitude aux stations maritimes. Les données provenant des deux types de station seront corrélées pour créer un modèle prédictif pour que, dans l'avenir, l'éclairement UV dans les eaux de l'estuaire et du Golfe puisse être estimé à partir des mesures de stations terrestres. Afin de produire les données à partir de ce type de station, nous proposons d'exploiter une station d'enregistrement continu du rayonnement UV sur le terrain de l'IML. Nous continuerons de recevoir des données analogues recueillies aux stations d'Environnement Canada de la région. À l'IML, les mesures seront faites par le groupe de Runge avec la collaboration d'un scientifique embauché par marché de services.

Calendrier pour l'objectif 1

1993-1994 - Choix des stations terrestres et maritimes. Coordination avec Environnement Canada de la mise en place de l'équipement des stations terrestres. Mise en branle du processus de dotation du poste de scientifique.

1994-1995 - Achat et mise en place de l'équipement dans les stations terrestres et commencement de l'enregistrement des données sur le rayonnement UV. Coordination avec les directeurs des expéditions et planification de la mise en place de l'instrumentation UV maritime pour 1995-1996. Commencement de l'analyse des données recueillies par l'instrumentation terrestre.

1995-1996 - Achat du spectroradiomètre à balayage submersible. Cueillette des mesures UV préliminaires dans les eaux à proximité de l'IML. Mise en place du spectroradiomètre aux stations maritimes pendant des expéditions dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent. Analyse des données recueillies lors de la mise en place préliminaire de l'instrumentation maritime afin qu'on puisse s'en servir comme données de référence pour les expériences décrites aux objectifs 2 et 3.

1996-1997 - Commencement de l'analyse des données d'origine océanographique. Établissement de la corrélation entre les données terrestres et les données océanographique et développement d'un modèle prédictif en collaboration avec les météorologues d'Environnement Canada pour appliquer les mesures terrestres à l'estimation de l'éclairement UV dans la colonne d'eau de l'estuaire et du Golfe. Application d'un plan de mise en place d'une station UV près de l'IML et de cueillette et d'analyse des données d'entrée appliquées au modèle de rayonnement UV. Diffusion progressive des renseignements par l'entremise d'articles dans des revues scientifiques et des rapports.

1997-1998 - Fin de l'analyse et de la corrélation des données UV terrestres et maritimes. Production d'un modèle définitif servant à la prévision du champ de rayonnement UV sous l'eau à partir de mesures terrestres de routine. Parution d'articles dans des revues scientifiques spécialisées et dans des rapports. Diffusion des renseignements à la clientèle.

Biens livrables de l'objectif 1

1) Renseignements de référence sur l'éclairement UV incident et sur sa *variabilité*, dans les eaux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (1994-1997/1998).
2) Modèle pour prévoir l'éclairement UV sous l'eau à partir de mesures terrestres (1996-1997/1998).
3) Installation d'une station UV à enregistrement permanent près de l'IML afin de recueillir des données d'entrée pour alimenter le modèle de rayonnement UV (1997-1998 et plus).
4) Publications d'articles scientifiques et diffusion de résultats à la clientèle au moyen de rapports et d'articles de vulgarisation (1996-1998).

Objectif 2 : Évaluation des effets de l'intensité des uvB et de leur variabilité sur la production, la performance, la mortalité et les réponses comportementales du zooplancton (*Calanus*) ainsi que des larves et des oeufs de poisson (morue, capelan et sébaste).

À noter que dans la proposition actuelle, des fonds ne sont demandés que pour l'objectif 1 et que les résultats doivent être connus avant que les travaux en vue de l'objectif 2 ne soient entrepris.

Les résultats des travaux nécessités pour l'atteinte des deux objectifs seront coordonnés de façon à ce qu'on puisse évaluer les effets possibles à l'échelle de l'écosystème des fluctuations du rayonnement UV incident, et déterminer si un accroissement du rayonnement UV nuira au recrutement des stocks de poisson commerciaux.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

La recherche sommairement décrite ci-dessus fait partie du volet d'aide à la prise de décision du Plan d'action Saint-Laurent-2. Spécifiquement, les données produites dans le cadre de ce projet contribueront à l'évaluation et à la surveillance des écosystèmes (avec la collaboration d'Environnement Canada) ainsi que de l'état des ressources et de l'habitat marin du Saint-Laurent.

Nous nous proposons d'établir un programme de monitorage de l'intensité du rayonnement UV dans le Saint-Laurent qui nous apportera des renseignements précis et accessibles sur la qualité optique des habitats marins dans cette région. Ces données serviront de fondement aux éléments relatifs à l'estimation des impacts, dans le cadre du programme de recherche sur le rayonnement UV (c.-à-d. objectif 2).

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Cette proposition s'inscrit directement dans le mandat du Ministère de protéger la qualité de l'environnement marin et de conserver ses ressources vivantes. La recherche prévue dans le cadre de l'objectif 1 apportera les renseignements de base sur l'intensité du rayonnement ultraviolet dans les eaux de surface de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. La recherche qui se rapporte à l'objectif 2 (estimation des répercussions) apportera les renseignements scientifiques qui nous permettront de déterminer si les

changements prévus dans l'intensité du rayonnement UV nuisent à des processus essentiels qui influencent la productivité de l'écosystème pélagique et le recrutement chez le poisson.

BÉNÉFICES

Le premier objectif de ce programme de recherche procurera les bénéfices suivants : 1) production des premières mesures précises et accessibles du rayonnement UV incident dans la colonne d'eau de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, particulièrement dans les secteurs qui abritent des stocks d'espèces commerciales, et 2) production d'un modèle de prévision qui sera appliqué à l'estimation de champs lumineux sous l'eau dans cette région à partir de mesures routinières terrestres du rayonnement UV que fera continuellement Environnement Canada à une station située près de l'IML.

Le second objectif du programme de recherche, qui ne peut pas être entrepris avant que ne soient engagés les travaux en vue de l'objectif 1, aura les bénéfices suivants : 3) les premières évaluations des effets possibles de changements dans le rayonnement UV incident sur le zooplancton marin, les oeufs et les larves d'espèces commerciales de poisson et les interactions trophiques; 4) formation d'autres chercheurs (étudiants du second cycle et chercheurs de niveau post-doctoral), et 5) par conséquent, création de nouveaux instruments de gestion à l'intention des gestionnaires de l'habitat du poisson, qui pourront aider à établir des politiques et à évaluer plus efficacement et gérer plus économiquement d'importantes ressources.

COORDINATION

Environnement Canada (personne-ressource : Gérald Vigeant) fournira les résultats des mesures du rayonnement UV dans le secteur nord-est du Québec; par conséquent, ce ministère participe directement à l'atteinte de l'objectif 1. De plus, les résultats produits par la recherche faite dans le cadre de l'objectif 1 servira de fondement à la recherche destinée à l'atteinte de l'objectif 2 et à la recherche de l'équipe du F.C.A.R. sur les répercussions du rayonnement UV, équipe dirigée par Serge Demers par l'entremise du COR à l'U.Q.A.R. Un soutien à la recherche prévue dans le cadre de l'objectif 2 est demandé dans la proposition de subvention de l'équipe du F.C.A.R. (dans laquelle J. Runge est désigné chercheur principal). D'autres fonds pour la recherche de l'évaluation des répercussions seront sollicités dans le cadre du budget voté.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les données sur la mesure du rayonnement UV et le modèle de prédiction serviront aux estimations des répercussions possibles des fluctuations du rayonnement UV sur les ressources marines du réseau du Saint-Laurent. Les données seront diffusées sous forme de rapports et le modèle sera publié dans la littérature spécialisée et offert à la clientèle et aux gestionnaires sur demande.

RÉFÉRENCES

Behrenfeld *et al.* 1993a. Effects of ultraviolet-B radiation on primary production along latitudinal transects in the South Pacific Ocean. Mar. Environ. Res. 35: 349-363.

Behrenfeld *et al.* 1993b. Is there a common response to ultraviolet-B radiation by marine phytoplankton? Mar. Ecol. Prog. Ser. 102: 59-68.

Browman, H.I. & C.W. Hawryshyn. 1992. Thyroxine induces a precocial loss of ultraviolet photosensitivity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vis. Res. 32: 2303-2312.

Browman, H.I. & C.W. Hawryshyn. 1993. The developmental trajectory of ultraviolet photosensitivity in rainbow trout is altered by thyroxine. Vis. Res. 33: (in press).

Browman, H.I. et al. 1993. Ultraviolet photoreception contributes to prey search behaviour in two species of zooplanktivorous fishes. J. Exper. Biol. (in press).

Calkins, J. & M. Blakefield. 1986. An estimate of the role of current levels of solar ultraviolet radiation in aquatic ecosystems. pp. 211-235, In: Titus, J.G. (Ed.). Effects of changes in stratospheric ozone and global climate. Vol. 2. UNEP-USEPA.

Cronin, T. W. (1990). Visual pigments and spectral mechanisms in the Crustacea. In Frontiers in Crustacean Neurobiology. pp. 58-65, In: Wiese, K. et al. (Eds.). Birkhauser-Verlag, Basel.

Crutzen, P.J. 1992. Ultraviolet on the increase. Nature 356: 104-105.

Damkaer, D.M. 1982. Possible influences of solar UV radiation in the evolution of marine zooplankton. pp. 701-706, In: Calkins, J. (Ed.). The Role of Solar Ultraviolet Radiation in Marine Ecosystems. Plenum Press, NY.

DeFabo, E.C. 1992. Effects of increased ultraviolet radiation on biological systems. Proceedings of the UNEP-SCOPE Workshop.

Environment Canada. 1993. Report on the workshop on the effects of increased UV-B radiation.

Fortier, L. *et al.* 1992. Export production and the distribution of fish larvae and their prey in a coastal jet frontal system. Mar. Ecol. Progr. Ser. 85: 203-218.

Gleason, D.F. & G.M. Wellington. 1993. Ultraviolet radiation and coral bleaching. Nature 365: 836-838.

Hawryshyn, C. W. 1992. Polarization vision in fish. Amer. Scient. 80: 164-175.

Helbling, E.W. *et al.* 1992. Impact of natural ultraviolet radiation on rates of photosynthesis and on specific marine phytoplankton species. Mar. Ecol. Prog. Ser. 80: 89-100.

Herndl, G.J. *et al.* 1993. Major role of ultraviolet-B in controlling bacterioplankton growth in the surface layer of the ocean. Nature 361: 717-719.

Hunter, J.R. *et al.* 1982. Assessment of effects of UV radiation on marine fish larvae. pp. 459-493, In: Calkins, J. (Ed.). The Role of Solar Ultraviolet Radiation in Marine Ecosystems. Plenum Press, NY.

Holm-Hansen, O. *et al.* 1993. UVR and its effects on organisms in aquatic environments. pp: 379-425, In: Young, A.R., L.O. Bjorn, J. Moan & W. Nultsch. (Eds.). Environmental UV Photobiology. Plenum Press, NY.

Karansas, J.J. *et al.* 1981. Impact of UV-B radiation on the fecundity of the copepod *Acartia clausii*. Mar. Biol. 65: 125-133.

Kelly, J. 1986. How might enhanced levels of solar UV-B radiation affect marine ecosystems? pp. 237-251, In: Titus, J.G. (Ed.). Effects of changes in stratospheric ozone and global climate. Vol. 2. UNEP-USEPA.

Kerr, J.B. & C.T. McElroy. 1993. Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. Science 262: 1032-1034.

Kim, D.-S. & Y. Watanabe. 1993. The effect of long wave ultraviolet radiation (UV-A) on the photosynthetic activity of natural population of freshwater phytoplankton. Ecol. Res. 8: 225-234.

Madronich, S. 1993. The atmosphere and UV-B radiation at ground level. pp: 1-40, In: Young, A.R., L.O. Bjorn, J. Moan & W. Nultsch. (Eds.). Environmental UV Photobiology. Plenum Press, NY.

Novales-Flamarique, I. *et al.* 1992. The photic environment of a salmonid nursery lake. J. exp. Biol. 169: 121-141.

Novales-Flamarique, I. & C.W. Hawryshyn. 1993. Spectral characteristics of salmonid migratory routes from southern Vancouver Island (British Columbia). Can. J. Fish. aquat. Sci. (in press).

Ohman, M.D. & J.A. Runge. in press. Sustained fecundity when phytoplankton resources are in short supply: omnivory by *Calanus finmarchicus* in the Gulf of St. Lawrence. Limnol. Oceanogr.

Plourde, S. & J.A. Runge. 1994. Reproduction of the planktonic copepod, *Calanus finmarchicus*, in the lower St. lawrence Estuary: relation to the cycle of phytoplankton and evidence for a *Calanus* pump. Mar. Ecol. Prog. Ser.

Runge, J.A. 1985. Relationship of egg production of *Calanus pacificus* to seasonal changes in phytoplankton availability in Puget Sound, Washington. Limnol. Oceanogr. 30: 382-396.

Runge, J.A. & Y. de Lafontaine. in prep. Characterization of the pelagic ecosystem in the northern Gulf of St. Lawrence in early summer: the phytoplankton-*Calanus*-larval redfish interaction.

Smith, R.C. & K.S. Baker. 1989. Stratospheric ozone, middle ultraviolet radiation and phytoplankton productivity. Oceanography 2: 4-10.

Smith, R.C. & K.S. Baker. 1979. Penetration of UV-B and biologically effective dose-rates in natural waters. Photochem. & Photobiol. 29: 311-323.

Smith, R.C. *et al*. 1992. Ozone depletion: ultraviolet radiation and phytoplankton biology in antarctic waters. Science 255: 952-959.

Thomson, B.E. 1986. Is the impact of UV-B radiation on marine zooplankton of any significance? pp. 203-209, In: Titus, J.G. (Ed.). Effects of changes in stratospheric ozone and global climate. Vol. 2. UNEP-USEPA.

Titus, J.G. 1986. Effects of changes in stratospheric ozone and global climate. Proceedings of the UNEP-USEPA Conference (in four volumes).

UNEP. 1991. Environmental effects of ozone depletion: 1991 update. UNEP Panel Report.

Vincent, W.F. & S. Roy. 1993. Solar ultraviolet-B radiation and aquatic primary production: damage, protection and recovery. Envir. Rev. 1: 1-12.

Worrest, R.C. 1986. The effect of solar UV-B radiation on aquatic systems: an overview. pp. 175-191, In: Titus, J.G. (Ed.). Effects of changes in stratospheric ozone and global climate. Vol. 1. Proceedings of the UNEP-USEPA Conference.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)			40.0	40.0	40.0	120.0
	Cap. ($K)		145.0				145.0
	Sal. ($K)*		44.0	44.0	44.0	44.0	176.0
	ETP**		1	1	1	1	5.0
	Total	0.0	189.0	84.0	84.0	84.0	441.0
Autres ($ K)***			8.0	8.0	8.0		24.0

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

La majeure partie des fonds demandés servira à l'embauche d'un scientifique qui mettra sur pied le programme de monitorage avec la collaboration de MM. Runge et Browman. Cette personne sera responsable de la mise en place de l'équipement et des mesures du rayonnement ultraviolet en mer lors de toutes les missions car c'est une façon d'assurer la continuité et la comparabilité des données recueillies. Compte tenu de l'importance de ces projets, des autres projets dans lesquels les équipes de Runge et de Browman sont déjà engagées, ainsi que des coupures récentes et anticipées à l'IML, la main-d'oeuvre demandée est absolument essentielle à l'atteinte des objectifs de ce programme de recherche.

Les fonds en capital demandés serviront : 1) à l'achat des capteurs UV qui seront installés par Environnement Canada à des stations terrestres et 2) à l'achat d'un spectroradiomètre à balayage submersible qui sera optimisé pour la mesure du rayonnement UV. Cet équipement est essentiel à la réalisation du programme de monitorage.

Les fonds d'exploitation et d'entretien serviront à l'achat du matériel consommable nécessaire aux recherches.

1993-1994 - Fonds pour recruter un chercheur = 1K. Achat de matériel spécialisé et de matériel consommable nécessaires à la réalisation du programme de monitorage du rayonnement UV = 4K.

1994-1995 - Salaire d'un chercheur = 44K. Matériel spécialisé et matériel consommable pour le programme de monitorage du rayonnement UV = 7K. Achat des capteurs UV qui seront mis en place par Environnement Canada = 25K.

1995-1996 - Salaire d'un chercheur = 44K. Matériel spécialisé et matériel consommable pour le programme de monitorage du rayonnement UV = 6K. Achat d'un spectroradiomètre à balayage submersible pour la détection du rayonnement UV = 70K.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-2
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **État du béluga dans l'estuaire du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Richard Bailey
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0585 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Michael C.S. Kingsley
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0825 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Évaluer l'état de santé de la population de bélugas à l'aide d'études génétique et immunologique et d'autopsies de carcasses échouées;
- Améliorer les connaissances sur la taille, la tendance et la dynamique de la population, modéliser cette dynamique, définir les facteurs limitant et déterminer les taux de naissances et de mortalité;
- Déterminer le niveau de contamination dans la population de bélugas.

SOMMAIRE

La santé des bélugas vivants sera déterminée à partir d'un échantillonnage du sang et d'autres tissus de spécimens vivants et de l'étude du système immunitaire et de la diversité génétique. Ces informations seront comparées à celles provenant de populations arctiques. Les carcasses de bélugas échoués seront examinées par des biologistes à contrat. Des données biologiques de base seront prises et des échantillons de tissus et des dents (pour l'âge) seront prélevés pour l'estimation des taux de mortalité spécifique au sexe et à l'âge. La taille et la structure de la population seront déterminées à partir de photographies aériennes. Des bélugas seront marqués avec des émetteurs satellites pour étudier leurs mouvements et comportement de plongée et pour améliorer les facteurs de correction des inventaires aériens pour les animaux en plongée. Les teneurs en composés organochlorés seront mesurées dans les échantillons de tissus.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Évaluation de la santé de la population, détermination des causes de mortalité des jeunes, évaluation de la fonction immunitaire;
- Évaluation du statut génétique de la population;
- Modèle de la dynamique de la population, rapports et publications;
- Mise à jour pour l'évaluation du statut et la tendance de la population de béluga du Saint-Laurent; rapports, évaluation du statut COSEWIC, rapports et publications;
- Bilan sur l'état des bélugas du Saint-Laurent.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-2

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **État du béluga dans l'estuaire du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

Le béluga est une espèce qui réside à l'année dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Des études ont déterminer les concentrations de certains polluants dans les tissus provenant de carcasses échouées (Muir *et al.*, 1990; Wagemann and Muir 1984). De 1982 à 1991, la majorité des individus retrouvés morts sur les plages étaient âgés de plus de 20 ans (Béland *et al.*, 1992). Cependant, l'état physique et physiologique des individus en santé n'a jamais été évalué. Nous voulons capturer des bélugas vivants pour évaluer leurs systèmes immunitaires, leurs diversités génétiques et les concentrations d'organochlorés dans leurs tissus. Avec l'évaluation de ces paramètres, nous comparerons l'état physiologique de la population du Saint-Laurent à celui des populations de bélugas de l'Arctique chez qui des mesures similaires ont été faites. Parallèlement, des autopsies seront pratiquées sur les carcasses échouées et âgés de 20 ans et moins pour mesurer les concentrations tissulaires de certains contaminants et déterminer l'âge et le sexe spécifiques des individus retrouvés morts. L'étude des bélugas vivants et morts permet d'établir un vrai bilan des causes de mortalités associés aux bélugas du Saint-Laurent.

Ces monondocètes subissent les effets du développement industriel et de l'urbanisation associé au Saint-Laurent. En effet, des effluents provenant des industries et de l'agriculture s'écoulent dans le système hydrique du Saint-Laurent et dégradent la qualité de l'eau dans laquelle les bélugas vivent et se développent. Les données disponibles à ce jour suggèrent que le nombre de bélugas dans le Saint-Laurent est, au pis allé, stable et que son taux de croissance est faible (Kingsley, 1993).

Dans la phase 1 du PASL, un dénombrement de la proportion des juvéniles, aussi appelé les gris, a été effectué par le GREMM. Cependant, nous ne possédons aucune information pertinente sur le taux des naissances dont plusieurs personnes persistes à dire qu'il est très bas. Nos relevés aériens à haute altitude (1230 m) réalisés en 1992 ne supporte pas cette hypothèse (Kingsley, 1993). Le pourcentage de la classe d'âge 0--3 pour nos relevés aériens se situait à 29% alors que Burns and Seaman (1985) suggère que 27% de juvénile 0--3 ans représente une population normale. Ainsi, il apparaît qu'un relevé aérien à basse altitude (300 m) pour dénombrer la classe 0--3 ans permettrait une estimation plus juste du taux de naissance de la population des bélugas du Saint-Laurent.

Un des problèmes que nous éprouvons à bien estimer les individus d'une population par des survols aériens réside dans le calcul d'un facteur de correction pour évaluer la proportion des individus qui n'ont pas été photographiés. Au moment de la photographie d'une parcelle sur une section, plusieurs bélugas peuvent être en plongés à différentes profondeurs. Selon la turbidité de l'eau et les conditions de vent, nous serons en mesure de voir des individus à 1, 3, 5 mètres ou plus. Pour utiliser un facteur de correction adapté aux conditions de l'estuaire du Saint-Laurent, nous proposons d'effectuer des relevés de turbidité en utilisant un disque de secchi, des survols aériens expérimentaux avec l'utilisation de maquettes flottantes de bélugas à différentes profondeurs et l'utilisation d'émetteurs satellites pour enregistrer des profiles de plongées. Ces trois séries de données vont nous permettre de calculer un meilleur facteur de correction.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Année 2 (1994-95)

Poursuivre la cueillette des carcasses mortes qui s'échouent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Cette activité est réalisée en collaboration avec l'INESL. Des mesures morphologiques et des échantillons de dents serviront à déterminer l'âge et le sexe des carcasses. Des échantillons de tissus seront récoltés et préservés pour être analysés durant la dernière année du projet lorsqu'un nombre suffisant de carcasses auront été recueillis. De plus, un projet sera entrepris avec la coopération de l'INESL pour la capture de bélugas vivants dans le but de prélever des échantillons de sang pour déterminer l'état de santé des troupeaux de bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Biens livrables : Rapport annuel sur l'état des carcasses recueillies. Rapport annuel préliminaire sur l'état de santé des bélugas à partir des échantillons de sang.

Année 3 (1995-1996)

Survols aériens à basse altitude de l'estuaire maritime et moyen à la tête du chenal Laurentien pour évaluer la population de juvéniles et de nouveaux-nés. Poursuivre la cueillette des carcasses mortes qui s'échouent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et capture de bélugas vivants pour prélever des prises de sang. Ces deux projets seront réalisés en coordination avec l'INESL. Des échantillons de peau serviront pour des analyses génétiques, dans le but de déterminer les variations génétiques entre les bélugas du Saint-laurent et les bélugas provenant de l'est de la baie d'Hudson.

Biens livrables : Rapport préliminaire sur le taux de naissance de la population du Saint-Laurent. Rapports préliminaires sur l'état des carcasses recueillies. Rapport technique sur les variations génétiques entre les populations de bélugas du Saint-Laurent et de l'est de la baie d'Hudson. Rapport annuel sur l'état de santé des bélugas à partir des échantillons de sang.

Année 4 (1996-97)

Poursuivre la cueillette des carcasses mortes qui s'échouent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et les activités connexes décrites pour l'année 1. Poursuivre le prélèvement de tissus pour déterminer les concentration d'organochlorés. Des échantillons récoltés au cours des 2 dernières années seront analysés. Le projet de capture de bélugas vivants pour prélever des échantillons de sang et ainsi déterminer l'état de santé des troupeaux de bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent se poursuivra.

Biens livrables : Rapport annuel sur l'état des carcasses recueillies. Rapport annuel sur l'état de santé des bélugas à partir des échantillons de sang.

Année 5 (1997-98)

Survols aériens de l'estuaire maritime et moyen à la tête du chenal Laurentien pour évaluer la taille de la population des bélugas du Saint-Laurent. Capture de bélugas pour leurs fixer des émetteurs satellites et obtenir de l'information sur leurs déplacements et leurs profondeurs de plongées. Déterminer un facteur de correction plus précis dans le calcul des individus qui sont en plongés lors des recensements aériens. Poursuivre la cueillette des carcasses mortes qui s'échouent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et capture de bélugas vivants pour prélever des prises de sang. Ces deux projets seront réalisés par l'INESL. Analyser les concentrations d'organochlorés de tous les échantillons de gras prélevés sur les carcasses au cours des 4 dernières années.

Biens livrables: Rapports techniques finaux et/ou publications primaires pour l'ensemble des projets. Cartes de distribution du béluga du Saint-Laurent. Bilan sur l'état des bélugas du Saint-Laurent.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Le SLV 2000 est concerné par la santé de l'écosystème du fleuve Saint-Laurent autant dans sa partie fluviale et ses parties estuariennes. Le béluga est associé de très près, à tort ou à raison, à l'état de santé du Saint-Laurent.

Dans la région de la tête du chenal Laurentien, cet odontocète carnivore partage le sommet de la chaîne trophique avec d'autres mammifères marins. Étant donné la durée de vie prolongée du béluga, les individus de cet espèce peuvent accumuler dans leurs tissus des résidus chimiques transmis et concentrés à l'intérieur du réseau trophique.

Les renseignements obtenus sur le nombre de bélugas dans la classe 0--3 ans, l'état de santé et un facteur de correction plus précis pour l'estimation de la population sont nécessaires pour préciser certains concepts touchant le taux de naissance et l'accroissement de la population de béluga du Saint-Laurent. De plus, les analyses de sang, de tissus, de gras et de peau sont nécessaires pour interpréter les relations qui existent entre les concentrations de polluants dans l'estuaire du Saint-Laurent, la mortalité adulte et juvénile chez les bélugas, leur système immunitaire et les variations génétiques avec des populations connues comme celle de l'est de la baie d'hudson.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Le MPO a l'obligation de veiller à la protection des ressources marines selon la Loi des pêcheries et de conserver l'habitat du poisson avec le principe directeur qu'il n'y est aucune perte nette de la capacité de production des habitats. Selon ces directives, le MPO doit porter une attention spéciale aux populations de bélugas, qui depuis 1983 sont sur la liste des espèces menacées du Comité sur le statut des espèces menacés d'extinction au Canada. Cette étude va préciser le nombre de bélugas qui vivent et se développent dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. De plus, nous allons avoir un meilleur estimé du taux de naissance de cette population. Toutes ces informations sont requises pour la gestion de cette population et sa protection.

BÉNÉFICES

Les bénéfices de ce projet sont de compléter nos connaissances sur l'état de la populations de béluga du Saint-Laurent pour évaluer correctement l'influence des conditions actuelles de l'habitat sur la croissance et le développement des individus qui forment cette population. Les rapports et les manuscrits qui seront publiés à partir de ce projet de recherche constitueront les bases rigoureuses fondamentales pour la compréhension et la gestion de l'écosystème dans lequel se développe les bélugas du Saint-Laurent.

COORDINATION

Ce projet réunira plusieurs intervenants touchés par la situation des bélugas dans le Saint-Laurent. La coordination scientifique sera faite par M. Kingsley pour tous les aspects du projet. Pierre Béland et le groupe de l'INESL seront impliqués étroitement pour la capture de bélugas vivants. Les analyses

d'échantillons seront exécutés par des groupes experts provenant des milieux universitaires, gouvernementaux et privés.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats seront délivrés sous forment de rapports techniques et publications primaires selon l'originalité des résultats obtenus. Un rapport technique synthèse sera publié pour faire la synthèse de tous les résultats ce qui le rendra facile d'accès et pourra être aisément consulté par les gestionnaires concernés par les résultats. Tout au long du processus de recherche de ce projet il y aura communication de rapport préliminaire, annuelle et aussi présentation orale ou par affiche lors de colloque, symposium ou à la demande des clients. On entrevoit également la réalisation et la publication d'un bilan global sur l'état des bélugas du Saint-Laurent.

RÉFÉRENCES

Béland, P., S. DeGuise and R. Plante. 1992b. Toxicologie et pathologie des mammifères marins du Saint-Laurent. Rapp. Fonds pour la toxicol. faunique du Fonds mondial nat. 99 pp.

Burns, J.J. and G.A. Seaman. 1985. Investigations of belukha whales in coastal waters of western and northern Alaska. ll. Biology and ecology. Rep. Alaska Dept. Fish Game, Fairbanks, Alaska, Na 81 RAC 00049. 129 pp.

Kingsley, M.C.S. 1993. Census, trend, and status of the St Lawrence beluga population in 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1938. vi + 17pp. + Appendices.

Muir, D.C.G., C.A. Ford, R.E.A. Stewart, T.G. Smith, R.F. Addison, M.E. Zinck et P. Béland. 1990 Organochlorine contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from canadian waters, p. 165-190. In : T.G. Smith *et al* (éd.). Advances in research on the beluga whales, *Delphinapterus leucas*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224. Dept. Fisheries and Oceans, Ottawa, Canada.

Wagemann R., and D.C.G. Muir. 1984. Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation. Can. Tech. Rept. Fish Aquat. Sc. 1279, v + 97 pp.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	31.2	35.0	113.0	49.0	110.0	338.2
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*		11.0	11.0	11.0	11.0	44.0
	ETP**		0.25	0.25	0.25	0.25	
	Total	31.2	46.0	124.0	60.0	121.0	382.2
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

Année 2 (1994-95)

E & E	Contrat de cueillette de carcasses de bélugas	15k
	Analyse de sang de bélugas vivants	20k

Année 3 (1995-96)

E & E	Survols aériens à basse altitude	50k
	Achat d'émetteurs satellites	8k
	Contrat de cueillette de carcasses de bélugas	15k
	Contrat d'analyse de sang de bélugas vivants	20k
	Contrat d'analyse génétique de tissus de bélugas	20k

Année 4 (1996-97)

E & E	Contrat de cueillette de carcasses de bélugas	15k
	Contrat d'analyse de sang de bélugas vivants	20k
	Contrat d'analyse d'organochlorés dans les tissus de bélugas	14k

Année 5 (1997-98)

E & E	Survols aériens	50k
	Achat et pose d'émetteurs satellites sur des bélugas	35k
	Contrat de cueillette de carcasses de bélugas	15k
	Contrat d'analyse de sang de bélugas vivants	20k
	Contrat d'analyse de tissus de bélugas	15k

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-3
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Évaluation de l'état des populations de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Richard Bailey
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0585 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Michael C.S. Kingsley
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0825 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Évaluer le statut des populations des principales espèces de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent;
- Déterminer les agents de stress de ces populations (dérangement, pollution, captures accidentelles, pertes d'habitats);
- Recommander des mesures de gestion pour atténuer les stress sur les populations.

SOMMAIRE

- Des revues de littérature seront réalisées pour colliger l'information disponible sur la distribution et l'abondance des principaux cétacés de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent;
- Des méthodes de réduction des captures accidentelles des espèces vulnérables seront étudiées;
- Des inventaires aériens auront lieu à l'échelle du Golfe pour estimer l'abondance et la distribution du petit rorqual, du rorqual bleu, du rorqual commun, du marsouin commun, du dauphin à flanc blanc et du globicéphale noir de l'Atlantique.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Revue de littérature sur les cétacés du Saint-Laurent (94-95);
- Estimation des abondances et distributions des principaux cétacés (95-96 et 96-97);
- Rapports techniques sur l'état des populations des principaux cétacés (97-98);
- Bilan des connaissances sur les cétacés du Saint-Laurent (intègre le projet IML 113-94-5).

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-3

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Évaluation de l'état des population de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

La plupart des mysticètes sont des animaux de très grande taille qui vivent sans former de groupe à l'opposé des bélugas qui adoptent un comportement grégaire. Cependant, on ne possède que très peu d'information sur l'état des différentes populations de cétacés du Saint-Laurent et des interactions qui existent entre celles-ci dans l'écosystème du Saint-Laurent.

La chasse aux baleines dans les eaux canadiennes a cessé en 1972 et toutes les populations de cétacés ont sans doute augmenté depuis. Cet augmentation dans le nombre de grands cétacés génère des demandes de connaissances accrues sur le chevauchement des populations, l'alimentation des cétacés et les effets possibles sur les ressources halieutiques commerciales.

Plusieurs états côtiers de l'Atlantique Nord ont récemment fait part de leurs intérêts dans la gestion de certains stocks de cétacés indépendamment des résolutions de l'«International Whaling Commission». Le rôle du Canada dans ces discussions internationales à venir semblent important puisque l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent sont des sites estivales de développement et d'alimentation utilisés par plusieurs espèces de cétacés de l'Atlantique Nord. Il semble important que le MPO est une voix au chapitre international pour défendre sa propre gestion des stocks de cétacés qui évoluent dans ses eaux. Pour que sa crédibilité demeure reconnue, le MPO va devoir accroître ses connaissances sur le nombre, la distribution, et les déplacements des espèces de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Parallèlement, le nombre grandissant de gros cétacés qui fréquentent l'Estuaire moyen est non seulement une activité économique rentable pour les observations de mammifères marins, mais un outil de promotion touristique international pour plusieurs localités riveraines du Saint-Laurent, de Tadoussac jusqu'en Nouvelle-Écosse sans oublier les Îles de Mingan. L'industrie touristique qui encadre les visites guidées d'observation de baleines ne doit pas devenir une menace pour la ressource quelle utilise en modifiant le comportement des baleines et éventuellement servir à chasser les baleines de leurs habitats naturels.

Les petits cétacés, tel que le marsouin commun, sont vulnérables aux prises accidentelles dans les filets de pêche dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et l'on doit s'en inquiéter puisque l'on ne connaît pas la distribution et la dynamique des populations affectées. Une étude récente soutient que 1900 marsouins communs seraient tués chaque année dans les filets maillants des pêcheurs (Fontaine *et al.*, 1992). Le MPO est responsable de par son mandat de la protection de cette espèce. L'inquiétude du public et des groupes de pression écologistes à ce genre de situation peut provoquer des affrontements avec les pêcheurs qui à leur jetteront le blâme sur les mesures de gestions du MPO. Les mammifères marins qui s'échouent et demeurent vivant sur les rives de l'estuaire du Saint-Laurent ne sont pas des événements communs mais attire toujours une attention très forte du public qui attend une réponse rapide et efficace des autorités gouvernementales responsables de cette ressource.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Année 2 (1994-95)

Poursuivre les recherches visant à préciser l'incidence des prises accidentelles des marsouins communs par la pêche aux filets maillants et tester des moyens pour réduire la mortalité due à cette cause. Effectuer une recherche de littérature sur la distribution et l'abondance des cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Biens livrables : Rapport technique de la revue de littérature sur les mammifères marins. Une thèse de maîtrise sur l'étude des prises accidentelles de marsouins communs avec possibilité d'une publication primaire.

Année 3 (1995-1996)

Survol aérien général de tout le golfe du Saint-Laurent pour générer des estimations sur l'abondance et les tailles de populations des cétacés qui utilisent cet habitat. Ces dénombrements vont permettre de stratifier les recensements aériens subséquents, soient par région ou par espèces.

Biens livrables : Estimation préliminaire des abondances et évaluation des distributions des principales espèces de cétacés du Saint-Laurent.

Année 4 (1996-1997)

Survols stratifiés et dirigés à altitude choisie dans le Saint-Laurent, pour estimer le nombre et la distribution des cétacés suivants: le petit rorqual, le grand rorqual (baleine bleue), le rorqual commun, le marsouin commun, le dauphin a flanc blanc et le globicéphale noir de l'Atlantique (baleine pilote).

Biens livrables : Estimation des abondances et des distributions des principales espèces de cétacés qui utilisent l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent comme habitat.

Année 5 (1997-1998)

Survols ponctuels et limités, si nécessaires. Analyse des données et rédaction des rapports techniques.

Biens livrables: Rapports techniques sur l'état des populations de cétacés qui évoluent dans le Saint-Laurent. Bilan de connaissances sur les cétacés du Saint-Laurent.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Les projets de recherche sur les cétacés du Saint-Laurent ont pour but d'apporter des connaissances nouvelles sur l'état des populations. Le programme SLV 2000 vise la protection, l'assainissement et le rétablissement des écosystèmes du Saint-Laurent. Dans l'Estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent, les cétacés constituent un maillon important de la chaîne trophique et écologique. Depuis des décennies, il n'a eu aucune prise de données systématiques sur l'état des populations de cétacés pour l'ensemble du Saint-Laurent d'où un manque critique d'informations pour une saine gestion de cette ressource socio-économiquement très importante.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

L'industrie des croisières d'observation des mammifères marins est une industrie qui génère des revenus annuels brutes estimés à $8M/an. Notre manque de connaissance sur les activités des cétacés de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent ne nous permet pas de gérer cette ressource adéquatement. Dans le cadre d'une gestion durable des pêcheries nous devons estimer le nombre et la distribution de tous les cétacés, faire un suivi de ces populations et évaluer leurs taux de croissances. Les cétacés sont de grands consommateurs de biomasse marine. Ils sont des prédateurs sur d'espèces de poisson commercial, tels que le hareng et le capelan. Dans le cadre de sa mission, qui est en autre de fournir des données scientifiques permettant d'assurer le développement durable des ressources halieutiques, le secteur des sciences du MPO doit considérer toutes les variables qui peuvent influencer significativement ces ressources, incluant les études sur le dénombrement, la distribution et les habitudes alimentaires des mammifères marins.

BÉNÉFICES

Cette étude nous apporte des résultats nouveaux et originaux sur l'estimation des populations de cétacés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Les informations recueillies dans ce projet aideront les gestionnaires à mieux comprendre les interactions entre les différentes populations de cétacés et à mieux définir les mesures de protection ou de conservation qui régissent la plupart de ces espèces dans les eaux canadiennes.

COORDINATION

Les informations détenues par les ONGs, Parcs Canada et autres organismes ayant des intérêts pour les cétacés seront rassemblées sous la supervision du MPO. Cet effort vise à combler les banques de données sur l'état des populations de cétacés du Saint-Laurent.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Des rapports sur l'état des populations et des cartes sur la distribution des cétacés seront utiles pour mieux interpréter le fonctionnement de l'écosystème du Saint-Laurent dans son ensemble. Cet exercice vise à augmenter notre capacité de gérer cette ressource importante. La publication d'un bilan des connaissnces sur les cétacés du Saint-Laurent est également prévu.

RÉFÉRENCES

Fontaine P.M., C. Barrette, M.O. Hammill, M.C.S. Kingsley. Sous presse. Incidental catches of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the Gulf of St Lawrence and the St. Lawrence River Estuary, Québec, Canada. Rep. Int. Whaling Comm. Special issue.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		25.0	60.0	50.0	25.0	160.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*	14.1	11.0	11.0	11.0	11.0	58.1
	ETP**	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	1.1
	Total	14.1	36.0	71.0	61.0	36.0	218.1
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

Année 2 (1994-95)

E & E	Voyages pour les prises accidentelles	8k
	Contrat pour étude sur le terrain	13k
	Matériel pour le projet des prises accidentelles	4k

Année 3 (1995-96)

E & E	Survols aériens pour l'ensemble du Saint-Laurent	40k
	Contrat pour les observateurs	12k
	Voyages et déplacements	8k

Année 4 (1996-97)

E & E	Survols aériens stratifiés du Saint-Laurent	25k
	Contrat pour les observateurs	8k
	Voyages et déplacements	7k
	Bilan	10k

Année 5 (1997-98)

	Bilan	25k

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-4
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Statut du phoque commun et autres pinnipèdes de l'estuaire du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Richard Bailey
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0585 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Mike Hammill
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0580 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Accroître les connaissances sur l'état et la dynamique des pinnipèdes du Saint-Laurent;
- Déterminer la répartition saisonnière et les habitats privilégiés du phoques communs et gris;
- Mesurer la charge polluante des phoques pour examiner les transferts entre les niveaux trophiques.

SOMMAIRE

Trois espèces de pinnipèdes se retrouvent dans l'Estuaire du Saint-Laurent. Les tendances d'accroissement de ces populations sont très peu connues. Le phoque commun est le seul qui réside à l'année dans l'Estuaire mais aucune information n'existe quant à la taille de cette population, sa distribution saisonnière, ses habitats critiques, ses niveaux de contamination, l'intensité de sa chasse ou une possible compétition avec d'autres espèces. Cette étude vise à acquérir cette information. Les données sur les niveaux de contamination chez les phoques sont obtenues à partir du matériel déjà récolté, d'échantillons prélevés sur les phoques tués durant la chasse régulière et de biopsies sur des animaux. Les habitats critiques, la taille et la distribution du phoque commun seront établis par une combinaison de télémétrie et de recensements aériens et par bateaux afin de suivre des individus durant certaines périodes où les recensements sont impossibles (hiver) et procurer l'information nécessaire à l'élaboration d'un facteur de correction pour les animaux invisibles lors des recensements. Les recensements pour l'estimation de la taille de la population de phoques gris seront complétés en janvier (1994 & 1997) en utilisant la technique de marquage-recapture. Un recensement similaire pour le phoque du Groenland sera complété en mars 1994 à l'intérieur d'un autre programme.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Évaluation de la taille et la tendance d'accroissement de la population de phoques gris;
- Rapport sur les contaminants observés chez les phoques communs capturés en 1989;
- Rapport sur l'intensité de la chasse dans l'Estuaire;
- Estimation de l'effectif et la distribution saisonnière du phoque commun dans l'Estuaire;
- Rapport sur les niveaux de contaminants et l'accumulation saisonnière par les phoques gris et du Groenland dans la région du parc marin;
- Estimation de la taille de la population de phoques gris et de sa tendance d'accroissement;
- Rapport final et carte révisant les estimations de l'effectif pour les phoques gris et communs, les interactions entre ces espèces et l'effet de la circulation maritime sur leur comportement d'échouement;
- Bilan sur l'état du phoque commun et autres pinnipèdes du Saint-Laurent.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-4

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Statut du phoque commun et autres pinnipèdes de l'estuaire du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

Le phoque commun est le seul mammifère marin autre que le béluga qui réside à l'année dans l'Estuaire. Les phoques gris et du Groenland n'y sont vus que saisonnièrement. Le phoque commun pourrait être en déclin dû à la surexploitation, la compétition avec le phoque gris, la contamination ou la dégradation des habitats.

Le phoque commun est le seul pinnipède encore chassé pour lequel aucune information sur l'effectif n'existe. De plus, des mortalités massives en Europe et en Amérique du Nord reliées à des infections virales, et une reproduction réduite par la pollution dans d'autres régions, suggèrent que cette espèce est particulièrement sensible à la pollution et aux changements de l'habitat. Étant résident à l'année dans l'Estuaire comme le béluga, il est d'intérêt de comparer les niveaux de contaminants entre ces deux espèces afin de tester l'hypothèse que les mammifères marins du Saint-Laurent sont fortement contaminés. La vérification chez le phoque commun de l'Estuaire des résultats obtenus en laboratoire voulant que les contaminants agissent négativement sur la reproduction de cette espèce (Brouwer *et al.*, 1989; Reijnders, 1986; Ross *et al.*, 1993) permettrait une extrapolation de ces résultats à la situation des bélugas du Saint-Laurent. De plus, l'Association des chasseurs de la Côte-Nord suscitent le droit de poursuivre la chasse au phoque (dont le phoque commun) dans les limites proposée du parc marin du Saguenay. Malheureusement, l'information disponible présentement est insuffisante pour permettre l'évaluation de cette demande.

Cette étude vise à obtenir de l'information sur l'intensité de la chasse au phoque dans l'Estuaire, sur la répartition saisonnière, la taille et le taux d'accroissement de la population du phoque commun de l'Estuaire, sur l'identité des habitats qui lui sont critiques, sur une possible compétition avec le phoque gris pour la nourriture ou les sites d'échouerie et sur l'effet des plaisanciers et des excursionnistes sur le comportement d'échouerie des phoques. Cette information est nécessaire afin de déterminer si cette population peut continuer à être exploitée ou si des mesures de conservation de l'espèce ou de ses habitats doivent être entreprises. Les niveaux de contaminants du phoque commun et des visiteurs saisonniers (phoques gris et du Groenland) se doivent d'être établis pour déterminer s'ils posent un risque pour la santé des consommateurs de leur chair. Cette étude vise également à obtenir de l'information sur la taille des populations de phoques gris qui sont présentement en croissance, mais à un taux inconnu. Cette espèce, qui entre saisonnièrement dans l'Estuaire, pourrait compétitionner avec le phoque commun pour la nourriture et les sites d'échouerie. Les populations de phoques du Groenland sont présentement en croissance, mais la portion habitant le Golfe pourrait être affectée par la chasse. Les questions se rapportant à la taille de la population et les prises par la chasse sont présentées sous un autre programme. Le prélèvement d'échantillons sur des phoques vivants et échoués permettra de vérifier l'hypothèse que les niveaux de contaminants des animaux échoués sont représentatifs de ceux de la population vivante. Une nouvelle approche utilisant des isotopes stables (Hobson, 1993) pour obtenir de l'information sur le régime alimentaire peut être testée et vérifiée chez le phoque commun. Si cette technique fonctionne, elle pourrait être appliquée au béluga afin de fournir d'importantes données sur son régime alimentaire qui ne peuvent être obtenues par l'examen de l'estomac des bélugas échoués.

Ce projet comporte deux aspects. L'étude de base qui examine les populations, le régime alimentaire et les mouvements fournit des données importantes pour l'autre aspect du projet qui vise à déterminer la provenance des contaminants des phoques communs et leur patron d'accumulation avec l'âge des individus.

Si cette étude n'est pas complétée, il ne sera pas possible d'évaluer scientifiquement une demande visant à poursuivre la chasse au phoque commun dans la région proposée du parc marin. Un développement de l'économie (croisières aux baleines) et des activités récréatives estivales (développement immobilier et circulation maritime de plaisance) est prévisible, mais leur effet sur les phoques de l'Estuaire ne peut être évalué à moins que de l'information sur les habitats critiques, les mouvements et le nombre de phoques ne soit disponible. Très peu d'information est actuellement disponible (hormis pour le béluga) sur les niveaux de contaminants des mammifères marins de l'Estuaire. L'acquisition de cette information permettra d'obtenir une vision plus globale des niveaux de contaminants et leurs effets chez diverses espèces et permettra d'évaluer s'ils sont potentiellement dangereux pour la santé des consommateurs de leur chair.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Année I (1993-94)

Des survols aériens et la technique de marquage-recapture seront utilisés en janvier 1994 afin d'établir la taille et le taux d'accroissement de la population de phoques gris du Golfe. Acheter de l'équipement de télémétrie pour le travail au printemps.

Année 2 (1994-95)

Les données concernant l'intensité de la chasse seront recueillies à l'automne 1994. Les analyses de contaminants seront poursuivies chez le phoque commun à partir de petites biopsies de gras chez des animaux vivants et échoués, et chez des phoques gris et du Groenland à partir des animaux tués durant la chasse régulière. La capture des phoques communs vivants, les biopsies, et la pose d'émetteurs satellites, VHZ, et de *time-depth-recorders* procureront de l'information sur le régime alimentaire, sur le temps passé sur et près des sites d'échouerie (identification des habitats critiques) et sur les mouvements des phoques (ségrégation de la population), et leur distribution hivernale. Les animaux capturés seront anesthésiés. Nous procéderons à l'extraction d'une incisive pour la détermination de l'âge, à une prise de sang pour établir la condition générale de l'animal et son taux reproducteur. L'information sur le régime alimentaire sera obtenu par le lavage de l'estomac, l'analyse d'isotopes stables et de petites biopsies de muscle. Une étude de comportement effectuée près de Tadoussac et Bic permettra l'observation directe d'interactions entre les phoques gris et communs, et l'estimation de l'effet des plaisanciers et des excursionnistes sur le comportement d'échouerie des phoques. De plus, l'information sur le comportement d'échouerie (par les CHEZ, émetteurs satellites et *time-depth-recorders*) est nécessaire pour corriger l'effectif pour les animaux invisibles lors des recensements de phoques communs de 1995 et 1996.

Biens livrables:

1. Évaluation de la taille et la tendance d'accroissement de la population de phoques gris;
2. Rapport sur les contaminants observés chez les phoques communs capturés en 1989.

Année 3 (1995-96)

Les travaux entrepris en 1994-95 seront poursuivis afin d'obtenir un nombre suffisant de réplicats pour permettre de tirer des conclusions claires et sans équivoque. Des recensements aérien et par bateau seront effectués afin d'établir les habitats critiques, la taille et la distribution saisonnière du phoque commun.

Biens livrables: 3. Rapport sur l'intensité de la chasse dans l'Estuaire.

Année 4 (1996-97)

Poursuite des travaux de 1995 et 1996. Les recensements aérien et par bateau dans l'Estuaire visant à établir les habitats critiques, la taille et la distribution saisonnière du phoque commun seront répétés afin de vérifier la fiabilité de la méthode de recensement et la perfectionner s'il y a lieu. De même, le survol aérien et le marquage-recapture visant l'estimation de la taille de la population de phoques gris du Golfe seront également répétés.

Biens livrables:
4. Rapport comparant les niveaux de polluants de phoques communs vivants et échoués;
5. Estimation de la taille de la population de phoque gris et sa tendance d'accroissement;
6. Estimation de l'effectif et la distribution saisonnière du phoque commun de l'Estuaire.

Année 5 (1997-98)

Terminer l'analyse des contaminants recueillis chez les phoques échoués et tués par la chasse régulière.

Biens livrables:
7. Rapport sur les niveaux de contaminants et l'accumulation saisonnière par les phoques gris et du Groenland dans la région du parc marin;
8. Rapport final et carte révisant les estimations de l'effectif pour les phoques gris et communs, les interactions entre ces espèces et l'effet de la circulation maritime sur leur comportement d'échouement;
9. Bilan sur l'état du phoque commun et autre pinnipèdes du Saint-Laurent.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Les renseignements qui seront obtenus concernant la taille, la distribution et la tendance d'accroissement de la population de phoques communs, l'intensité de la chasse au phoque et les classes visées par celle-ci, ainsi que l'effet de la circulation plaisancière et des bateaux d'excursion sur les phoques, permettront de prendre de meilleures décisions quant au degré de protection qui doit être accordée à ce stock et ses habitats en vue d'un développement durable. La connaissance de la distribution annuelle du phoque commun de l'Estuaire et des habitats qu'il privilégie permettront une intervention plus lucide et plus efficace en cas de développement industriel ou de catastrophe environnementale. Les résultats concernant les niveaux de contaminants chez les phoques commun, gris et du Groenland, en plus de déterminer s'ils sont potentiellement dangereux pour la santé des consommateurs de sa chair, permettront d'établir si la situation observée chez le béluga du Saint-Laurent est singulière ou si elle s'étend à d'autres niveaux de l'écosystème.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Cette étude procurera une somme considérable d'information sur divers aspects de la biologie du phoque commun de l'Estuaire pour lequel très peu de données existent à l'heure actuelle. Cette étude fournira des données essentielles afin que les décideurs puissent intervenir de façon à assurer le développement durable de cette ressource. L'Association des chasseurs de la Côte-Nord revendiquent l'autorisation de poursuivre la chasse au phoque à l'intérieur des limites du parc marin. Les résultats issus de la présente étude devraient être suffisants pour permettre aux décideurs de se prononcer de façon lucide sur cette requête.

BÉNÉFICES

Cette étude procurera plusieurs outils de gestion. Une méthode efficace de recensement permettra de suivre périodiquement la taille et la distribution de la population de phoques communs et d'identifier de potentiels impacts du développement industriel (Parc marin du Saguenay ou autres) sur sa distribution et son abondance. La connaissance des habitudes alimentaires et des besoins énergétiques du phoque commun, des niveaux de contaminants qu'il transporte, et de la pression exercée par la chasse permettront une meilleure évaluation des facteurs pouvant limiter la croissance de cette population. Une nouvelle méthode afin d'examiner le régime alimentaire sera testée sur le phoque commun et pourrait éventuellement être appliquée au béluga du Saint-Laurent chez lequel les méthodes non invasives sont sans succès, et les méthodes invasives, non permises. Enfin, la vérification de la similarité des niveaux de contaminants relevés chez les phoques communs échoués avec ceux d'individus vivants permettra d'extrapoler plus assurément que les niveaux de contaminants enregistrés chez les bélugas échoués dans le Saint-Laurent reflètent de façon fiable ceux des bélugas vivants.

COORDINATION

Cette étude requiert la coopération de divers groupes, intérieurs ou extérieurs au gouvernement. L'échantillonnage et la capture des phoques seront complétés avec l'aide des chasseurs de la Côte-Nord (secteur privé). Parcs Canada (S. Dionne) participera aux recensements dans l'Estuaire. Les analyses de contaminants seront effectuées par le Dr R. Addison, MPO (région Pacifique). L'étude de l'écologie (mouvements, régime alimentaire et comportement) sera menée en collaboration avec le Dr K. Kovacs, U. de Waterloo. L'état de la population de phoques gris sera établi par le personnel du MPO.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Cette étude permettra de déterminer quel niveau de protection doit être accordé à la population de phoques communs de l'Estuaire. Les données concernant leurs mouvements permettront d'identifier les zones d'alimentation et d'hivernage importantes pour cette population et une meilleure gestion de ces secteurs. Les résultats concernant les niveaux de contaminants observés chez les diverses espèces de phoques permettront de déterminer s'ils peuvent affecter les populations, et comment. La méthode d'analyse des isotopes stables pourra éventuellement être appliquée au béluga du Saint-Laurent dont l'estomac est toujours vide lorsqu'il est retrouvé échoué, afin d'établir plus clairement son régime alimentaire.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	20.0	50.0	60.0	75.1	25.0	230.1
	Cap. ($K)		7.5	9.0	10.0		26.5
	Sal. ($K)*		11.0	11.0	11.0	11.0	44.0
	ETP**		.25	.25	.25	.25	1.0
	Total	20.0	68.5	80.0	96.1	36.0	300.6
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

Année I (1993-94)

E & E Recensement de population de phoques gris 15 k
télémétrie (VHF, TDR, éjecteur d'émetteur) 5 k Total 20 k

Année 2 (1994-95)

E & E Statistiques de chasse 2 k
analyses d'isotopes stables 4 k
émetteurs satellites 16 k
télémétrie 16 k
travail de terrain, capture 12 k
analyses de contaminants 5 k Total: 55 k

Capital Écran pour l'ordinateur 2 k
Station de réception 11 k

Année 3 (1995-96)

E & E survol aérien 6 k
émetteurs satellites 16 k
télémétrie 21 k
travail de terrain, capture 12 k
Analyses isotopes stables 5 k Total: 60 k

Capital Appareil Ultra Son 9 k

Année 4 (1996-97)

E & E survol aérien phoque gris 30 k
survol aérien phoque commun 5 k
émetteurs satellites 16 k
télémétrie 15 k
travail de terrain, capture 10 k
analyses isotopes stables 4 k Total: 80 k

Capital	ordinateur	8 k	
	logiciel	2 k	
Année 5 (1997-98)			
E & E	analyses isotopes stables	5 k	
	voyage	5 k	
	fin analyses de contaminants	15 k	Total: 25 k

Ajouter 11 k pour salaire (0.25 ETP), pour l'assistance sur le terrain chaque année.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-5
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Écologie alimentaire et comportementale des rorquals communs à la tête du chenal Laurentien et impact de l'écotourisme**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Richard Bailey
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0585 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉS DE PROJET

Michael C.S. Kingsley / Yvan Simard
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0825 / 0527 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Déterminer l'abondance et la répartition des rorquals communs (et autres grands rorquals) dans la région de remontée d'eau profonde à la tête du chenal Laurentien, et identifier les facteurs de contrôle;
- Estimer la concentration et la stabilité de la ressource proies ainsi que la dépendance des baleines;
- Évaluer les facteurs de dérangement et estimer la résistance des baleines au dérangement.

SOMMAIRE

L'abondance, la concentration et la répartition des proies, des rorquals et des caractéristiques hydroclimatiques seront monitorées pendant la période d'alimentation, au cours de missions hydroacoustiques régulières dans la région avec un navire de recherche et lors de recensements aériens. Les facteurs responsables de la génération et du maintien des concentrations de nourriture et de rorquals seront identifiés et incorporés à un modèle numérique prévisionnel. La dépendance des rorquals communs sur les différentes sources de nourriture sera également vérifiée par des analyses de la diète d'après la signature lipidique de biopsies. Les déplacements, la position et le comportement de rorquals communs seront suivis par télémétrie satellite. Les proies recherchées par les rorquals marqués seront monitorées par hydroacoustique pendant des périodes de suivi. Des navires d'observation des baleines seront sélectionnés et équipés de systèmes d'enregistrement de position et de cahiers de bord pour noter le nombre et la position des cétacés ainsi que la position des autres navires d'observation aux alentours. Le bruit sous-marin généré par les navires d'observation et par la navigation maritime sera enregistré et rejoué à des groupes de rorquals communs, dont le comportement et les vocalisations en condition de non dérangement auront préalablement été enregistrés, afin de mesurer l'effet du bruit sur le dérangement.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Description de la répartition et des déplacements des rorquals communs en réponse aux effets saisonniers, à l'achalandage des navires et la navigation maritime, à la concentration et l'abondance des proies et aux conditions hydroclimatiques;
- Identification, estimation et cartographie optimale des agrégations de proies et de leur variabilité aux sites d'alimentation;
- Estimation de l'effet des croisières d'observation; recommandations pour minimiser les effets sur les baleines.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 113-94-5

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Écologie alimentaire et comportementale des rorquals communs à la tête du chenal Laurentien et impact de l'écotourisme**

JUSTIFICATION

Depuis quelques années, une industrie d'observation des baleines s'est graduellement installée dans le Saint-Laurent à la tête du chenal Laurentien. Cette région est en effet visitée en été par une grande quantité de rorquals [1] qui y viennent pour s'y alimenter intensivement et cela, régulièrement depuis plusieurs siècles. Bien qu'il s'agisse de la ressource unique de cette industrie florissante, qui a des retombées majeures sur l'industrie touristique régionale et nationale, on ne connaît pas les causes exactes de ce rassemblement de baleines. On ne connaît ni la stabilité de la ressource utilisée par les baleines, ni les facteurs qui la contrôlent. À cet égard, l'assise de cette activité économique pourrait être bien précaire puisqu'on ne connaît pas les éléments clés du système qu'il faut protéger pour assurer un développement durable. De plus, on ne connaît pas également l'effet de dérangement de l'activité d'observation sur les rorquals eux mêmes, un impact potentiel dont même le public s'inquiète actuellement [2]*. Le présent projet vise à fournir les éléments d'information nécessaires pour répondre à ces questions, afin d'aider les différents intervenants dans la prise de décision concernant cette activité. Cette région fait également partie du premier parc marin canadien, le parc marin du Saguenay, et les ressources qui l'habitent sont à conserver plus particulièrement. Il est urgent que cette information soit récoltée, la stabilité et la durabilité d'un important créneau de développement économique régional et national en dépend.

Les principaux investigateurs du projet seront M. Kingsley, pour les questions concernant les mammifères, et Y. Simard, pour aspects traitant des proies. Des collaborateurs, de l'IML et d'autres groupes, se joindront pour des aspects spécifiques tels la modélisation numérique (F. Saucier) et les analyses lipidiques (J. Gearing). Les travaux réalisés dans ce projet complémenteront avantageusement les recherches effectuées par d'autres groupes sur cette région, notamment dans le cadre du parc marin du Saguenay. Ils sont en relation étroite avec les autres travaux du programme SLV 2000, notamment la modélisation de la circulation hydrodynamique du Saint-Laurent et les autres projets sur les mammifères marins. Le projet fait également appel à une collaboration avec l'industrie dans le déroulement de la recherche et la diffusion des résultats.

DESCRIPTION TECHNIQUE

1. Hypothèse de travail

L'hypothèse principale de travail est la suivante (voir [3] pour un résumé vulgarisé).

1. Les rassemblements estivaux de rorquals à la tête du chenal Laurentien dépendent des agrégations locales de nourriture importée dans la région, à partir de l'aval, par le courant estuarien de profondeur. La dynamique de ce système contrôle la stabilité de la ressource utilisée par l'industrie.

2. L'intensification de l'achalandage par les embarcations d'écotourisme interfère avec l'activité d'alimentation des rorquals et pourrait avoir un impact sur leur fréquentation de cette région unique, qui constitue un habitat critique pour eux. "

2. Résumé des connaissances

Un site d'alimentation (*feeding ground*)

Les rorquals qui visitent le golfe du Saint-Laurent en été viennent y réaliser une activité principale de leur cycle annuel, la reconstitution de leurs réserves énergétiques. Ils réalisent cette activité dans des régions particulières où leur nourriture est abondante et concentrée, des sites d'alimentation privilégiés (*feeding grounds*) qui sont revisités à chaque année depuis des siècles. La région de la tête du chenal Laurentien est un de ces sites [1].

Un site d'agrégation de nourriture macrozooplanctonique, krill et calanus

Cette région a la particularité topographique d'être l'extrémité amont du long chenal Laurentien qui connecte les bassins profonds de l'estuaire au golfe du Saint-Laurent et à l'Atlantique. La circulation typiquement estuarienne en deux couches du Saint-Laurent, évacue les eaux saumâtres de la nappe de surface vers l'Atlantique et pompe lentement vers l'amont les eaux profondes du chenal [4,5,6,7]. Ceci est le moteur de l'agrégation de nourriture recherchée par les baleines dans cette région. La circulation profonde transporte vers l'amont les adultes des crustacés macrozooplanctoniques dominants dans le golfe du Saint-Laurent, les euphausides (krill), *Thysanoessa rachi* et *Meganyctiphanes norvegica* et les copépodes du genre *Calanus*. Ces crustacés vivent à des profondeurs variant de 50 à 200 m le jour et effectuent des migrations verticales nycthémérales, pour s'alimenter dans la nappe superficielle riche en phytoplancton et microzooplancton, au cours de brèves excursions répétées pendant la nuit [8,9]. Comme ils séjournent la plupart du temps dans la nappe d'eau profonde, ils sont lentement transportés vers l'amont, ultimement jusqu'à la tête du chenal Laurentien où ils s'accumulent dans ce cul-de-sac topographique [10]. C'est pourquoi on rencontre dans cette région de grandes et denses agrégations de krill qu'on a pu détecter et cartographier par hydroacoustique [10]. Une simulation numérique de la génération de cette agrégation [11] a montré que la progression vers l'amont est lente; il faudrait plus d'un an pour ramener dans la région les euphausides du golfe du Saint-Laurent. C'est ce qui expliquerait pourquoi les euphausides de l'Estuaire, qui exportent rapidement leurs larves vers le Golfe du Saint-Laurent, sont principalement des individus âgés de plus d'un an [11]. Cette hypothèse du contrôle de la composition et de la concentration du zooplancton de la région par la circulation estuarienne en deux couches est aussi corroborée pour *Calanus* par Runge & Simard dans leur revue sur le zooplancton de l'Estuaire [12].

Un site d'agrégation de poissons pélagiques macrozooplanctonophages

Les petits poissons pélagiques sont l'autre source potentielle d'alimentation des rorquals. Dans la région d'étude, il s'agit principalement du capelan et possiblement du hareng, deux espèces planctonophages qui s'alimentent sur des concentrations de zooplancton. Ces deux espèces se reproduisent dans la région et le capelan juvénile y maintiendrait une biomasse importante en été [13,14,15].

Un réseau alimentaire à trois: krill/poissons/rorquals

Toutes les conditions sont donc réunies pour la constitution d'un réseau alimentaire fort interreliant les trois maillons décrits ci-dessus. L'agrégation de krill-calanus est la source de nourriture recherchée par les agrégations de poissons pélagiques et ces agrégations de proies sont toutes deux recherchées par les rorquals qui dominent la chaîne.

Une variabilité naturelle de la ressource alimentaire

L'agrégation de krill-calanus dépend de la circulation estuarienne et de la production régionale. Ce système présente des fluctuations naturelles interannuelles et saisonnières. Il est donc prévisible que cette source de nourriture soit imprégnée par les mêmes fluctuations, qui affecteront aussi les autres maillons de la chaîne. Les poissons pélagiques présenteront également des fluctuations d'abondance à ces échelles temporelles, reliées à leur migration dans la région et leur activité et succès de reproduction [13,14,15], pouvant affecter le patron d'activité des rorquals.

En plus de ces fluctuations de basse fréquence, on peut s'attendre à des variations semi-mensuelles, circadiennes, semi-diurnes et même de plus courte période, dans la répartition et la disponibilité des proies. La forte turbulence de la région due aux courants de marée, à la topographie complexe, aux ondes internes et au panache du Saguenay [16,17,18,19,20,21], couplée aux migrations verticales nycthémérales des proies [9,14], sont à la source de ces fluctuations qui affecteront la répartition et le comportement alimentaire des rorquals. Les discontinuités des masses d'eau, engendrées par cette turbulence intense (remontée d'eau profonde et glaciale, fronts, ondes internes), créent des barrières qui affectent la répartition des poissons, qui souvent s'accumulent aux interfaces, et dont certains rorquals peuvent tirer profit (Y. Simard, données non publiées). De même, les migrations verticales circadiennes des proies vers la surface la nuit pourra affecter leur disponibilité pour les rorquals.

Un trafic maritime de cargo et d'écotourisme

Une industrie croissante d'écotourisme exploite maintenant cette caractéristique de la région et s'intensifie depuis quelques années [2]. Le nombre d'embarcations de toutes tailles transportant des touristes pour l'observation des rorquals est maintenant élevé, et il y a lieu de s'inquiéter de l'impact de cette activité sur les rorquals. La région est aussi située à un carrefour de la voie maritime du Saint-Laurent, qui connaît aussi un achalandage élevé de navires cargo. Ce trafic maritime peut causer un dérangement des rorquals dans leur activité d'alimentation qui, globalement, peut réduire leur intérêt à fréquenter ce site unique pour une alimentation efficace et intensive.

Conclusion

De ce croquis de notre connaissance océanographique actuelle de ce milieu marin, on peut extraire l'hypothèse de travail formulée ci-dessus, en s'appuyant sur des assises scientifiques solides. C'est le contexte scientifique dans lequel se déroulera ce projet de recherche. L'approche méthodologique utilisée ainsi que les étapes annuelles sont décrites ci-dessous.

3. Méthode

Échantillonnage systématique

Les travaux se dérouleront pendant la saison de fréquentation de la région par les rorquals. Un plan systématique d'échantillonnage, selon un réseau de radiales perpendiculaires à la côte, balayera la région d'étude. Le programme d'échantillonnage couvrira 4 échelles importantes de fluctuations temporelles: le cycle saisonnier, le cycle de marée vive-eau/morte-eau, la semaine et le cycle de marée semi-diurne. Le réseau de radiales sera visité quotidiennement lors de trois périodes, distancées de 28 jours (cycle M1), et d'une durée chacune de 7 jours (crête-creux de marée semi-mensuelle). Le décalage de la marée semi-diurne par rapport au jour terrestre et à l'échantillonnage régulier permettra de couvrir en 7 jours un cycle complet de marée semi-diurne (M2). Un échantillonnage selon un cycle de 24 h sera réalisé au cours d'une des trois périodes pour le suivi des migrations verticales nycthémérales des proies. L'identification,

l'estimation et la cartographie (verticale et horizontale) des proies seront réalisées par hydroacoustique bi-fréquence (38 et 120 kHz), couplée à des méthodes de classification du signal, de cartographie optimale par géostatistique et de visualisation par système d'information géographique (SIG = GIS) [e.g. 22]. Des échantillons de proies, des profils CTTrD seront réalisées à des stations ponctuelles le long des radiales. Des mesures CTTrD de surface seront enregistrées en continu le long des radiales afin de cartographier les discontinuités de masses d'eau, et le courantomètre doppler sera utilisé au cours d'une des missions. Des recensements des rorquals seront effectués simultanément par des observateurs embarqués et aussi par des survols en avion, occasionnellement. Les résultats des observations seront incorporées à un modèle numérique prévisionnel, couplant le modèle de comportement des proies de Simard [11] au modèle tridimensionnel de circulation de l'Estuaire développé dans le cadre du programme (F. Saucier). Ceci permettra d'identifier les facteurs qui contrôlent la répartition des proies et des rorquals, de projeter des prévisions, et d'identifier les éléments importants à préserver dans la gestion de cette ressource.

Marquage et biopsies

Trois rorquals seront marqués avec des émetteurs à communication satellite afin de suivre leur déplacements, leur aires d'activité et leur comportement de plongée. Un suivi hydroacoustique de «l'environnement alimentaire» de ces rorquals sera réalisé afin de déterminer l'utilisation des proies. Des biopsies de gras externe seront prélevées sur 30 rorquals afin d'extraire, de la signature lipidique, la composition de leur diète, par comparaison à la signature lipidique des proies selon la méthode développée pour le Golfe du Saint-Laurent [23].

Écotourisme et dérangement

L'activité d'écotourisme d'observation des baleines à bord d'embarcations sera monitorée pendant toute la saison, afin de suivre cette activité et de l'incorporer à l'analyse des autres observations ci-dessus. Des navires d'observation des baleines seront sélectionnés et équipés de systèmes d'enregistrement de position et de cahiers de bord pour noter le nombre et la position des cétacés ainsi que la position des autres navires d'observation aux alentours. Le bruit sous-marin généré par les navires d'observation et par la navigation maritime sera enregistrée et rejoué à des groupes de rorquals communs, dont le comportement et les vocalisations en condition de non dérangement auront préalablement été enregistrés, afin de mesurer l'effet du bruit sur le dérangement.

4. Calendrier

1993-94: Planification du programme, préparation de l'échantillonnage et interrelation avec l'industrie.

1994-95: Réunion d'information avec l'industrie et mise en place des cahiers de bord.
Réalisation du plan systématique: fin juin, fin juillet, fin août.
Acquisition des étiquettes-émetteurs satellite et planification du marquage.
Biens livrables:
- Cartographie des proies sur le plan vertical et horizontal au cours de la saison.
- Identification des proies.
- Cartographie de la structure physique des masses d'eau.
- Recensements et cartographie des rorquals.
- Relevé d'activité d'écotourisme et cartographie de l'activité et de ces rorquals.
- Information à l'industrie.

1995-96: Idem à 1994-95.
Marquage de trois rorquals (max) et suivi hydroacoustique.
Biopsies de 30 rorquals communs et analyse de 30 échantillons de proies.

Biens livrables: Idem à 1994-95.
Cartes du suivi des rorquals marqués.
Analyses lipidiques des biopsies.

1996-97: Analyse des données de 1994-96 et préparation de publications.
Développement du modèle numérique prévisionnel.
Expériences sur le terrain de dérangement par le trafic et le bruit des embarcations.
Biens livrables: Publications et rapports sur la dynamique de répartition des proies et des rorquals et sur leur alimentation dans la région et les facteurs de contrôle
Données préliminaires sur l'effet du dérangement par l'écotourisme.
Information à l'industrie.

1997-98: Achèvement du modèle prévisionnel et prévisions.
Synthèse des résultats.
Biens livrables: Rapport du modèle de prévision.
Rapport sur l'effet du dérangement par l'activité d'écotourisme.
Rapport de synthèse et recommandations.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

L'information de base qui découlera de ce projet vise à soutenir la prise de décision des intervenants pour assurer un développement durable et une économie prospère de l'industrie, en permettant une protection adéquate de cette ressource unique du Saint-Laurent et sa conservation pour les générations actuelles et futures. Malgré leur importance croissante, on sait très peu de choses sur les rorquals qui visitent le Saint-Laurent, sur les raisons exactes de leur visite et de leur rassemblement à des sites privilégiés. Dans ce contexte d'ignorance des mécanismes environnementaux en cause et des caractéristiques fondamentales des sites d'alimentation, il est difficile d'envisager une gestion éclairée et une conservation efficace de la ressource rorquals qui est maintenant à la base d'une industrie florissante. Le présent projet permettra de combler cette lacune et fournira aux divers groupes de décideurs impliqués les outils fiables requis pour réaliser leur tâche. Il situe le problème dans une contexte environnemental intégré, où tous les liens forts sont bien cernés, de façon à offrir aux gestionnaires de l'environnement un tableau global de la situation et non une seule de ses facettes à la fois. Les différents biens livrables mentionnés ci-dessus seront des ouvrages de base disponibles à tous et un rapport final assurera une synthèse générale expliquant clairement les éléments clés du système à gérer. Enfin, on pourra faire la lumière sur cette caractéristique du Saint-Laurent négligée jusqu'à ce jour.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Ce projet s'insère dans le mandat du MPO de conservation et de protection de l'habitat et de la ressource marine. Les clients immédiats sont le public canadien, l'industrie, et les autres organismes gouvernementaux et autres impliqués dans la protection et la conservation de ce site unique du Saint-Laurent, en partie situé dans la zone de protection proposée du parc marin du Saguenay.

BÉNÉFICES

Les bénéfices de ce projet sont de répondre aux objectifs du programme SLV 2000 en ce qui concerne l'amélioration des connaissances et l'établissement d'un diagnostic sur l'état des mammifères marins du Saint-Laurent. Comme mentionné ci-dessus, ce projet permettra de fournir le contexte de base fiable dans lequel se situe la présence estivale des rorquals dans le Saint-Laurent. Le programme bénéficiera des

rapports et des publications qui découleront du projet, tel que décrit dans les biens livrables (calendrier), qui constitueront l'information rigoureuse et fondamentale pour l'établissement du plan de gestion du Saint-Laurent.

COORDINATION

Les principaux investigateurs du projet seront M. Kingsley pour les questions concernant les mammifères et Y. Simard pour aspects traitant des proies. Des collaborateurs, de l'IML et d'autres groupes, se joindront pour des aspects spécifiques tels la modélisation numérique (F. Saucier) et les analyses lipidiques (J. Gearing). Des chercheurs post-doctoraux se joindront possiblement à l'équipe et des relations pourront avoir lieu avec les universités pour l'encadrement d'étudiants gradués. Le projet fait également appel à une collaboration exhaustive et soutenue avec l'industrie d'écotourisme pour la récolte d'information sur l'activité de la flottille d'observation des rorquals.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats décrits ci-dessus à la section «Calendrier: biens livrables» seront délivrés dans des rapports et des publications de recherche, incluant un document général de synthèse, facile d'accès et de consultation.

De plus, tous les résultats cartographiques seront présentés avec un système d'information géographique (SIG = GIS), de la même façon que plusieurs banques de données environnementales actuelles, et seront donc directement disponibles facilement. Les résultats seront aussi présentés régulièrement aux différent intervenants, lors de communications orales tout le long du déroulement des travaux.

RÉFÉRENCES

(1) Edds, P.L. and Macfarlane, J.A.F. 1987. Occurrence and general behavior of balaenopterid cetaceans summering in the St. Lawrence Estuary, Canada. Can. J. Zool. 65: 1363-1376.

(2) Le Devoir, 1993, Baleines au ventre d'or. 8 sept, p. b1. Les limites de l'écotourisme. 8 sept, p. b1.

(3) Simard, Y. 1993. Comment la mer nourrit-elle les baleines à Tadoussac? ou Le Pourquoi océanographique de la visite estivale des rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, à la tête du chenal Laurentien. Bulletin de nouvelles des sciences, IML, Vol . 4, no 24. 26 novembre 1993.

(4) El-Sabh, M.I. 1979. The lower St. Lawrence estuary as a physical oceanographic system. Naturaliste can. 106, 55-73.

(5) El-Sabh, M.I. 1988. Physical oceanography of the St. Lawrence Estuary. In: Hydrodynamics of Estuaries, Vol. II, B. Kjerfve (ed.), CRC Press, Boca Raton, 61-78.

(6) El-Sabh, M.I. and N. Silverberg (eds.). 1980. Oceanography of a large-scale estuarine system: the St. Lawrence. Coastal and Estuarine Studies, vol. 39. Springer-Verlag, N. Y., 434 pp.

(7) Koutitonsky, V.G., and G.L. Bugden. 1991. The physical oceanography of the Gulf of St.Lawrence: a review with emphasis on the synoptic variability of the motion. p. 57-90 *In* J.-C. Therrriault (ed) The Gulf of St.Lawrence: small ocean or big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113

(8) Simard, Y., G. Lacroix and L. Legendre, 1986. Diel vertical migrations and nocturnal feeding of a dense coastal krill scattering layer (*Thysanoessa raschi* and *Meganyctiphanes norvegica*) in stratified surface waters. Mar. Biol. 91: 93-105.

(9) Simard, Y., G. Lacroix and L. Legendre, 1985. *In situ* twilight grazing rhythm during diel vertical migrations of a scattering layer of *Calanus finmarchicus*. Limnol. Oceanogr. 30: 598-606.

(10)Simard, Y., R. de Ladurantaye and J.-C. Therriault. 1986. Aggregation of euphausiids along a coastal shelf in an upwelling environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 32: 203-215.

(11)Simard, Y. 1989. "Petit océan ou grand estuaire?": ce que nous enseigne la répartition des euphausides sur l'océanographie du golfe du Saint-Laurent. Comunication au Symposium sur le golfe du Saint-Laurent, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, 14-17 mars.

(12)Runge, J., and Y. Simard, 1990. Zooplankton of the St.Lawrence Estuary: The imprint of physical processes on its composition and distribution. p. 297-320. In: M.I. El-Sabh and N. Silverberg (eds.) Oceanography of a large-scale estuarine system: The St.Lawrence. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies Series, Vol. 39. Springer-Verlag, N.Y. 434 p.

(13)Bailey, R. F. J. ,K.W. Able, and W.C. Leggett. 1977. Seasonal and vertical distribution and growth of juvenile and adult capelin (*Mallotus villosus*) in the St. Lawrence estuary and western Gulf of St.Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 345: 2030-2040.

(14)Côté, G. 1979. Etude de la population de hareng (*Clupea harengus harengus* L.) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. M. Sc. Thesis, Univ. Laval., Ste-Foy, Québec. 43 p. (et references citées).

(15)Gagné, J. A. and M. Sinclair. 1990. Marine fisheries resources and oceanography of the St.Lawrence Estuary. p. 358-377. In: M.I. El-Sabh and N. Silverberg (eds.) Oceanography of a large-scale estuarine system: The St.Lawrence. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies Series, Vol. 39. Springer-Verlag, N.Y. 434 p.(et references citées).

(16)Therriault, J.C. and G. Lacroix. 1976. Nutrients, chlorophyll and internal tides in the St. Lawrence estuary. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2747-2757.

(17)Forrester, W.D. 1974. Internal tides in the St. Lawrence estuary. J. mar. Res. 32: 55-66.

(18)Gratton Y., G. Mertz and J. Gagné. 1988. Satellite observations of tidal upwelling and mixing in the St. Lawrence estuary. J. geophys. Res. 93: 6947-6954.

(19)Ingram, R.G. 1978. Internal wave observation off Ile Verte. J. mar. Res. 36: 715-724.

(20)Ingram, R.G. 1985. Frontal characteristics at the head of the Laurentian Channel. Naturaliste can. 112: 31-38.

(21)Lebel, J., E. Pelletier, M. Bergeron, N. Belzile and G. Marquis. 1983. Le panache du Saguenay. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40, 52-60.

(22)Simard, Y., D. Marcotte and G. Bourgault. 1993. Exploration of geostatistical methods for mapping and estimating acoustic biomass of pelagic fish in the Gulf of St. Lawrence: size of echointegration unit and auxiliary environmental variables. Aquat. Living Res., (special issue on "The spatial organization of aquatic populations as observed using hydroacoustic methods") Vol. 6, no 3. 185-199.

(23)Borobia, M., P. Gearing, Y. Simard, J. Gearing and P. Béland. 1993. Finback and humpback whales from the Gulf of St.Lawrence: blubber fatty acids suggest different diets. Mar. Ecol. Prog. Ser. 00:000-000. (soumis).

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		70.0	80.0	35.0	25.0	210.0
	Cap. ($K)		15.0	20.0	10.0		45.0
	Sal. ($K)*		11.0	11.0	11.0	11.0	44.0
	ETP**		.25	.25	.25	.25	1.0
	Total	0.0	96.0	111.0	56.0	36.0	299.0
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

Année 2 (1994-95)
E & E

Fournitures diverses	8.0
Voyages & réunions	5.0
Survols aériens	15.0
Collecte de données de l'industrie	4.0
Analyses d'échantillons d'invertébrés	15.0
Données acoustiques et analyses	14.0
Radio-émetteurs	10.0

Année 3 (1995-96)
E & E

Fournitures diverses	10.0
Voyages & réunions	5.0
Survols aériens	15.0
Collecte de données de l'industrie	5.0
analyses d'échantillons d'invertébrés	20.0
Données acoustiques et analyses	5.0
Radio-émetteurs	20.0

Année 4 (1996-97)
E & E

Fournitures diverses	5.0
Voyages & réunions	5.0
Expériences de son sous-marin	15.0
analyses d'échantillons d'invertébrés	10.0

Année 5 (1997-98)
E & E

Synthèse des données et rédaction des rapports	25.0

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 503-94-0 / IML 113-94-1
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Béluga et autres mammifères marins
TITRE : **Comité Béluga et Équipe de rétablissement**

GESTIONNAIRE DU PROGRAMME

Jean Boulva
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0555 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉS DE PROJET

Jean Boulva (Comité béluga)
Richard Bailey (Équipe de rétablissement)
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0555, 775-0585
Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- S'assurer que les comités d'harmonisation de l'Entente concernés prennent en compte l'état de la population du béluga du Saint-Laurent comme facteur important dans la réalisation de programmes respectifs et comme l'un des principaux résultats de *Saint-Laurent Vision 2000*;
- Constituer une équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent se rapportant au comité Béluga;
- Mandater l'équipe de rétablissement pour produire un plan de rétablissement et une proposition pour sa mise en oeuvre;
- Conduire auprès des organismes intéressés une consultation sur la proposition de plan de rétablissement du béluga en vue de formuler un plan définitif;
- Assurer le suivi de la mise en oeuvre du plan de rétablissement auprès des agences gouvernementales concernées.

SOMMAIRE

La population du béluga du Saint-Laurent a subi une forte diminution depuis un siècle. Estimée à environ 5000 individus en 1885, elle est constituée depuis les années 1970 d'approximativement 500 animaux. Cette baisse dramatique a été attribuée à la chasse commerciale du mammifère marin, de la perte d'habitat et de facteurs environnementaux défavorables. En 1983, le béluga du Saint-Laurent était déclaré « population en danger de disparition ». C'est en mars 1994 que le Ministre des Pêches et des Océans approuvait la mise en place d'un plan d'action visant le rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Le Comité Béluga, formé de représentants des gouvernements signataires de l'Entente, fut créé en mai 1994 et conduit à la formation de l'Équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent en juin de la même année.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Mise en place d'une équipe pour le rétablissement du béluga du Saint-Laurent;
- Réalisation d'un plan provisoire de rétablissement du béluga du Saint-Laurent;
- Tenue de consultations publiques sur le plan provisoire et formulation d'un plan définitif;
- Rapport d'activité annuel sur la mise en oeuvre du plan.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		10.0	10.0	10.0	10.0	40.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	40.0
Autres ($ K)***							

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

Fonctionnement

Voyages	5.0
Services professionnels	5.0
Total	10.0

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-93-2
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Effets des contaminants sur la santé des poissons**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Gordon Walsh
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0577 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Daniel G. Cyr
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0647 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Déterminer les effets du mercure et d'effluents municipaux et industriels sur le système reproducteur des poissons;
- Développer des outils de monitoring des effets des contaminants sur la santé des poissons.

SOMMAIRE

Nous proposons de déterminer les effets du mercure et d'effluents municipaux et industriels sur le système reproducteur des poissons. La plie canadienne sera utilisée comme poisson sentinelle pour ces études. Ce poisson a été choisi parce qu'il représente une espèce commerciale, sédentaire, et associée au sédiment où s'accumulent les contaminants. Le projet sera fait en quatre volets. Le premier volet sera d'identifier des marqueurs ultra-sensibles (sondes d'ADN complémentaires) 1) de la reproduction (eg. gènes associés au développement sexuel et niveaux des hormones) et 2) de toxicité (eg. métallothionéine). L. Hermo, de McGill, mettra au point des méthodes de perfusion pour la microscopie électronique et optique pour analyser la maturation sexuelle. Le deuxième volet sera l'évaluation des effets du mercure sur la santé et le système reproducteur de la plie de sites contaminés (chenal laurentien et rivière Saguenay) et non-contaminés (région 4R du golfe du Saint-Laurent) utilisant les marqueurs développés dans le premier volet. Le troisième volet sera l'essai des marqueurs à des sites d'effluents municipaux (Rivière-du-Loup) et industriels (la baie des Anglais). Le dernier volet de ce projet sera l'essai des marqueurs sur d'autres espèces de poissons aux mêmes sites.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Évaluation des effets toxiques du mercure, d'effluents municipaux et industriels sur la reproduction des poissons;
- Outils de monitoring des effets toxiques des contaminants sur la reproduction des poissons;
- Outils de monitoring de l'exposition des poissons au mercure;
- Présentation à des conférences scientifiques et articles scientifiques.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET: IML 302-93-2

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Effets des contaminants sur la santé des poissons**

JUSTIFICATION

Au cours des dernières années, les populations de certaines espèces de poissons, telle que la plie canadienne, diminuent de façon alarmante. Une des raisons pour expliquer ce phénomène est une détérioration du milieu environnemental. Ceci aurait comme conséquence de diminuer la production biologique des stocks (i.e.. l'effort reproducteur). Nous proposons donc de déterminer les effets du mercure et des effluents municipaux et industriels sur le système reproducteur des poissons. La plie canadienne sera utilisée comme poisson sentinelle pour ces études. Ce poisson a été choisi parce qu'il représente une espèce commerciale, sédentaire, et associée au sédiment où s'accumulent les contaminants. Les sédiments du Saint-Laurent, en particulier dans le chenal Laurentien et le Saguenay, contiennent des niveaux élevés de mercure. En plus du mercure dans le Saint-Laurent, il existe des déversements d'effluents municipaux tel qu'à Rivière-du-loup, et des rejets industriels à la baie des Anglais. Le projet sera fait en quatre volets. Le premier volet sera d'identifier des marqueurs ultra-sensibles (sondes d'ADN complémentaires) 1) de la reproduction (e.g. gènes associés au développement sexuel et niveaux des hormones) et 2) de toxicité (e.g. métallothionéine). L. Hermo, de McGill, mettra au point des méthodes de perfusion pour la microscopie électronique et optique pour analyser la maturation sexuelle. Le deuxième volet sera l'évaluation des effets du mercure sur la santé et le système reproducteur de la plie de sites contaminés (chenal Laurentien et rivière Saguenay) et non contaminés (région 4R du golfe du Saint-Laurent) utilisant les marqueurs développés dans le premier volet. Le troisième volet sera l'essai des marqueurs à des sites d'effluents municipaux (Rivière-du-Loup) et industriels (la baie des Anglais). Le dernier volet de ce projet sera l'essai des marqueurs sur d'autres espèces de poissons aux mêmes sites.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Les objectifs de cette étude seront de déterminer les effets du mercure, des effluents municipaux et industriels sur la santé des poissons en utilisant le système reproducteur comme indicatif de la santé des poissons. Afin d'atteindre ces objectifs, nous devons en premier lieu développer les outils qui seront nécessaires pour comprendre la maturation sexuelle des poissons.

1. **Le premier volet de ce projet sera d'identifier des marqueurs de la maturation sexuelle chez la plie canadienne.**

Au cours des deux premières années, nous proposons d'identifier des marqueurs biochimiques, physiologiques et anatomiques qui seront utilisés pour atteindre nos objectifs.

a. Marqueurs biochimiques

Il existe entre 10 000 et 30 000 séquences différentes d'ARNm dans une cellule typique. Chaque séquence code pour une protéine différente. La représentation proportionnelle de ces séquences dépend du taux de synthèse et de la stabilité (demi-vie) de chaque séquence. Des changements dans l'expression de ces séquences d'ARNm nous offrent une méthodologie ultra-sensible pour déterminer les effets des contaminants sur le tissu ciblé car les effets sur l'expression des gènes au niveau de l'ARN sont manifestés avant celles des protéines et de la structure cellulaire. Puisque la reproduction est une des cibles les plus importantes des contaminants, nous proposons d'identifier certains gènes qui sont importants à la maturation des gonades afin de les utiliser comme indicateur de la maturation sexuelle. Cela nous permettra de déterminer les effets des contaminants sur la maturation sexuelle. Pour identifier les gènes qui sont exprimés durant la maturation sexuelle, nous proposons d'utiliser une méthodologie de «subtractive hybridization» d'une librairie d'ADN complémentaire (ADNc)(1). Ces libraires représentent la totalité des transcrits d'ARNm dans le tissu.

La librairie d'ADNc est préparée en isolant l'ARNm dans le tissu (l'expression en état stable des gènes au moment que l'ARN est isolé), qui est ensuite converti en ADNc avec l'enzyme *reverse transcriptase* car l'ADN est plus stable que l'ARN. Des librairies d'ADNc seront préparées pour la testicule (immature) et l'ovaire (immature). Pour déterminer quels gènes sont exprimés durant la maturation sexuelle, l'ARNm sera isolé du testicule et de l'ovaire en période de développement sexuel. L'ARN sera ensuite hybridé avec la librairie correspondante d'ADNc (gonade immature). Les gènes exprimés durant la maturation sexuelle seront absents dans la librairie d'ADNc. Ceux-ci demeureront libres et pourront être isolés. Les séquences isolées seront converties en ADNc, séquencé pour identification, et utilisées par la suite comme sondes pour quantifier les changements d'expression de ces gènes (2,3). Certaines sondes qui sont utilisées chez d'autres espèces d'animaux seront aussi essayées afin de savoir si elles peuvent être utilisées chez les poissons. Nous prévoyons utiliser cette stratégie pour certains marqueurs d'exposition telle que la métallothionéine (4). L'expression des gènes dans les gonades de la plie sera identifiée par les Drs James Nagler (un stagiaire post-doctorale avec une formation en reproduction et biologie moléculaire qui va se joindre au laboratoire de D. Cyr durant l'été de 1994) et Daniel Cyr (Institut Maurice-Lamontagne).

b. Marqueurs physiologiques

La régulation de l'expression des gènes est contrôlée par les hormones. Nous proposons de déterminer les niveaux sanguins d'hormones impliquées dans le contrôle de la reproduction. Au cours des deux premières années, nous mettrons au point des méthodes de radio-étalonnage (RIA) pour mesurer les concentrations d'hormones de la thyroïde (thyroxine et triiodothyronine), d'oestradiol, de testostérone, et de keto-testostérone. Les études de Cyr et Eales (5-7) ont démontrées l'importance des hormones de la thyroïde dans la maturation de l'ovaire. Ces hormones semblent catalyser le recrutement des ovocytes au début de chaque cycle annuel de l'ovogenèse. L'oestradiol est un stéroïde qui est synthétisé par les follicules de l'ovaire. Cette hormone joue un rôle important dans l'apparence phénotypique des femelles, le comportement, l'ovogenèse, et la production de vitellogénine par le foie. Chez les mâles, la spermatogénèse est contrôlée soit par le testostérone ou le keto-testostérone (8). Les différences dans le rôle de ces hormones sont spécifiques à l'espèce de poissons. Nous déterminerons laquelle de ces hormones est la plus importante chez la plie. Nous proposons aussi de déterminer les niveaux des gonadotropines qui règlent la synthèse des stéroïdes. Toutefois, il faudra déterminer si les anticorps contre les gonadotropines d'autres espèces de poissons pourront être utilisés chez la plie. Une fois que ces méthodes seront mises au point, nous comparerons les niveaux d'hormones des plies en provenances de sites témoins et contaminés. Les méthodes seront mises au point et les analyses seront faites par une personne engagée dans le cadre du SLV 2000.

c. Marqueurs anatomiques

La spermatogénèse et l'ovogenèse des poissons sont associées avec des changements dans la structure morphologique de ces tissus. Afin de bien comprendre l'action des contaminants sur la reproduction, il est important de faire le lien entre ces différentes facettes de la maturation sexuelle. Nous proposons de déterminer les stages de maturation des ovocytes et des spermatozoïdes afin de déterminer les effets des contaminants sur la maturation sexuelle de la plie. Au cours de la première année, nous mettrons au point des méthodes de perfusion afin de préparer les gonades pour la microscopie électronique et optique. Pour la microscopie électronique, nous prévoyons faire notre perfusion à partir d'un cathéter placé dans le ventricule du coeur. Les vaisseaux sanguins seront perfusés avec une solution saline pour vider le sang, suivi d'une perfusion utilisant de la gluteraldehyde comme fixatif. Les gonades seront ensuite disséquées, montées dans l'Epon, et des coupes ultras fines seront examinées sous le microscope électronique (9). Pour la microscopie optique, les tissus seront fixés par immersion soit avec une solution de Bouin ou avec de la glutaraldéhyde. Les tissus fixés à la glutaraldéhyde seront montés dans l'Epon et les sections seront colorées à la toluidine bleue afin d'examiner la structure des tissus. Les tissus fixés avec de la solution de Bouin et montés dans la paraffine seront préparés pour faire de l'immunohistochimie au microscope optique (2). En plus d'établir des méthodes de perfusions, des travaux préliminaires seront fait afin de déterminer la structure des gonades en microscopie optique. L'immunohistochimie se fera en utilisant des anticorps qui sont utilisés pour identifier le développement d'autres espèces d'animaux dont les amphibiens, les rats et les souris. La préparation histologique et l'examen des tissus sera fait par Aviva Espler, une étudiante de maîtrise, sous la supervision du Dr Louis Hermo, Département d'anatomie et biologie cellulaire de l'Université McGill, et du Dr Daniel Cyr, Institut Maurice-Lamontagne.

2. Le deuxième volet sera l'évaluation des effets du mercure sur la santé et le système reproducteur de la plie de sites contaminés (chenal Laurentien et rivière Saguenay) et non contaminés (région 4R du golfe du Saint-Laurent) utilisant les marqueurs développés dans le premier volet.

Le mercure est un métal lourd qui provient d'activités anthropogéniques qui s'accumule dans les sédiments. Les effets toxiques du mercure sont bien documentés. L'exposition au mercure cause des désordres neurologiques. Les effets sur le système nerveux central sont le résultat d'une inhibition de la synthèse de nouvelles protéines et des enzymes glycolytiques. Ceci à comme effet de changer le comportement (perte de mémoire, changement spontané de tempérament, surdité). Le mercure affecte aussi le système nerveux périphérique dont la propagation d'influx nerveux. Cet effet, qui est le résultat d'une période de repolarisation prolongée, est causé par un effet sur la pompe Na^+/K^+. Le mercure affecte aussi le système reproducteur, en particulier chez les mâles. On rapporte que l'exposition au mercure inhibe la stéroïdogénèse dans les cellules de Leydig du testis. Une récente étude par Robaire et Cyr (10) indique que le méthylmercure affecte l'action cellulaire des androgènes sur le tissu cible avant même qu'il y ait un effet sur la stéroïdogénèse.

La protection cellulaire contre le mercure est reliée à la production de métallothionéine (MTN). La MTN est une protéine cytoplasmique dont la production est induite par les métaux lourds (11). Les métaux lourds qui entrent dans la cellule ce lient à cette protéine et par ce fait, sont rendue inertes. Les niveaux cellulaires de MTN représentent une façon de déterminer si l'animal est exposé à des métaux lourds.

Dans l'estuaire du Saint-Laurent, Gobeil et Cossa (12) ont rapporté que les niveaux de mercure dans les dix premiers centimètres des sédiments du chenal laurentien se situe entre 150 et 200 ng/g. Puisque la plie canadienne vit dans le sédiment, elle est exposée chroniquement à ces faibles concentrations de mercure. Il est fort possible qu'il y ait une accumulation de mercure chez ces poissons. Les déterminations des niveaux de mercure chez la plie canadienne en provenance du chenal Laurentien font l'objet d'une étude financée par le Plan Vert sous la coordination du Dr Charles Gobeil (Institut Maurice-Lamontagne). Nous

proposons de capturer des plies aux mêmes sites que ceux utilisés par le Dr Gobeil. Ceci nous permettra de comparer nos résultats avec les niveaux de mercure obtenu par l'équipe du Dr Gobeil.

Une unsine de traitement chlore-alcali, qui produit de la soude caustique pour la raffinerie d'aluminium à Ravi, est considéré comme la source principale de mercure dans le Saguenay. Les niveaux de mercure dans les sédiments du fjord du Saguenay se situent entre 0,25 à 218 mg/kg (13). Cette forte concentration de mercure pourrait représenter un risque important à la population de poisson qui vit dans le Saguenay.

Puisque le mercure peut causer des effets marqués sur la reproduction, notre objectif sera de déterminer s'il existe des différences dans l'expression des gènes, les niveaux d'hormones, et les stages de maturité sexuelle entre des plies capturées dans le chenal Laurentien et dans le Saguenay. Des plies capturées dans la région 4R, où les niveaux de mercure sont moins de 25 % de ceux rapportés dans chenal Laurentien, serviront de groupe témoin. Nous proposons d'étudier les effets du mercure sur les marqueurs développés dans le premier volet de ce projet. Des plies en provenance du chenal Laurentien, la rivière Saguenay (deux sites contaminés) seront comparées à des plies d'un site témoin (région 4R). Nous proposons aussi de faire des études de laboratoire dans lesquelles des plies seront exposées à des niveaux de mercure sur une période allant jusqu'à 8 semaines. Ceci nous permettra de déterminer si les effets que nous observerons chez les plies de nos sites contaminés sont bien le résultat d'effets toxiques du mercure. Dans les deux cas, les niveaux hépatiques de MTN seront utilisés comme indicateur d'exposition au mercure. La capture des poissons sera fait en coordination avec des pêcheurs de la région et sera supervisée par Paul Robichaud et le Dr Daniel Cyr (Institut Maurice-Lamontagne).

3. **Le troisième volet sera l'essai des marqueurs à des sites d'effluents municipaux (Rivière-du-Loup) et industriels (la baie des Anglais).**

Le troisième volet de ce projet sera de déterminer les effets d'autres contaminants sur la santé reproductive de la plie. Utilisant les marqueurs identifiés dans le premier volet, nous déterminerons les effets d'effluents municipaux et industriels sur la reproduction de la plie. Afin d'atteindre nos objectifs, deux sites d'échantillonnages ont été choisis. Le premier est à Rivière-du-Loup où il existe un déversement partiel d'effluent municipal et le deuxième est situé près de Baie-Comeau (baie des Anglais) où il y a la raffinerie d'aluminium Alcan et la Compagnie de papier Québec et Ontario ltée. Des pêcheurs seront engagés pour capturer des plies et d'autres espèces de poissons (voir volet 4) à différents points en s'éloignant des sites d'effluents à ces deux endroits.

4. **Le quatrième volet sera l'essai des marqueurs sur d'autres espèces de poissons capturés près de Rivière-du-Loup et à la baie des Anglais.**

Au cours du troisième volet de ce projet, nous proposons de capturer en plus des plies canadiennes, d'autres espèces de poissons tels que le choquemort barré et le capelan. Nous déterminerons si la santé de ces poissons est affectée par les effluents dans les sites identifiés dans le troisième volet.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

- Évaluation des effets toxiques du mercure, d'effluents municipaux et industriels sur la reproduction des poissons.
- Outils de monitoring des effets toxiques des contaminants sur la reproduction des poissons.
- Outils de monitoring de l'exposition des poissons au mercure.
- Présentation à des conférences scientifiques et articles scientifiques.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Ce projet tient compte de l'objectif du MPO qui est d'évaluer l'impact des contaminants sur les poissons marins du Saint-Laurent.

BÉNÉFICES

Nos résultats permettront d'évaluer les effets d'effluents municipaux et industriels sur la santé des poissons. Suite à nos études, il sera possible de déterminer si on doit limiter les décharges d'effluents dans le Saint-Laurent aux sites identifiés dans ce projet. De plus, le développement de nouveaux outils pour le monitoring des contaminants pourront servir à d'autres sites dans le Saint-Laurent. Finalement, les effets du mercure sur la santé des poissons nous permettra de savoir si ce contaminant inhibe la reproduction des poissons du Saint-Laurent et de la rivière Saguenay.

COORDINATION

Dr Louis Hermo, Département d'anatomie et de biologie cellulaire, Université McGill, Montréal.

RÉFÉRENCES

Duguid, J.R., R.G. Rohwer and B. Seed. 1988. Proc. Natl. Acad. Sci. 85:5738-5742.

Cyr, D.G., L. Hermo, O. Blaschuk and B. Robaire. 1992. Endocrinology 130:353-363.

Cyr DG and B. Robaire. 1992. Endocrinology 130:2160-2166.

Kagi, J.H.R. and Y. Kogimi. 1988. Chemistry and biochemistry of metallothionein. In Metallothionein II. (JHR Kagi and Y Kogimi, eds). Berhauser Verlag. Basel pp 25-62.

Cyr, D.G. and J.G. Eales. 1988. Gen. Comp. Endocrinol. 69:80-87.

Cyr, D.G., J. Duston, N.R. Bromage and J.G. Eales. 1988. Gen. Comp. Endocrinol. 69:217-225.

Cyr D.G. and J.G. Eales. 1989. J. Exp. Zool. 248:81-87.

Kime, D.E. 1993. Rev. Fish Biol. Fisheries 3:160-180.

Cyr, D.G., L. Hermo and B. Robaire. 1993. Endocrinology 132:1115-1124.

Robaire, B. and D.G. Cyr. 1993. Effects of Methylmercury on the microscopic anatomy and physiology of the rat epididymis. Health and Welfae Report (soumis).

Andrews, G.K. 1990. Prog. Food Nutr. Sci. 14:193-258.

Gobeil, C. and D. Cossa. 1993. Canad. J. Fish. Aquat. Sci. (sous presse).

Loring, D.H. and J.M. Brewers. 1978. Chem. Geol. 22:309-330.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	33.6	55.0	90.0	70.0	70.0	318.6
	Cap. ($K)	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0	22.5
	Sal. ($K)*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ETP**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total	33.6	77.5	90.0	70.0	70.0	341.1
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

Fonctionnement Annuel:*	
RIA des hormones	$10 000
^{32}P-ATP (5 mCi)	$ 1 200
^{32}P-dCTP (2.5 mCi)	$ 1 000
T7 Sequencing Kit	$ 1 500
Restriction enzymes	$ 3 000
Plasmide	$ 2 000
Bactérie	$ 1 000
Random Priming kits	$ 900
Produits chimiques	$ 4 100
Film à rayon-X, développeur, fixatif	$ 694
Cassettes pour films	$ 1 200
Verrerie	$ 900
microscopie	$10 000
coûts des publications	$ 3 000
Voyages:	
Conférence scientifique	$ 2 000
Salaires:	
PostDoc (Dr. James Nagler)	$38 000
Total	**$80 494**
Capital:	
Analyseur de gel à sérançage	$10 000
Thermocycleur (PCR)	$10 000
Bassins et plomberie	$20 000
Pompes péristaltiques	$ 5 000
Total	**$45 000**

* La troisième et quatrième année, nous proposons d'engager des pêcheurs pour capturer des poissons à Rivière-du-Loup et dans la baie des Anglais. 6500$ seront utilisés pour ces frais. Cet argent proviendra d'une compression des budgets de cloning tel que décrit dans le fonctionnement annuel.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-94-7
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins et autres organismes marins du Saint-Laurent
TITRE : **Transfert des contaminants du sédiment aux benthos et poissons de fond**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Gordon Walsh
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0577 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Michel Lebeuf
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0690 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

Étudier l'accumulation de contaminants (organochlorés et métaux) dans les vers benthiques et les poissons de fond du Saint-Laurent marin afin (1) de montrer que le sédiment est un des principaux vecteurs du transfert de contaminants dans la chaîne alimentaire et (2) de préparer un modèle de prévision de l'incorporation de contaminants à différents paliers trophiques de la chaîne alimentaire en fonction de données sur la qualité des sédiments.

SOMMAIRE

Le sédiment est à la fois une composante de l'habitat de nombreux organismes aquatiques, incluant plusieurs espèces commerciales, et un réservoir dans lequel les contaminants présents à l'état de traces dans la colonne d'eau, s'accumulent en concentration élevée. Plusieurs auteurs reconnaissent également que le sédiment est l'une des voies principales conduisant à l'incorporation de contaminants dans le chaîne alimentaire. Dans ce projet, nous contribuerons à mieux comprendre la relation qui existe entre la contamination des sédiments du chenal Laurentien et l'accumulation de contaminants dans les vers benthiques et les poissons de fond. Ce projet est complémentaire de deux projets de surveillance des contaminants à long terme réalisés dans le cadre du Plan vert: l'un porte sur les poissons (# 302-93-4) et l'autre sur les sédiments (# 302-93-5). Collaboreront au projet: C. Gobeil. K.T. Shum et N. Silverberg de l'IML ainsi que G. Desrosiers et B. Sundby du COR.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Méthodes analytiques permettant de doser les contaminants dans les organismes benthiques;
- Données sur les contaminants dans les organismes benthiques du Saint-Laurent marin;
- Données complémentaires sur les contaminants dans les sédiments et les poissons de fond;
- Liste de critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments;
- Modèle de prévision de la prise en charge des contaminants par le benthos et les poissons de fond.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET: IML 302-94-7

VOLET: Aide à la prise de décision
PROGRAMME: État des ressources et des habitats marins
THÈME: Impacts des contaminants sur les poissons marins et autres organismes marins du Saint-Laurent
TITRE: **Transfert des contaminants du sédiment aux benthos et poissons de fond**

JUSTIFICATION

Les concentrations des contaminants dans les sédiments sont bien moindres dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent que dans les zones portuaires et dans les milieux riverains soumis aux effluents industriels et domestiques. Néanmoins, vu les dimensions physiques importantes du système Estuaire-Golfe, la masse totale des produits chimiques toxiques qui s'accumulent dans les sédiments est considérable. Par exemple, dans les seules limites de l'estuaire du Saint-Laurent, la quantité totale de plomb d'origine anthropique dans les sédiments est supérieure à 16 000 tonnes (Gobeil, 1993; Gobeil et Silverberg, 1989). Par ailleurs, une évaluation récente (Gobeil et Cossa, 1993) démontre que les sédiments de l'Estuaire constituent un réservoir de mercure encore plus important que ceux du fjord du Saguenay, pourtant connus pour leur forte contamination en mercure. Des polluants organochlorés hautement toxiques comme les biphényles coplanaires, les dioxines, les furannes et le mirex s'accumulent aussi en quantité considérable dans l'estuaire du Saint-Laurent. La masse totale de ces composés dans les sédiments est estimée à approximativement deux tonnes (Lebeuf *et al.*, données non publiées; Comba *et al.*, 1993).

De telles quantités de produits toxiques dans les sédiments constituent un problème potentiel que les autorités responsables de l'environnement ne peuvent ignorer. On sait que les organismes des niveaux trophiques supérieurs de la chaîne alimentaire du Saint-Laurent renferment des teneurs élevées en contaminants (les mêmes que ceux trouvés dans les sédiments), tels le mercure, le plomb et une variété de composés organochlorés (Wageman *et al.*, 1990; Martineau *et al.*, 1988). Cependant, on ne possède pas encore un tableau d'ensemble de la dynamique des produits chimiques toxiques dans la chaîne alimentaire et la possibilité que le sédiment en soit l'un des vecteurs importants n'a jamais été examinée. Pourtant, plusieurs auteurs proposent présentement des modèles permettant de prévoir le degré d'accumulation de produits chimiques toxiques à différents paliers trophiques de la chaîne alimentaire, en fonction de données sur les sédiments (Thomann *et al.*, 1992; Parkenton *et al.*, 1993; Tessier *et al.*, 1993). Notre projet vise donc à vérifier la pertinence de ces modèles pour le Saint-Laurent et, par le fait même, à donner aux gestionnaires de l'environnement les outils de prévision requis pour évaluer, en fonction de données quantitatives sur la qualité des sédiments, l'accumulation des contaminants dans les organismes benthiques et les poissons de fond du Saint-Laurent marin.

Le projet mettra à profit les résultats de deux programmes de surveillance à long terme de contaminants réalisés dans le cadre du Plan vert : l'un porte sur les poissons (#302-93-4), l'autre sur les sédiments (#302-93-5). Des données complémentaires devront cependant être obtenues pour les sédiments et les organismes benthiques. Des expériences de contrôle en laboratoire seront aussi réalisées en vue de confirmer les hypothèses. Collaboreront au projet: C. Gobeil (IML), spécialiste des contaminants inorganiques et des sédiments marins du Saint-Laurent, K.T. Shum (IML), physicien expert en modélisation des processus sédimentaires, N. Silverberg (IML), biogéochimiste et expert en benthocosme, G. Desrosiers (COR-UQAR), spécialiste de la faune benthique et B. Sundby (COR-INRS), spécialiste de

la chimie des sédiments. M. Lebeuf (IML), spécialiste des contaminants organochlorés et des sédiments, sera le responsable du projet.

DESCRIPTION TECHNIQUE

1. Hypothèses et objectif

Ce projet a pour objectif de vérifier les trois hypothèses énoncées ci-dessous.

Hypothèse # 1: Dans l'estuaire du Saint-Laurent, la répartition des contaminants entre les différents compartiments abiotiques (sédiment, eau interstitielle, colonne d'eau etc.) est régie par des coefficients de distribution à l'équilibre.

Hypothèse # 2: Les organismes des niveaux trophiques inférieurs de la chaîne alimentaire, tels les annélides polychètes de l'endofaune benthique (vers marins), sont comparables à des réservoirs passifs de contaminants dans lesquels les concentrations de ces derniers sont en équilibre avec celles des compartiments abiotiques.

Hypothèse # 3: L'accumulation des contaminants dans les poissons de fond, tels le flétan du Groenland, la plie canadienne etc., s'effectue pour une large part à travers les organismes benthiques dont les poissons s'alimentent, et peut-être définie en fonction de constantes biologiques et de données portant sur la qualité des sédiments.

2. Fondement scientifique des hypothèses

La modélisation des processus de transfert des contaminants aux organismes aquatiques constitue présentement un domaine de recherche très actif (Connoly, 1991; Thomann, *et al.*, 1992; Parkenton, *et al.*, 1993; Bierman, 1990; Lake *et al.*, 1990; Muir *et al.*, 1992). Les différents travaux effectués ont notamment permis de confirmer, dans certains cas spécifiques, les hypothèses que nous avons énoncées. Par exemple, il a été démontré (Di Toro *et al.*, 1991) que la distribution de contaminants organiques non ioniques, tels les composés organochlorés, entre l'eau et le sédiment est régie par un coefficient dit de partage à l'équilibre, $K_{oc}S$, s'exprimant sous la forme où $[C_{org}]$ représente la concentration dans l'eau du contaminant

$$K_{oc}S = \frac{\{C_{org}S\}}{[C_{org}]} \qquad (1)$$

considéré, et $\{C_{org}S\}$ sa concentration dans les sédiments pondérée en fonction du contenu total en matière organique, principale phase du sédiment dans laquelle les contaminants sont solubilisés.

D'une manière similaire, il apparaît que la répartition de certains contaminants entre l'eau et les organismes de paliers trophiques inférieurs de la chaîne alimentaire puisse être définie au moyen d'un coefficient de partage à l'équilibre, $K_{oc}b$, s'exprimant par la relation

$$K_{oc}b = \frac{\{C_{org}B\}}{[C_{org}]} \qquad (2)$$

où $\{C_{org}B\}$ représente la concentration du contaminant considéré dans l'organisme pondérée en fonction du contenu total en lipide, principale phase dans laquelle les contaminants sont solubilisés chez les organismes. Ainsi, les organismes des niveaux trophiques inférieurs, notamment les vers marins ou benthi-

ques, peuvent être considérés comme des réservoirs passifs de lipides dans lesquels les contaminants sont en équilibre avec ceux des compartiments abiotiques.

La combinaison des équations 1 et 2 permet de définir une troisième constante, BSF, appelée coefficient ou facteur biote-sédiment,

$$BSF = \frac{\{C_{org}B\}}{\{C_{org}S\}} = \frac{K_{oc}b}{K_{oc}s} . \qquad (3)$$

Or, selon certains auteurs (Rubinstein *et al.*, 1987; Bierman 1990; Lake *et al.*, 1990), il semble que les valeurs de ce facteur varient selon les contaminants et les organismes, mais sont indépendantes du milieu aquatique considéré. En d'autres termes, il est possible, lorsqu'on connaît le facteur BSF d'un produit chimique toxique, de prévoir sa concentration dans des organismes comme les vers benthiques uniquement en fonction de données sur les sédiments.

La prévision des teneurs en contaminants chez les organismes de paliers trophiques plus élevés de la chaîne alimentaire, tels les poissons, nécessite cependant que l'on considère certains paramètres physiologiques et comportementaux de ces organismes (Thomann, 1989; Connoly, 1991; Muir *et al.*, 1992). En effet, Thomann *et al.*, (1992) proposaient récemment un modèle qui expliquerait le transfert des contaminants vers les poissons en fonction de constantes biologiques et de coefficients de partage à l'équilibre des contaminants entre les compartiments abiotiques et les organismes des paliers trophiques inférieurs. Ainsi, la bioaccumulation des contaminants chez un poisson de fond se nourrissant d'organismes benthiques pourrait s'exprimer par la relation

$$\{C_{org}P\} = \frac{\alpha\ I_L\ BSF\ \{C_{org}S\}}{K + G} \qquad (4)$$

où $\{C_{org}P\}$ est la concentration du contaminant considéré dans le poisson pondérée par son contenu en lipide, BSF le facteur biote-sédiment spécifique au contaminant et à l'organisme benthique servant de vecteur de transfert, tandis que I_L, K, G et α, sont des constantes biologiques représentant respectivement les taux de consommation de nourriture, d'élimination métabolique, de croissance et d'efficacité d'assimilation des contaminants. Selon cette dernière relation, la bioaccumulation des contaminants dans les poissons ($\{C_{org}P\}$) est fonction d'une seule variable reliée à la qualité du sédiment, en l'occurrence $\{C_{org}S\}$.

Dans ce projet nous voulons donc vérifier la pertinence de modèles d'incorporation de contaminants dans la chaîne alimentaire, tel qu'exposé ici pour les composés organochlorés, au cas spécifique de certains organismes du Saint-Laurent marin, notamment à celui de poissons de fond du chenal Laurentien, tels le flétan du Groenland et la plie canadienne, dont la diète est constituée pour une large part de vers benthiques (Scott et Scott 1988).

3. Méthodes

Année 1994-95: (1) Inventaire des données disponibles sur les organochlorés (BPC, dioxines, furannes et mirex) et les métaux dans les sédiments et les organismes du chenal Laurentien. (2) Sélection des stations et des organismes benthiques (des informations préliminaires suggèrent que les polychètes des familles *maldanidae maldane sarsi et ampharetidae ampharate acutrifon* seraient des organismes de choix). (3) Sortie en mer en vue de recueillir des sédiments et des organismes benthiques. (4) Développement de

méthodes d'analyses de contaminants dans les organismes benthiques. (5) Début de l'analyse des échantillons de sédiments. (6) Transfert des données au SIC du Plan vert.

Année 1995-96: (1) Étude approfondie de la littérature sur les modèles de transfert des contaminants aux organismes. (2) Sortie en mer pour récolter des sédiments et des organismes benthiques. (3) Poursuite de l'analyse des composés recherchés (organochlorés et métaux) dans les sédiments et les organismes. (4) Détermination des facteurs BSF pour les organismes et les contaminants considérés. (5) Développement des protocoles en vue d'effectuer des expériences de contrôle en laboratoire. (6) Choix des compartiments abiotiques les plus significatifs et acquisition de données analytiques pour ces compartiments. (7) Transfert des données au SIC du Plan vert.

Année 1996-97: (1) Sortie en mer pour recueillir des organismes benthiques et du sédiment pour remplir des aquariums. (2) Expériences de contrôle en laboratoire. (3) Préparation d'un rapport statistique de données sur la présence des contaminants dans les organismes benthiques. (4) Début de modélisation des résultats. (5) Confrontation des résultats obtenus avec ceux de la littérature. (6) Préparation de manuscrits pour publication. (7) Transfert des données au SIC du Plan vert.
Année 1997-98: (1) Poursuite et fin des travaux en laboratoire. (2) Synthèse des données. (3) Modélisation des résultats. (4) Préparation des rapports et des articles scientifiques. (5) Rédaction d'un rapport final. (6) Transfert des données au SIC du Plan vert.

3. Biens livrables

Plusieurs biens livrables seront issus de ce projet: (1) Méthodes analytiques permettant de doser les contaminants (organochlorés et métaux) dans les organismes benthiques. (2) Données sur les contaminants dans les organismes benthiques du Saint-Laurent marin, lesquelles seront transférées au SIC du Plan vert. (3) Données complémentaires sur les contaminants dans les sédiments et poissons de fond, lesquelles seront transférées au SIC du Plan vert. (4) Liste de critères de qualité des sédiments afin de répondre à des normes d'incorporation des contaminants dans la chaîne alimentaire. (5) Modèle de prévision de prise en charge de contaminants par les organismes benthiques basé sur la qualité des sédiments et les facteurs BSF déterminés pour le milieu. Ces biens seront livrés sous la forme de rapport statistiques, techniques, et d'articles publiés dans des journaux scientifiques avec comité de lecture. Un rapport final de projet incluant les recommandations appropriées sera préparé à l'intention des gestionnaires des Pêches et de l'Habitat.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet répond aux grandes priorités du volet «Impacts des contaminants sur les poissons marins» du SLV 2000 de la Direction générale des sciences à l'IML. Ils a été conçu pour rencontrer les objectifs portant sur l'évaluation de la répartition spatiale des contaminants dans le milieu et les poissons, et sur le cheminement des contaminants dans le milieu marin et les mécanismes d'incorporation dans la chaîne alimentaire.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

La protection contre la pollution du poisson et de son habitat constitue une priorité pour le MPO. Même dans un environnement relativement peu pollué comme l'estuaire du Saint-Laurent, certains organismes peuvent concentrer dans leurs tissus des produits chimiques, possiblement nuisibles à leur santé ou à leur reproduction. On en connaît aussi les conséquences désastreuses sur les pêcheries; dans certains cas

extrêmes, des niveaux trop élevés de contaminants dans les organismes peuvent entraîner jusqu'à la fermeture pure et simple d'une pêcherie. Le présent projet permettra de mieux informer les gestionnaires de l'Inspection et de l'Habitat de l'état de la situation des contaminants dans le Saint-Laurent marin.

BÉNÉFICES

En fournissant des données de qualité sur la présence et la distribution des contaminants dans le milieu et ses ressources vivantes, ce projet contribue à assurer dans un contexte durable la protection et la conservation de l'écosystème marin du Saint-Laurent.

COORDINATION

Ce projet, sous la responsabilité de M. Lebeuf, regroupera des spécialistes en modélisation, en écologie benthique aquatique, en biogéochimie, et en chimie analytique (voir plus haut). Il sera réalisé en partenariat avec le Centre océanographique de Rimouski.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Ce projet servira à développer une expertise sur l'incorporation des contaminants dans la chaîne alimentaire qui nous permettra (1) d'informer sur la contamination des organismes benthiques, des sédiments et des poissons de fond, (2) de donner des avis de qualité aux gestionnaires des Pêches et de l'Habitat sur le transfert de contaminants des sédiments aux différents paliers de la chaîne trophique et (3) de représenter le MPO à des colloques et rencontres de travail sur les contaminants. Le modèle de prévision du transfert des contaminants du sédiment vers les organismes benthiques et poissons de fond, qui sera élaboré au cours du projet, facilitera la prise de décision concernant l'octroi des permis de dragage.

RÉFÉRENCES

Bierman V.J. (1990) Environ. Sci. Technol. 246:1407-1412.

Comba M.E., R.J. Norstrom, C.R. Macdinald, et K.L.E. Kaiser (1993) Environ. Sci. Technol. 27: 2198-2206.

Connolly J.P. (1991) Environ. Sci. Technol. 25: 760-770.

Di Toro D.M., Zabra C.S., Hansen D.J., Berry W.J., Swartz R.C., Cowan C.E., Pavlou S.P., Allen H.E., Thomas N.A., et Paquin P.R. (1991) Environ. Toxicol. Chem. 10:1541-1583.

Gobeil C. (1993) 20e Colloque annuel de toxicologie aquatique. Québec (Québec) 17-21 octobre.

Gobeil C., et D. Cossa. (1993) Can. J. Fisher. Aquat. Sci. (sous presse).

Gobeil C., et N. Silverberg. (1989) Geochimica et Cosmochimica Acta, 53: 1889-1895.

Martineau D., P. Béland, C. Desjardins, et A. Lagacé (1987) Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16: 137-147.

Muir D.C.G., Fairchild W.L., Whittle D.M. (1992) Water Poll. Res. J. Canada 27: 487-507.

Lake J.l., Rubinstein N.I., Lee H., C.A. Lake, J.M. Heltshe, et S. Pavignanos. 1990. Environ. Toxicol. Chem. 9:1095-1106.

Parkerton T.F., J.P. Connolly, R.V. Thomann, et C.G. Uchrin. (1993) Environ. Toxicol. Chem. 12:507-523.

Rubinstein, N.I., J.L. Lake, R.J. Pruell, H. Lee, B. Tarplin, J. Heltshe, R. Bower, et S. Pavignano. (1987) Technical report. U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS.
Tessier A., Y. Couillard, P.G.C. Campbell, et J.C. Auclair. (1993) Limnol. Ocean. 38:1-17.
Thomann R.V., J.P. Connolly, et T.F. Parkerton. (1992) Environ. Toxicol. Chem. 11:615-629.
Scott W.B., et M.G. Scott. (1988) Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219: 731p.
Wageman R., R.E.A Stewart, P. Béland, et C. Desjardins. (1990) Can. J. Fisher. Aquat. Sci., 224: 191-206.

FINANCEMENT

		94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	50	75	47.1	30	202.1
	Cap. ($K)		75			75
	Sal. ($K)*					
	ETP**					
	Total	50	150	47.1	30	277.1
Autres ($ K)***						

JUSTIFICATION DU BUDGET

E&E ($ K)	94-95	95-96	96-97	97-98
Entretien d'instrument	1	2	1	1
Matériel de laboratoire	3	3	2	1
Composés chimiques	3	5	2	1
Aide temporaire	8	8	8	8
Analyses chimiques (contrat secteur externe)	13	18	10.1	4
Mission de prélèvement d'échantillons (contrat sec. universitaire)	5	5	5	--
Publication	--	2	2	3
Rencontre-formation	2	2	2	2
Accord d'entreprise conjointe (IML-COR)	15	30	15	10
CAPITAL ($K)				
Analyseur de Hg	--	30	--	--
Auto-injecteur et détecteur de confirmation pour GC	--	30	--	--
Bbenthocosmes à échelle réduite	--	15	--	--

Le coût de ce projet est justifié par le fait que le prix de certaines analyses chimiques sera très élevé (jusqu'à 1000$ par échantillon). Un accord d'entreprise conjointe sera paraphé avec le COR pour la réalisation d'expériences en laboratoire. L'achat d'un analyseur de mercure avec détecteur à fluorescence atomique, d'un auto-injecteur et d'un détecteur de confirmation pour un chromatographe à gaz ainsi que du matériel de laboratoire sera requis.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-93

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Évaluation et surveillance de « nouveaux » contaminants dans le Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Gordon Walsh
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0577 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉE DE PROJET

Juanita N. Gearing
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0590 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Mesurer les concentrations de « nouveaux » polluants près d'effluents municipaux et industriels;
- Évaluer la qualité du milieu près des effluents municipaux.

SOMMAIRE

Plusieurs composés organiques potentiellement nocifs n'ont jamais été mesurés dans le Saint-Laurent, alors que la littérature indique que certains de ces composés sont toxiques et persistants dans l'environnement, notamment les « linear alkyl benzenes » (LABs), les « trialkylamines » (TAMs) et les diterpenoids. Les LABs sont utilisés pour fabriquer les détergents. Leur présence dans le Saint-Laurent peut être inférée des évidences suivantes : 1) des observations éparses montrent des concentrations élevées dans les eaux du Saint-Laurent ; et 2) les eaux usées municipales sont une des principales sources. L'ouverture d'une usine pour les fabriquer en 1995 près de Montréal (Vista Chemicals) conduira sans doute à un apport plus grand. Les diterpenoids sont des composés toxiques qui ont aussi été mesurés dans quelques sédiments du Saint-Laurent. Le but de cette étude est de déterminer les niveaux sédimentaires de ces polluants. Nous analyserons d'abord des échantillons de sédiments du fleuve, de l'estuaire et du golfe déjà en notre possession. En 94-95 et 95-96, nous allons échantillonner et analyser des sédiments prélevés près d'effluents des villes majeures pour évaluer les impacts de ces composés sur la qualité du milieu. Afin de réduire les coûts et d'obtenir des données complémentaires, des sites seront échantillonnés en coordination avec un projet du Plan vert Produits toxiques (contamination des organismes par des composés organiques traditionnels) et avec un projet du programme SLV 2000 (évaluation de la qualité du milieu à l'aide de biotests).

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Base de données sur les contaminants étudiés;
- Rapports techniques sur les niveaux au large et près des effluents.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-93 (non financé en 94-95)

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants
TITRE : **Évaluation et surveillance de « nouveaux » contaminants dans le Saint-Laurent.**

JUSTIFICATION

Une partie importante du programme pour protéger et gérer l'écosystème du Saint-Laurent est la documentation des niveaux et le comportement des composés qui sont potentiellement nuisibles. Pour cette raison, on a examiné plusieurs polluants « prioritaires ». Néanmoins, le développement continu des activités industrielles et humaines rend nécessaire l'étude des autres composants persistants et toxiques. Certains de ces composés, comme les benzènes alkylés (LAB) et les diterpenoïdes (DITERP), pourraient avoir des effets significatifs sur le Saint-Laurent et devraient être étudiés. L'étude de ces composés fournira des données complémentaires aux études de polluants prioritaires traditionnels. Le comportement de ces composés étant affecté par les mêmes processus, aucun coût supplémentaire ne sera engendré par l'échantillonnage et l'extraction. Sans études sur les « nouveaux » contaminants, le Canada ne sera pas prêt à répondre aux questions environnementales éventuelles.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Vue d'ensemble

Parmi les nombreux polluants organiques qui pourraient entrer dans l'environnement marin et qui comporte un risque potentiel, seulement une petite partie (comme les HAP, BPC, quelques pesticides, etc.) est incluse pour le moment dans les listes des polluants « prioritaires ». Mais cela est en train de changer, parce que la littérature environnementale indique que certains composés non traditionnels sont importants à cause de leurs toxicités et leurs persistances. On propose d'examiner quelques-uns de ces « nouveaux » contaminants - les benzènes alkylés (LAB), les diterpenoïdes (DITERP) et, peut-être, les amines alkylés (TAM) ou les composés aromatiques hétérocycliques (AH).

Pourquoi examinerait-on les LAB? Les LAB contiennent un anneau de benzène substitué avec une chaîne linéaire d'hydrocarbures. Ils sont utilisés pour fabriquer les détergents et comme des remplacements pour les BPC (Takada et Ishiwatari, 1991). Autour de 25 000 tonnes sont utilisés chaque année au Canada (Gledhill *et al.*, 1991). Leur dosage dans les sédiments au large de la Californie (Eganhouse *et al.*, 1983; Chalaux *et al.*, 1992), de l'Espagne (Bayona *et al.*, 1991), de l'Angleterre (Raymundo et Preston 1992; Preston et Raymundo 1993), de l'Australie (Murray *et al.*, 1987) et du Japon (Ishiwatari *et al.*, 1983; Takada et Ishiwatari 1987) ainsi que leurs concentrations dans les poissons au Wisconsin (Peterman et Delfino 1990) ont été utilisés comme un excellent traceur de la pollution par les eaux usées. Mais ils n'ont jamais été examinés dans les sédiments et poissons du Saint-Laurent.

Leur présence dans le Saint-Laurent peut être inférée des évidences suivantes. Premièrement, ils ont été mesurés dans les eaux de l'estuaire du Saint-Laurent en 1990 (projet PASL1). Leurs concentrations, qui s'élèvent jusqu'à 133 ng/L (moyenne de 11 ng/L), sont semblables à celles que l'on retrouve près des aires considérablement polluées, comme Barcelone (Bayona *et al.*, 1991). Deuxièmement, les eaux usées, la

source principale des LAB dans les milieux marins, parviennent dans les eaux du Québec sans traitement (donc à des concentrations maximales de LABs). Troisièmement, une compagnie (Vista Chemicals) propose d'ouvrir la première usine de LABs au Canada en 1995, près de Montréal. Cette usine produira 2.2 X 10^8 livres de LABs par année.

Les LAB sont toxiques, bioconcentrés et persistants comme les HAP et les BPC, auxquels ils sont reliés chimiquement. Ils ont été trouvés en hautes concentrations dans les moules et les poissons (avec des facteurs lipidiques de bioconcentration de 3,5 à 4; Peterson et Delfino, 1990; Murray *et al.*, 1991). Comme les HAP, ils sont métabolisés par quelques organismes (Takada et Ishiwatari 1990; Bayona *et al.*, 1991), mais ils peuvent persister dans les sédiments pendant plusieurs années.

Pourquoi les diterpenoïdes (DITERP) sont-ils importants? Ce sont des composés cycliques avec des caractères chimiques plus ou moins aromatiques. Les plus aromatiques, comme le retène, agissent de la même façon que les HAP (Simoneit, 1977). Quelques-uns de ces composés ont déjà été trouvés incidemment dans les études des sédiments du Saint-Laurent (Gearing *et al.*, sous presse), sans qu'aucun examen systématique de tous ces composés n'ait été effectué. Un tel examen est surtout important parce qu'on a mesuré des concentrations très hautes de retène et de trois autres DITERP dans le fjord du Saguenay (Gearing *et al.*, soumis), et parce qu'on a appris que des concentrations semblables ont été trouvées près des usines de pâte et papier en Ontario, où les chercheurs ont déterminé la toxicité du retène (T. Murphy, comm. pers.).

Quelques autres « nouveaux » contaminants seraient aussi intéressants à étudier. Les amines alkylés (TAM) sont des indicateurs des détergents ioniques (Bayona *et al.*, 1991). Ils sont plus polaires et ont un comportement dans le milieu différent des LAB et DITERP. Un autre groupe de produits chimiques sont les composés aromatiques hétérocycliques (AH). Ayant généralement l'azote ou le soufre dans leurs structures chimiques, ces produits peuvent être très toxiques. Il n'y a rien de connu concernant ces composés dans le Saint-Laurent.

Pour évaluer la teneur de ces composés dans le Saint-Laurent, on peut considérer les sédiments comme un registre du présent et du passé. Nous prendrons les sédiments comme compartiment principal de monitorage de l'environnement du Saint-Laurent parce qu'ils offrent plusieurs avantages. (1) Les sédiments agissent comme des intégrateurs temporaux. Donc ils réduisent la grande variabilité temporelle des concentrations des contaminants dans l'environnement. (2) Les sédiments sont parmi les échantillons les moins coûteux à prélever et à analyser. (3) Les sédiments reflètent les événements dans une région bien définie. On augmentera l'information dérivée des sédiments avec des analyses de poissons et d'invertébrés qui vivent dans les mêmes régions.

Un avantage de l'utilisation de ces groupes de composés est qu'une grande partie du travail de préparation des échantillons est le même que celui des HAP. Cela signifie qu'on peut utiliser les aliquots des extraits de sédiments déjà faits pour les autres projets et que les extraits faits pendant ce projet peuvent être utilisés plus tard pour les projets sur les HAP.

Sommaire par année

En 1993-1994, on aura seulement quelques mois pour travailler. L'accent sera mis sur la mise en pratique des méthodes pour les DITERP et les LAB. Les objectifs seront d'engager un contractuel pour faire les analyses, et de commencer sa formation. En même temps, on fera examiner en profondeur la littérature concernant ces composés (un autre contractuel), en livrant un rapport écrit sur ces composés. En laboratoire, on va faire les tests nécessaires pour la quantification des LAB dans le sédiment, comme déterminer le pourcentage de récupération et la précision ainsi que mesurer les facteurs de réponse pour

chaque composé. S'il nous reste du temps, on commencera les analyses sur les extraits des sédiments préparés précédemment pour d'autres projets. L'hypothèse est que les sédiments ont des niveaux de LAB et de DITERP qui reflètent (avec une intégration saisonnière) leurs concentrations déjà mesurées dans les eaux du Saint-Laurent.

Ce projet sera non financé en 1994-1995. Il se pouruivra l'année suivante.

En 1995-1996, les objectifs seront (1) de finir le développement des méthodes pour les LAB et les DITERP, (2) d'analyser ces deux groupes de contaminants dans les extraits des sédiment au large dans l'estuaire du Saint-Laurent, le fjord du Saguenay et la partie nord du golfe (Gaspé et Sept-Îles), et (3) de prélever d'autres sédiments et des organismes. L'hypothèse est que les niveaux sédimentaires de LAB et DITERP ont changés avec l'augmentation des activités humaines (siècle dernier). Les méthodes seront les mêmes que celles de l'année précédente, sauf qu'on va essayer d'élever la sensibilité d'analyse en utilisant le monitorage des ions sélectionnés sur le spectromètre de masse (M/Z = 91, 105, 123 en plus des ions des parents). Vers la fin de l'année, on produira un rapport technique concernant les niveaux des LAB et des DITERP dans les sédiments marins au large et l'évolution de ces concentrations.

En 1996-1997, les objectifs seront (1) de finir toutes les analyses qui restent à faire pour des LAB et des DITERP, (2) de produire un rapport technique sur ces résultats, (3) de choisir d'autres groupes de polluants à analyser (AH, TAM ou autres) en examinant les résultats à jour, (4) de mettre au point la méthodologie pour les composés choisis, (5) de faire les analyses des composés choisis dans les extraits déjà préparés et mis en ordre de priorité et (6) de prélever les derniers échantillons. L'hypothèse est qu'on peut expliquer plus précisément les changements dans le milieu si l'on a de l'information concernant les changements dans une partie plus grande des produits toxiques qui sont là. Les méthodes pour les « nouveaux » produits choisis vont inclure une extraction et un travail de préparation des échantillons semblables à ceux utilisés pour les LAB et les DITERP. On va utiliser le spectromètre de masse pour les identifier et les quantifier. Les biens livrables seront un rapport technique sur les niveaux de LAB et de DITERP près des villes du Québec et un rapport écrit sur les méthodes et résultats pour le nouveau groupe de composés (probablement les AH).

Dans la dernière année (1997-1998), les objectifs seront (1) de finir les analyses de LAB et de DITERP dans les échantillons pris en 1996-1997, (2) de finir les analyses d'AH (ou d'un autre groupe) dans les extraits, et (3) de synthétiser tous les résultats dans un rapport d'interprétation couvrant les cinq années.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet s'adresse aux objectifs généraux suivants du programme SLV 2000 : (1) d'évaluer la répartition spatiale (incluant la variabilité) des contaminants dans le milieu et les poissons et (2) d'étudier le cheminement des contaminants dans le milieu marin. Plus spécifiquement, il va fournir les données sous forme de rapports techniques et d'articles scientifiques interprétatifs sur les facteurs qui influencent la distribution de ces « nouveaux » contaminants.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

La protection des organismes aquatiques contre la pollution constitue une des priorités du MPO. Le présent projet a été conçu pour que nous soyons en mesure d'informer les gestionnaires de l'inspection de l'habitat et la haute direction du ministère de l'état de la situation des contaminants dans la région du Québec et comment elle évolue.

BÉNÉFICES

Ce projet fournira de l'information concernant trois points particuliers:

(1) L'apport de l'usine Vista Chemicals dans les niveaux de LAB dans l'environnement marin;
(2) L'évolution des teneurs en LAB et DITERP en relation avec le traitement des eaux usées au Québec;
(3) La relation entre les DITERP et les effluents des usines de pâte et papier.

COORDINATION

Ce projet va coordonner ses efforts d'échantillonnage et d'extraction avec des projets du programme du Plan vert sur les produits toxiques et de la base A pour plus d'efficacité.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les données brutes vont être placées dans les banques de données informatisées pour l'usage de tous les canadiens incluant les gestionnaires de l'environnement. Elles seront utiles pour comparer les régions du Saint-Laurent entre elles et pour comparer le Saint-Laurent et les autres pays, pour connaître les changements avèc le temps, et pour les modèles numériques de transport des contaminants.

RÉFÉRENCES

Anon. (1993) Chem. Engin. News, 26 juillet 1993, p.4-5.
Bayona *et al.* (1991) Chemosphere 23: 313-326.
Chalaux *et al.* (1992) Mar. Pollut. Bull. 24: 403-407.
Eganhouse *et al.* (1983) Environ. Sci. Technol. 17: 523-530.
Ishiwatari *et al.* (1983) Nature 301: 599-600.
Gearing *et al.* (sous presse) In: Fluxes to Estuaries (K. Dyer, ed.)
Gearing *et al.* (soumis) Actes du 20e colloque de toxicol. aquat.
Gledhill *et al.* (1991) Environ. Toxicol. Chem. 10: 169-178
Murray *et al.* (1987) Mar. Environ. Res. 23: 65-76.
Murray *et al.* (1991) Mar. Pollut. Bull. 22: 595-603.
Peterman et Delfino (1990) Biomed. Environ. Mass Spec. 19: 755-770
Raymundo et Preston (1992) Mar. Pollut. Bull. 24: 138-146.
Preston et Raymundo (1993) Environ. Pollut. 81: 7-13.
Simoneit (1977) Geochim. Cosmochim. Acta 41: 463-476.
Takada et Ishiwatari (1987) Environ. Sci. Technol. 21: 875-883.
Takada et Ishiwatari (1990) Environ. Sci. Technol. 24: 86-91.
Takada et Ishiwatari (1991) Wat. Sci. Tech. 23: 437-446.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	25.5	0	80.0	30.0	20.0	155.5
	Cap. ($K)	15	0	0	0	0	15.0
	Sal. ($K)*	0	0	0	0	0	0.0
	ETP**						
	Total	40.5	0.0	80.0	30.0	20.0	170.5
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

1993-1994	Capital:	15K injecteur automatique (chromatographe)
	E&E:	7K composés chimiques (gaz, standards, solvants)
		4K colonnes chromatographiques
		4K service des instruments
		20K contractuels (2 personnes @ 3 mois)
1995-1996	E&E	10K composés chimiques (gaz et solvants)
		8K service des instruments
		40K contractuel (1 personne-année)
		5K 2 jours mission
1996-1997	E&E	10K composés chimiques (gaz et solvants)
		8K service des instruments
		40K contractuel (1 personne-année)
		4K publication d'un rapport technique
1997-1998	E&E	5K composés chimiques (gaz et solvants)
		4K service des instruments
		40K contractuel (1 personne-année)
		4K publication d'un rapport technique

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-93-6
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Approche allométrique pour étudier l'incorporation, la concentration et le transport de composés organiques (e.g. contaminants) dans le réseau trophique du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Compléter la compilation et la rédaction de rapports techniques et de données sur le projet du PASL-1 mentionné en titre (incluant répartitions spatio-temporelle du phytoplancton, des bactéries et d'autres variables échantillonnées et leur contenu en contaminants organiques);
- Effectuer l'analyse statistique de ces données et préparer des manuscrits pour publication des résultats dans des journaux primaires et pour diffusion au public via certains média de vulgarisation.

SOMMAIRE

Dans le cadre du PASL-1, de nombreux échantillons ont été récoltés dans l'estuaire du Saint-Laurent (entre Québec et Mont-Joli) dans le but d'étudier l'incorporation et le cheminement des contaminants dans la chaîne trophique. Ce projet, supervisé par J.-C. Therriault et réalisé en collaboration avec J. Gearing et S. Demers, a été financé par la DRS (J. Boulva), la DRGPH (Y. Vigneault). Nous avons maintenant complété les analyses en laboratoire et nous avons débuté la compilation des résultats pour réaliser des rapports de données. Malheureusement, en 1993-94 l'absence de fonds pour le PASL-1 a ralenti considérablement ce processus et il nous a été impossible de rencontrer les échéanciers fixés. Tout de même, il nous a été possible de préparer deux communications avec nos données préliminaires qui ont été présentées à l'ACFAS (Rimouski) l'été dernier. Tous s'accordent pour dire que nous possédons une base de données fort intéressante qu'il faut exploiter le plus rapidement possible. Cette proposition vise donc à compléter (à contrat) la compilation de nos données du projet du PASL-1 afin de réaliser les rapports techniques et de données nécessaire à la diffusion de l'information recueillie à la clientèle intéressée. Nous comptons également confier au Centre de recherche sur l'écologie du Saint-Laurent (Jean Painchaud) la responsabilité de l'analyse et de la préparation de publications sur ces données (sous supervision étroite des chercheurs impliqués dans le projet).

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Rapports techniques et de données décrivant la distribution spatio-temporelle (cartes & graphiques) des variables océanographiques et de certains contaminants organiques (i.e. HAP & BPC) associés aux organismes et aux particules de différentes tailles entre Québec et Mont-Joli en 1990 et 1991;
- Rédaction de manuscrits pour publication primaire et pour diffusion aux gestionnaires de l'environnement et au public canadien en général.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-93-6

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Approche allométrique pour étudier l'incorporation, la concentration et le transport de composés organiques (e.g. contaminants) dans le réseau trophique du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

La complexité des interactions biologiques entre les principaux groupes d'organismes dans un écosystème marin typique tel celui du Saint-Laurent est très grande, même en faisant abstraction des facteurs hydrodynamiques qui, de toute façon ont une influence générale sur tout l'écosystème. On constate qu'il existe un «pool de substances organiques et inorganiques» comprenant des substances toxiques et non toxiques qui proviennent de l'atmosphère (CO_2, N_2 et autres), de l'activité humaine (e.g. déversements industriels, urbains ou agricoles), de l'activité même des organismes dans le milieu (e.g. excrétion de métabolites), et finalement des processus naturels de reminéralisation. La production de particules s'effectue (1) de façon autotrophe (photosynthèse utilisant la lumière comme énergie) par le phytoplancton (petites et grosses cellules) qui utilise directement les substances inorganiques du pool (CO_2 et sels nutritifs) pour synthétiser de la matière organique primaire, et (2) de façon hétérotrophe par les bactéries qui utilisent directement le pool de substances organiques. Ces particules primaires et les composés qui y sont associés sont par la suite broutés et incorporés dans la chaîne alimentaire selon un réseau fort complexe d'interactions entre organismes de différents niveaux trophiques qui pourrait se résumer grossièrement comme suit: Phytoplancton & Bactéries → Microzooplancton → Zooplancton → Ichtyoplancton → Poissons & organismes benthiques → Mammifères marins.

Les contaminants organiques peuvent donc emprunter deux voies principales pour pénétrer et cheminer dans le réseau trophique. De façon très schématique, on constate que l'une des voies est celle des diatomées (grosses cellules > 5 µm) qui sédimentent vers le benthos ou qui sont broutées directement par le zooplancton et l'ichtyoplancton avant de passer au benthos (pelotes fécales) ou aux poissons et aux mammifères marins (prédation). Comme il est reconnu que les diatomées contiennent une importante quantité de lipides (e.g. acides gras) (Dr S. Killham Univ. Michigan, Comm. Pers.) et comme beaucoup de contaminants ont une propension marquée pour les gras, on peut donc émettre l'hypothèse qu'une bonne proportion des contaminants de la colonne d'eau emprunte cette voie pour pénétrer le réseau trophique. Des études récentes ont d'ailleurs démontré que les acides gras synthétisés par les diatomées sont transférés intégralement au zooplancton et aux poissons (voir Fraser & Sargeant, 1989 et autres références contenues dans cet article). Il est également à noter que les diatomées qui sédimentent vers le benthos peuvent également devenir disponibles pour les organismes supérieurs (e.g. crevettes, poissons et mammifères marins) *via* les organismes benthiques. Une seconde voie possible de fixation des contaminants dans le réseau trophique est celle de la boucle microbienne, ce qui présuppose que les bactéries peuvent utiliser certains contaminants comme substrat de croissance. Par l'intermédiaire du microzooplancton et du zooplancton, les contaminants pourraient ensuite être dirigés vers les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. L'objectif principal poursuivi dans ce projet réalisé en grande partie dans le cadre du PASL-1 consistait donc à déterminer l'importance relative de ces deux voies pour l'introduction et le cheminement de certains contaminants organiques dans le réseau trophique du Saint-Laurent.

Pour contourner le problème de la complexité des interrelations spécifiques dans le réseau trophique, nous avons utilisé une approche globale basée sur la taille des particules (approche allométrique). Il s'agissait en fait, de mesurer la concentration des contaminants organiques pour différentes classes de taille de particules (e.g. 0,2-2 µm, 2-20 µm, 20-200 µm, > 200 µm: Sheldon & Parsons, 1967). L'allure de la relation obtenue pouvant ensuite être interprétée en termes d'accumulation, d'élimination ou de transfert (ou autre processus) des contaminants dans le réseau trophique. Par la suite, il est possible de comparer les résultats obtenus pour caractériser des stations, des régions, des saisons, etc., et de relier ces résultats aux structures de communauté observées. On pourra ainsi tirer des conclusions sur le rôle véritable de la chaîne trophique dans l'introduction et la propagation des contaminants dans l'écosystème du Saint-Laurent et élaborer des hypothèses plus spécifiques concernant les processus importants à considérer et à étudier dans le futur. S'il y a lieu, de telles informations pourraient ensuite être utilisées par les gestionnaires de l'environnement pour déterminer les mesures à prendre pour protéger l'écosystème du Saint-Laurent.

L'échantillonnage pour ce projet de recherche s'est effectué dans l'Estuaire aux cinq stations suivantes: St1 (Québec = eau douce, source de contaminants), St2 (Estuaire moyen = zone de turbidité maximale au niveau de St-Siméon), St3 (Saguenay = source secondaire de contaminants), St4 (Tête du chenal Laurentien = Les Escoumins, sédimentation) et St5 (Courant de Gaspé = IML, sorties du système), Ces stations ont été échantillonnées selon 2 modes distincts: (1) deux stations (St1 & St5) ont été échantillonnées à haute fréquence temporelle (bimensuelle en 1990 et hebdomadaire en 1991; sous la responsabilité de Jean Painchaud pour St1 et de Jacques Plourde pour St6) et (2) les cinq stations ont été échantillonnées de façon plus ou moins synoptique à 8 occasions au cours des deux années durant des périodes représentant des régimes hydrologiques distincts (sous la responsabilité de J. Plourde). L'échantillonnage de type (1) a été effectué à partir de petites embarcations et celui de type (2) lors de missions océanographiques à bord de navires océanographiques. L'échantillonnage à chaque station a consisté en des profils verticaux des paramètres physiques et chimiques (éléments nutritifs et contaminants), et de la biomasse et de la productivité phytoplanctonique et bactérienne, et de la biomasse zooplanctonique dans plusieurs classes de tailles. Des échantillons d'organismes benthiques ont également été récoltés.

Ce projet, supervisé par J.-C. Therriault et réalisé en collaboration avec J. Gearing et S. Demers, a été financé par les fonds du PASL-1 provenant principalement de la DRS (J. Boulva) et de la DRGPH (Y. Vigneault). La réalisation de l'échantillonnage haute fréquence à Québec a été confiée à Jean Painchaud du Centre de recherche sur l'écologie du Saint-Laurent. Au cours des années 1991 et 1992, nous avons complété les analyses en laboratoire et nous avons débuté la compilation des résultats afin de préparer des rapports techniques et de données. Malheureusement, en 1993-94 l'absence de fonds pour le PASL-1 a ralenti considérablement ce processus et il nous a été impossible de rencontrer les échéanciers fixés. Tout de même, il nous a été possible de préparer deux communications avec nos données préliminaires qui ont été présentées à l'ACFAS (Rimouski) l'été dernier. Tous s'accordent pour dire que nous possédons une base de données fort intéressante qu'il faut exploiter le plus rapidement possible. Cette proposition vise donc à compléter la compilation de nos données du projet du PASL-1, à présenter ces données sous forme de rapports techniques et de données, et à en effectuer l'analyse pour publications primaires et dissémination de cette information aux gestionnaires de l'environnement et au public canadien en général.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Le travail s'effectuera à contrat par l'engagement d'une main d'oeuvre professionnelle spécialisée pendant une période d'un peu plus de trois ans. De janvier à mars 1994, nous comptons engager un technicien spécialisé (E. Dionne) pour compléter la compilation de la base de données et pour débuter la rédaction

de rapports techniques et de données décrivant la répartition spatio-temporelle des variables étudiées dans la région d'étude. Les analyses statistiques sur ces données seront confiées au Centre de recherche sur l'écologie du Saint-Laurent (Jean Painchaud), qui ayant participé la collection de ces données, possède déjà l'expertise et une bonne connaissance du projet (et aussi les données sur les bactéries). Les travaux d'analyse des données et de rédaction des publications seront supervisés étroitement par les chercheurs de l'IML impliqués dans le projet.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet cadre parfaitement avec l'objectif principal du SLV 2000 qui est d'assurer la conservation et la protection du saint-Laurent dans un contexte de développement durable. Il s'adresse directement au volet «Aide à la prise de décision» qui vise à déterminer l'état des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent. Dans ce contexte, les résultats de nos études sur l'incorporation et le cheminement de contaminants organiques dans le réseau trophique du Saint-Laurent serviront d'information de base pour prendre les décisions qui sont nécessaires afin d'améliorer la gestion et la protection de l'environnement marin du Saint-Laurent.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Comme souligné dans plusieurs rapports qui ont circulé au MPO, la question fondamentale de la présence de contaminants dans le réseau trophique menant au béluga est des plus actuelle et on se doit d'y répondre de façon prioritaire, avant de se lancer dans d'autres études plus complexes. Le présent projet s'attaque directement à ce problème puisqu'il vise à vérifier si les niveaux primaires et secondaires du réseau trophique pélagique pouvaient jouer un rôle déterminant pour l'introduction et le cheminement de contaminants toxiques dans le réseau trophique du Saint-Laurent (l'aire d'habitat du béluga). Comme ce projet vise également à doser les contaminants dans les organismes du benthos dans la zone d'étude, nos résultats sont d'autant plus intéressants. Un effort spécial a aussi été consenti pour mesurer les concentrations de contaminants particulièrement chez quelques organismes comme les euphausiacés qui intègrent la variabilité temporelle et qui sont importants pour les mammifères marins.

Les principaux clients sont les différents ministères et groupes de pression écologiques préoccupés la protection de l'environnement. Le client immédiat est constitué des gestionnaires scientifiques du gouvernement canadien (DFO, Env. Can., Parcs Canada) par l'intermédiaire du programme Plan d'action Saint-Laurent. Cette recherche vise finalement une meilleure protection du public en général, et une conservation de la qualité des environnements aquatiques, ce qui constitue l'essence même du mandat du MPO.

BÉNÉFICES

Ce projet consiste en une étude approfondie des relations entre les bactéries, le phytoplancton et le carbone organique allochtone dans la partie fluviale du Saint-Laurent. Les résultats serviront pour proposer un nouveau modèle de relations entre ces variables. L'information obtenue permettra également de caractériser de façon détaillée les processus fondamentaux liés au flux du carbone et possiblement de certains contaminants dans une partie du Saint-Laurent où nos connaissances sont excessivement minces. Enfin, la base de données recueillies à l'occasion de la réalisation de ce projet pourrait servir plus tard à évaluer l'impact de la mise en opération des usines d'épuration des eaux usées de la Communauté urbaine de Québec en 1992 sur les processus écologiques dans le Fleuve à la hauteur de Québec.

COORDINATION

Coordination avec le Centre d'étude du Saint-Laurent (Jean Painchaud) et les différents chercheurs de l'IML (S. Demers, J. Gearing et J.-C. Therriault)

APPLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats seront publiés dans des rapports techniques et des journaux primaires. Ils seront également diffusés par le biais de présentation à des conférences ou «workshops» spécialisés (e.g. ACFAS). Une synthèse de nos résultats sera également publiée dans une revue de vulgarisation appropriée.

En pratique nous visons réaliser:

1) Rapports de données décrivant la distribution spatio-temporelle (cartes & graphiques) des variables océanographiques et de certains contaminants organiques (i.e. HAP & BPC) associés dans les organismes et les particules de différentes tailles entre Québec et Mont-Joli en 1990 et 1991;
2) Manuscrits pour publication primaire et des articles dans des média de vulgarisation scientifique pour l'information des gestionnaires de l'environnement et le public canadien en général.

RÉFÉRENCES

Fraser, A. J. et J. R. Sargeant 1989. Formation and transfert of fatty acids in an enclosed marine food chain comprising phytoplankton, zooplankton and herring (*Clupea harengus* L.) larvae. Mar. Chem. 27: 1-18;

Sheldon, R. W. et T. R. Parsons 1967. Continuous size spectrum for particulate matter in the sea. J. Fish. Res. Bd. Can., 24: 909-915.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	9.1	45.0	53.0			107.1
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						0.0
	Total	9.1	45.0	53.0	0.0	0.0	107.1
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
-Contrats pour validation des données et compilation	7.5					**7.5**
-Contrat ou entente conjointe pour l'analyse statistique des données et la rédaction de publications		40.0	48.0			**88.0**
-Frais publication, voyages et fournitures diverses	1.6	5.0	5.0			**11.6**
TOTAUX	**9.1**	**45.0**	**53.0**			**107.1**

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-94-9
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Monitoring de l'environnement marin à l'aide de bioessais microbiens**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Gordon Walsh
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0577 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Kenneth Lee
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0592 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

Développer et évaluer un nouveau microbioessai qui sera utilisé dans le monitorage de l'impact de contaminants organiques et inorganiques.

SOMMAIRE

À partir des études scientifiques existantes, il n'est pas encore possible de trouver une conclusion évidente supportant la prémisse que l'impact environnemental de composés toxiques puisse être prédit avec exactitude à la suite de bioessais utilisant une espèce unique. Les efforts futurs pour prédire l'impact de polluants doivent être dirigés vers le développement de tests de toxicité utilisant plusieurs niveaux trophiques. Nous avons ainsi proposé l'utilisation de communautés bactériennes naturelles pour faire le suivi de changements dans l'environnement marin puisqu'elles se retrouvent partout et qu'elles répondent rapidement aux altérations de leurs conditions environnementales.

La toxicité de la plupart des contaminants est attribuée à l'inhibition de l'activité enzymatique. Nos études préliminaires ont démontré des changements dans l'induction de l'activité exoenzymatique de bactéries indigènes (un processus métabolique primaire) en réponse aux contaminants organiques et inorganiques. Cependant, cette réponse toxique n'a pas été estimée pour sa sensibilité envers une grande variété de contaminants. Le projet proposé supportera le développement et la validation de cette méthode biochimique potentielle afin d'estimer l'impact environnemental d'effluents industriels et municipaux, ainsi que celui d'opérations de dragage.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

Microbiotest simple, efficace en termes de coûts, qui permettra la détection rapide de polluants toxiques dans des échantillons complexes de liquides/sédiments recueillis sur le terrain.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 302-94-9

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Impacts des contaminants sur les poissons marins
TITRE : **Monitoring de l'environnement marin à l'aide de bioessais microbiens**

JUSTIFICATION

Objectifs: Développer et évaluer un nouveau microbioessai qui sera utilisé dans le monitorage de l'impact de contaminants organiques et inorganiques. Valider et appliquer cette procédure, basée sur la mesure de changements dans l'activité microbienne exoenzymatique, dans des programmes servant à estimer les impacts environnementaux à des sites régionaux d'intérêt dans des environnements marins et estuariens.

Problématique: En dépit de nombreuses études, il n'est pas encore démontré que l'impact environnemental de composés toxiques puisse être prédit avec exactitude à la suite de bioessais utilisant une seule espèce. Les efforts futurs en vue de prédire l'effet de polluants doivent être dirigés vers le développement de tests d'estimation d'impact qui utilisent plusieurs niveaux trophiques. Comme résultat, une approche utilisant une batterie de tests basés sur l'utilisation de microbioessais est rapidement devenue le protocole standard d'essai écotoxicologique pour l'estimation d'impacts environnementaux. Définis en termes généraux, ces tests impliquent l'exposition d'un organisme unicellulaire ou d'un petit organisme multicellulaire à un échantillon de liquide ou de sédiment de façon à mesurer un effet spécifique (Blaise, 1991). À la fois simples et efficaces en termes de coûts, les microbiotests conduits avec les bactéries, les microalgues, les protozoaires, les petits invertébrés et les cultures de cellules eucaryotes peuvent être utilisés de façon routinière en laboratoire pour classer et dépister des composés chimiques potentiellement toxiques. Ces tests sont très prometteurs pour les estimations d'impacts environnementaux puisqu'ils permettent la détection rapide de polluants toxiques (organiques et inorganiques) dans des échantillons complexes de liquides/sédiments (Lee *et al.*, 1993).

Les sédiments marins agissent comme des puits efficaces pour les contaminants. L'analyse chimique des sédiments d'un site donné permet d'obtenir des informations sur la nature et le degré de la contamination. Cependant, de telles données ne fournissent que peu ou pas d'évidence sur les conséquences biologiques de la contamination. Comme résultat, l'intérêt envers le développement et l'application de bioessais à micro-échelle (microbiotests) a considérablement augmenté dans le domaine de l'écotoxicologie aquatique au cours des 30 dernières années. Les processus biologiques et chimiques intervenant dans les sédiments marins tels que la décomposition de la matière organique, le recyclage des éléments nutritifs et la transformation des métaux traces se font principalement par l'intermédiaire de l'activité des micro-organismes. Ainsi, des effets négatifs sur la composition ou l'activité de cette communauté peuvent nuire à l'écosystème aquatique dans son ensemble. Les effets des contaminants sur la communauté microbienne et ses activités dans les sédiments devraient être considérés comme étant une partie essentielle à toute évaluation d'impact environnemental. Lee *et al.* (1990a) ont proposé l'utilisation de communautés bactériennes naturelles pour faire le suivi des changements dans l'environnement marin puisqu'elles se retrouvent partout et qu'elles répondent rapidement aux altérations de leurs conditions environnementales. Précédemment, les procédures microbiologiques expérimentales étaient basées sur l'utilisation d'espèces indicatrices spécifiques de bactéries pour évaluer l'effet toxique de contaminants (*e.g. Photobacterium phosphoreum* dans le test Microtox®). Cependant, les organismes tests utilisés en laboratoire de façon courante, ceux qui sont facilement conservés sous des conditions de laboratoire, sont habituellement des

souches ayant une grande résistance au stress et sont souvent non représentatifs du biote indigène (*e.g.* la plupart des microalgues dans les cultures sont des "mauvaises herbes" dans l'environnement naturel; les organismes sensibles sont difficiles à isoler et à maintenir en culture). Afin d'obtenir une compréhension globale des impacts environnementaux des contaminants, les effets doivent être étudiés au niveau de l'écosystème et non pas seulement au niveau des populations ou des communautés. Le focus devrait se faire sur les processus métaboliques primaires étant donné qu'une perturbation de ces mécanismes aura des répercussions importantes sur l'ensemble de l'écosystème.

L'importance vitale des enzymes, autant au niveau cellulaire qu'au niveau de l'écosystème, est universellement reconnue. La toxicité de la majorité des contaminants est attribuable à l'inhibition enzymatique. Des bioessais, basés sur l'activité enzymatique, sont généralement plus sensibles que des tests faits à l'échelle de la population (LC_{50}), plus rapides et plus fiables que des mesures de l'activité d'organismes entiers. Cependant, il n'est pas démontré que l'activité d'un enzyme mesurée *in vitro* soit reliée à son activité dans un système vivant en conditions naturelles. Les bioessais s'effectuant avec une mesure directe de l'activité enzymatique dans les sédiments peuvent informer sur la capacité de dégradation d'un contaminant organique par la microflore. Cependant, des études récentes suggèrent que la mesure des taux d'induction enzymatique chez des organismes affectés par les polluants pourrait être le test le plus significatif du point de vue écologique. Il a été démontré que l'induction des oxydases de fonctions mixtes (OFM) chez les poissons était un bon indicateur biochimique de pollution. Cependant, ces techniques requièrent l'utilisation d'organismes supérieurs et demandent beaucoup de travail. Aussi, la réponse des OFM n'est pas adéquate pour les besoins d'un suivi de l'impact des contaminants en milieu benthique puisque qu'elle n'a pas été détectée chez les invertébrés benthiques. Comme alternative, Lee *et al.* (1990a) ont suggéré que les mesures biochimiques du changement dans l'induction de l'activité exoenzymatique bactérienne (un processus métabolique primaire — voir la section DESCRIPTION TECHNIQUE) dans les sédiments naturels pourraient être utilisées pour: 1) évaluer les conditions environnementales à des sites spécifiques d'intérêt avant et après les opérations d'exploitation; 2) faire une première évaluation de la toxicité des déchets pour en établir les limites acceptables de rejet en mer; 3) établir l'étendue des zones d'impact benthiques; et 4) suivre la récupération des sites à la suite d'un impact. D'un point de vue écologique, l'utilisation de bactéries indigènes dans les microbiotests est très significative car elle apporte une applicabilité écologique aux bioessais effectués à micro-échelle. Cette approche rehausse l'utilisation de tests faisant usage de plusieurs espèces spécifiques car l'essai évalue la réponse de toute la communauté microbienne — ce qui en fait un véritable test multi-espèces.

Les besoins reconnus en estimés d'écotoxicité faits à partir de plusieurs niveaux trophiques ont mené aux récents développements et à l'utilisation de microbiotests (Lee *et al.*, 1993). Ces tests sont maintenant devenus une partie essentielle des études écotoxicologiques. Ils ont été adapté pour être utilisés comme outils standards dans nos programmes nationaux de monitoring environnemental afin d'évaluer les changements dans l'environnement en réponse aux apports anthropiques. Une emphase est maintenant mise pour améliorer l'applicabilité écologique, la simplicité, le rapport efficacité/coûts et la fiabilité des microbiotests afin de permettre l'identification à grande échelle de xénobiotiques (seuls ou en mélanges) dans l'environnement. La validation des protocoles développés dans ce programme favorisera l'interaction avec d'autres groupes de recherche afin d'estimer la toxicité d'échantillons semblables à l'aide de différents protocoles et d'exercices d'intercalibration qui utilisent les mêmes protocoles. Les données produites par ces études effectuées en collaboration avec d'autres laboratoires aideront à définir des directives opérationnelles pour l'interprétation de données obtenues avec des microbiotests dans les programmes d'évaluation d'impacts environnementaux. Le protocole développé dans ce programme sera appliqué pour identifier les régions contaminées dans l'écosystème du Saint-Laurent. Cet essai fournira des données sur le niveau des impacts dus aux composés toxiques et une façon de suivre les changements à long terme avec ou sans activités de restauration. De plus, puisque la procédure proposée pour le test permet de déterminer rapidement l'état de l'environnement benthique, elle peut être utilisée comme

système d'avertissement rapide qui permet d'intervenir avant que des dommages permanents dus aux activités humaines (*e.g.* les rejets industriels et municipaux, de même que les opérations de dragage) ne soient causés aux ressources vivantes.

DESCRIPTION TECHNIQUE

La minéralisation de la matière organique dans les sédiments est un élément clé des cycles du carbone et des nutriments en milieu aquatique. Puisque les bactéries ne sont pas en mesure d'assimiler directement de grosses macromolécules, il est généralement reconnu que l'hydrolyse des polymères organiques (*e.g.* protéines, polysaccharides, acides nucléiques et matériel humique) par des exoenzymes spécifiques et inductibles constitue la première étape, limitante, de la minéralisation. Grâce à des techniques biochimiques récemment développées, il est possible de mesurer l'activité de plusieurs exoenzymes (*e.g.* glucosidase, phosphatase et protéase) dans des eaux et des sédiments naturels en utilisant des substrats spécifiques liés à des marqueurs fluorescents tels que le méthylumbelliferone (MUF) ou le méthyl-coumarinyl-amide (MCA). La fluorescence élevée du MUF ou du MCA libérés suite à l'hydrolyse de ces substrats conjugués permet de mesurer l'activité enzymatique avec de courts temps d'incubation, à température ambiante, et à des concentrations en substrat similaires aux niveaux naturels.

Afin d'obtenir des données écologiquement valides sur les effets potentiels de contaminants, Lee *et al.* (1990a) ont proposé que les tests devraient se faire sur des organismes indigènes provenant des eaux et sédiments des sites spécifiques en question. Des études préliminaires conduites à l'Institut Maurice-Lamontagne ont démontré des changements dans l'induction de l'activité exoenzymatique de bactéries indigènes (un processus métabolique primaire) en réponse aux contaminants organiques et inorganiques (Lee *et al.*, 1993; 1990a,b,c). Cependant, la sensibilité de cette réponse toxique n'a pas été estimée pour une grande variété de contaminants. Le projet proposé supportera le développement et la validation de cette méthode biochimique potentielle afin d'estimer l'impact environnemental d'effluents industriels et municipaux, ainsi que celui d'opérations de dragage. Si la technique s'avère sensible, le protocole sera utilisé pour suivre l'impact de contaminants à des sites choisis (*e.g.* des sites prioritaires de sources industrielles et de rejets en mer identifiés par Environnement Canada). Des études d'intercalibration seront effectuées en collaboration avec des agences de réglementation (*e.g.* les laboratoires d'Environnement Canada de Longueuil, Québec, et de Dartmouth, Nouvelle-Écosse) pour valider et standardiser le protocole avec des méthodes existantes. Le projet sera effectué par le personnel du MPO et par l'intermédiaire de contractuels.

Planification du travail

1993/1994:

- Développement en laboratoire des protocoles et évaluation des systèmes utilisant des mesures d'exoenzymes pour quantifier la toxicité de sédiments de référence contaminés.

1994/1995:

- Études sur le terrain afin d'évaluer l'utilisation des procédures basées sur la mesure de l'activité exoenzymatique microbienne comme moyen de détecter les changements dans les environnements benthiques résultant d'activités industrielles et d'opérations de dragage. Les expériences seront conduites à des sites choisis en collaboration avec Environnement Canada. Les études se feront de concert avec les laboratoires des régions du Québec et de l'Atlantique d'Environnement Canada de façon à pouvoir comparer différents protocoles (test microbien Microtox®, test de toxicité par

utilisation de microalgues — microplate algal test, test de mortalité de zooplancton et test de fertilisation d'oeufs d'oursins) et contaminants à des sites tests (sites de rejets industriels et municipaux, sites de rejets de déblais de dragage).

1996-1997:

- Études sur le terrain et en laboratoire: validation de la technique avec d'autres laboratoires.
- Application et intégration du test dans les programmes d'estimation d'impacts environnementaux.
- Préparation de publications scientifiques décrivant le développement et la validation de la méthode pour son utilisation comme système d'avertissement rapide et de monitoring pour détecter les changements environnementaux dans le milieu benthique.

1997-1998:

- Achèvement des études de terrain et de laboratoire.
- Publication de rapports soulignant les régions d'intérêt identifiées par les études dans l'écosystème du Saint-Laurent.
- Achèvement d'un manuel d'utilisation détaillé décrivant les procédures analytiques et les méthodes d'interprétation. Transfert de technologie à l'industrie.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet développera une méthode rapide et efficace en termes de coûts, basée sur la mesure de l'activité des exoenzymes microbiens dans les sédiments, pour estimer la toxicité des rejets municipaux et industriels, de même que celle des déblais de dragage dans l'écosystème du Saint-Laurent. Cet outil fournira des données de mesure d'impacts environnementaux pour l'identification et l'évaluation de régions problèmes comme le requièrent les gestionnaires responsables de la réglementation. Il fournira également des données scientifiques sur la concentration et les effets toxiques de contaminants associés à des changements conséquents de l'activité humaine dans des environnements estuariens et marins.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Le MPO est responsable d'un grand nombre d'activités visant à assurer le maintien des ressources halieutiques et la qualité de l'habitat du poisson. Le public et, en particulier, l'industrie de la pêche ont exprimé leurs préoccupations concernant les effets immédiats et à long terme des rejets sur les ressources renouvelables. Cette étude améliorera notre compréhension des processus benthiques et donnera au MPO un outil opérationnel pour estimer les impacts environnementaux des activités humaines sur l'habitat benthique de l'écosystème du Saint-Laurent.

BÉNÉFICES

Ce programme produira un microbiotest simple et efficace en termes de coûts qui pourra être utilisé de façon routinière en laboratoire pour classer et dépister des composés chimiques potentiellement toxiques. De plus, le test permettra la détection rapide de polluants toxiques (organiques et inorganiques) dans des échantillons complexes de liquides/sédiments recueillis sur le terrain. Ce test fournira un système de "pré-alerte" et de suivi en routine des contaminants. De telles données sont d'une importance majeure pour le personnel responsable d'assurer le maintien des ressources renouvelables et la qualité de l'environnement

aquatique. L'application des méthodologies développées au cours de cette étude aidera aux processus de prise de décision associés aux incidents de pollution et à l'évaluation des risques liés avec les opérations autorisées de rejets en mer.

Comme résultat de ce projet, les interactions avec d'autres experts dans le domaine (*e.g.* Dr C. Blaise, Environnement Canada et Dr P.G. Wells, Dalhousie University) résulteront en un livre de référence sur l'utilisation des microbiotests. Les travaux faits sous contrat dans ce projet bénéficieront au secteur privé canadien.

COORDINATION

La Direction des sciences du milieu marin du MPO à l'Institut Maurice-Lamontagne coordonnera cette étude et fournira les installations de laboratoire nécessaires, ainsi que l'expertise scientifique. La validation du protocole du test et les exercices d'intercalibration sur le terrain seront conduites en collaboration avec Environnement Canada. Des liens étroits seront maintenus avec le Bureau de la gestion des déchets, Division du milieu marin, Environnement Canada, Ottawa, pour s'assurer que le protocole rencontre les besoins de la réglementation associée aux programmes de rejets en mer. Des contacts seront également maintenus avec des collègues des secteurs de la réglementation, industriels et académiques intéressés par l'application des résultats.

APPLICATION DES RÉSULTATS

Ce programme fournira un système d'avertissement rapide et de monitoring pour mesurer l'impact de contaminants dans des zones où des opérations pourraient nuire aux pêcheries benthiques et pélagiques. L'information et les connaissances scientifiques générées par ce programme seront utilisées par le MPO, les agences de réglementation et par l'industrie pour évaluer l'impact des activités humaines.

La procédure analytique est rapide, peu coûteuse, facile à interpréter et assez simple pour être utilisée par la plupart des laboratoires de consultants avec l'instrumentation existante. Ceci fournira une méthode rapide pour identifier les changements dans le milieu benthique, en réponse aux apports anthropiques de telle sorte que les actions requises puissent être prises avant que les dommages ne soient permanents, et un outil pour mesurer l'étendue et la durée de l'impact des contaminants. Ce projet fournira des données écotoxicologiques à des sites contaminés identifiés par analyse chimique.

RÉFÉRENCES

Blaise, C. (1991) Microbiotests in Aquatic Ecotoxicology: Characteristics, Utility, and Prospects. Environmental Toxicology and Water Quality. 6: 145-155.

Lee, K., C. Blaise et P.G. Wells (1993) Development and application of microscale bioassays in aquatic ecotoxicology. Dans: Proceedings of the 20th Annual Aquatic Toxicology Workshop, October 17-21, 1993, Québec, Canada (Sous presse).

Lee, K., R. Larocque et K.L. Tay (1993) Development of environmental impact assessment tests based on the exoenzyme activity of indigenous bacteria. Dans: Proceedings of the 20th Annual Aquatic Toxicology Workshop, October 17-21, 1993, Québec, Canada (Sous presse).

Lee, K., K.L. Tay, E.M. Levy, C.N. Ewing et S.E. Cobanli (1990c) Application of microbial exoenzyme activity measurements to assess the impact of dredge spoils disposal in Pictou Harbour, Nova Scotia and the Miramichi River, New Brunswick. Ocean Dumping Report 6, Environment Canada. 95p.

Lee, K., K.L. Tay, E.M. Levy, C.N. Ewing et S.E. Cobanli (1990b) Microbial exoenzyme activity at the Heron Island ocean dumpsite (Bay of Chaleur): 10 Years after the disposal of dredged sediment from Dalhousie, New Brunswick. cean Dumping Report 5, Environment Canada. 82p.

Lee, K., K.L. Tay, C.N. Ewing et E.M. Levy (1990a) Toxicity and environmental impact assessment tests based on the activity of indigenous bacteria. Ocean Dumping Report 4, Environment Canada. 138 p.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		50.0	65.0	47.0	40.0	202.0
	Cap. ($K)						
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total	0.0	50.0	65.0	47.0	40.0	202.0
Autres ($K)*** PRDE		60.0					

*** Contribution du PRDE/PERD pour le développement d'essais basés sur l'utilisation d'exoenzymes microbiens pour mesurer l'impact de résidus associés avec l'exploration pétrolière en mer.

JUSTIFICATION DU BUDGET

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98
E&E	Matériel de laboratoire		10.0	15.0	9.0	6.0
	Étudiants / contrats		33.0	35.0	32.0	25.0
	Dépenses de terrain		4.0	6.0	4.0	4.0
	Coûts de publication					2.0
	Temps de bateau			5.0		
	Voyages d'affaires et de travail		2.0	2.0	1.0	2.0
	Informatique		1.0	2.0	1.0	1.0
Capital						

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 402-94-5
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin selon le cas
TITRE : **Atlas des courants du fleuve Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROGRAMME

Michelle Grenier
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0504 Fax: 775-0542

CHARGÉS DE PROJET

François Saucier / Robert Dorais / Norman Doucet
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0853 / 0754 / 0517 Fax: 775-0542

OBJECTIFS

Effectuer la conception, la réalisation et la diffusion d'un atlas numérique et analogique des courants du fleuve Saint-Laurent.

SOMMAIRE

Le contenu de l'atlas des courants sera approximativement le suivant: pour le fleuve Saint-Laurent entre Québec et l'île d'Anticosti, nous tabulerons numériquement l'information nécessaire pour estimer les courants de surface en tout point du Saint-Laurent. Les trois composantes des courants seront présentées. L'atlas sera publié sous forme de fascicule dans les Instructions nautiques; nous y présenterons les composantes de courant et y ajouterons d'autres aides à la navigation disponibles sur les courants ou le climat dans des régions particulières du Saint-Laurent.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Résultats de l'étude de consultation auprès des clientèles cibles qu'aura permis de définir la structure, la conception et la présentation des données sous une forme facile à interpréter par les usagers. Cette étape sera exécutée en grande partie par une firme spécialisée utilisant les conseils d'un expert du milieu maritime;
- Contenu de l'atlas. Résultat de la modélisation numérique et de l'ajout d'information complémentaire;
- Publication du fascicule d'information sur les courants;
- Réalisation du plan de mise en marché.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 402-94-5

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin selon le cas
TITRE : **Atlas des courants du fleuve Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

Le Saint-Laurent est une des voies navigables les plus importantes au monde, et une des plus dangereuses à cause de son climat rigoureux, son trafic maritime et ses courants. Le Saint-Laurent est aussi le récepteur de contaminants de diverses sources: effluents urbains, rejets industriels et agricoles et déversements accidentels. Les décisions prises par nos gestionnaires, par les navigateurs ou par nos clients qui doivent intervenir dans la prise de décision (relative aux impacts sur le milieu, l'économie ou la sécurité) reposent en partie sur leur connaissance des courants. Malheureusement, il y a peu d'information accessible sur ceux-ci; le dernier atlas des courants du Saint-Laurent date de 1939 et contient peu d'information par rapport aux connaissances actuelles du MPO.

Le Plan d'action Saint-Laurent 1 a fourni les ressources nécessaires pour développer un modèle hydrodynamique tri-dimensionnel de la circulation dans l'estuaire du Saint-Laurent. Parmi les produits qui peuvent découler de celui-ci, un des plus importants de par le nombre d'usagers et de par sa généralité, est un nouvel atlas des courants de surface.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Notre objectif est d'effectuer la conception, la réalisation et la diffusion d'un atlas des courants du fleuve Saint-Laurent. Le contenu de l'atlas des courants sera le suivant: pour le fleuve Saint-laurent entre Québec et l'île d'Anticosti, nous tabulerons numériquement l'information nécessaire pour estimer les courants de surface en tout point (i.e. sur une grille de résolution variant de 200 m à 2 km). Les trois composantes des courants seront présentées: (1) les principales constantes harmoniques de la marée aux points de la grille, (2) le courant estuarien moyen à chaque point de grille pour des conditions saisonnières synoptiques, et (3) les courants produits par des vents uniformes provenant de différents points cardinaux, avec une méthode pour faire varier l'intensité et la durée du vent. Les trois contributions aux courants devraient, en première approximation, être additionnées pour obtenir l'estimé du courant net en un point et un temps donnés. L'atlas sera intégré aux Instructions nautiques; nous y présenterons les composantes de courant et y ajouterons d'autres aides à la navigation disponibles sur les courants ou le climat dans des régions particulières du Saint-Laurent.

Les étapes seront les suivantes:

1. Réalisation d'une étude de consultation auprès des clientèles cibles afin de définir la structure, la conception et la présentation des données sous une forme facile à interpréter par les usagers. Cette étape sera exécutée en grande partie par une firme spécialisée utilisant les conseils d'un expert du milieu maritime, sous la supervision de R. Dorais.
2. Préparation et validation des contenus spécifiques de l'atlas. Une partie de ce travail est de la modélisation numérique et fait partie d'une autre proposition de F. Saucier. L'autre partie, proposée

ici, sera d'ajouter de l'information traditionnelle ou exotique et sera la responsabilité de R. Dorais, F. Saucier et B. Labrecque.

3. Réalisation de la conception et de l'impression de l'atlas et préparation de la mise en marché. Cette étape sera effectuée à contrat sous la supervision de R. Dorais.

Les biens livrables seront les suivants:

- L'atlas des courants, intégré aux Instructions nautiques, sera publié officiellement et mis en vente par le MAS et le SHC;
- L'étude de consultation sera un guide utile dans la prise de décision future concernant la liste et les besoins des clients pour des produits et services semblables à ceux qui sont énumérés ici.

RÉFÉRENCES

Tidal current charts. St. Lawrence Estuary Orleans I. to Father Point Aling the main Shipping route. Tidal publication No. 21, Canadian Hydrographic Service, 1939.

Atlas of tidal currents, bay of Fundy and gulf of Maine, D.L. Wolfe Ed., Canadian Hydrographic Service, 1981.

Current Atlas / Atlas des courants, Juan de Fuca Strait to/à Strait of Georgia, Canadian Hydrographic Service, 1983.

Vancouver Harbour, Tidal currents atlas, Canadian Hydrographic Service, 1981.

Atlas of tidal currents charts, Yucalta rapids, Cordero channel, British Columbia, Tidal Publication No. 23, Canadian Hydrographic Service, 1970

Instructions nautiques, Renseignements généraux, ATL 100 Côte altantique, Service Hydrographique du Canada, 1992.

Instructions nautiques, Fleuve Saint-Laurent, ATL1 110 cap Whittle/Cap Gaspé à Les Escoumins, Service Hydrographique du Canada, 1992.

Instructions nautiques, Fleuve Saint-Laurent, ATL 1 111 Ile Verte à Québec, Service Hydrographique du Canada, 1992.

Instructions nautiques, Fleuve Saint-Laurent, ATL 1 112 Cap Rouge à Montréal, Service Hydrographique du Canada, 1992.

Instructions nautiques, Fleuve Saint-Laurent, Golfe du Saint-Laurent, Service Hydrographique du Canada, 1992.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		15.0	25.0	50.0	10.0	100.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						
	Total	0.0	15.0	25.0	50.0	10.0	100.0
Autres ($ K)***							

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

1994-95

1. Étude de consultation par un expert du milieu maritime: définir la clientèle cible: plaisance, commercial, pilotes, scientifique. 15K.

1995-96

1. Structure, conception et préparation de la présentation des données. 20K.
2. Rédaction, traduction et révision des textes. 5K.

1996-97

1. Montage, mise en page et préparation finale. Négatifs N&B $15. négatifs couleurs $60., montage $50/page. Total: 6K.
2. Impression 5000 copies N&B. Construction et montage au besoin. Reliure, boudinage, etc. 35K.
3. Conception plan communication 9K.

1997-98

1. Mise en marché. Promotion, conférence de presse, placement média. 10K.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-230
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Mise en place d'un programme de monitorage pour suivre et évaluer l'état de l'environnement marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : 775-0542

CHARGÉS DE PROJET

Denis Gilbert / Pierre Larouche / Jeffrey Runge
Institut maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0570 / 0569 / 0676 Fax : 775-0542

OBJECTIFS

- Acquisition et analyse de données physiques pour monitorer et suivre les variations de la circulation des masses d'eau dans l'Estuaire et le Golfe (Denis Gilbert);
- Acquisition et utilisation de données de télédétection pour monitorer la distribution de la température et de la biomasse phytoplanctonique dans l'Estuaire et le Golfe (Pierre Larouche);
- Monitorage du zooplancton pour déterminer et suivre la répartition spatio-temporelle de la biomasse zooplanctonique dans l'Estuaire et le Golfe (Jeffrey Runge).

SOMMAIRE

La crise récente de la disparition de la morue a souligné l'importance d'améliorer nos connaissances sur la structure et la dynamique de l'écosystème Saint-Laurent si nous voulons expliquer les variations du niveau des ressources marines et prévoir l'impact des changements climatiques (ou autres) sur ces ressources. Le présent projet vise essentiellement à mettre en place un programme de monitorage qui puisse nous permettre d'obtenir les données de base qui sont nécessaires pour répondre aux demandes de clients internes provenant des programmes de recherche sur la morue, le homard, la qualité du milieu marin, les contaminants, l'habitat, etc., de même qu'aux demandes des clients externes comme le CCRH, les pêcheurs et le public en général. Le présent projet comprend trois volets qui portent: (a) sur l'acquisition et l'analyse de données physiques, (b) sur le monitorage des pigments chlorophylliens et de la température à l'aide de techniques de télédétection; et (c) sur le monitorage du zooplancton à l'aide du CPR (Continuous Plankton recorder).

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Rapports techniques et publications sur les niveaux d'eau, température, salinité et courants à certaines stations de monitorage dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, ainsi que sur la variabilité interannuelle des différentes couches d'eau du Golfe;
- Système de décodage et de traitement des données SeaWiFS et NOAA, examen de la cohérence des données satellite avec la chlorophylle et la température de surface, et cartes de distribution de ces données pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent;
- Programme de monitorage du zooplancton dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ainsi que des cartes de distribution de l'abondance du zooplancton dans le Golfe;
- Bilan de l'état de l'environnement du Saint-Laurent marin (intègre les projets IML 207-94-320 / 207-94-321 / 207-93-341).

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-230

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Mise en place d'un programme de monitorage pour suivre et évaluer l'état de l'environnement marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

La crise récente de la disparition de la morue a souligné l'importance d'améliorer nos connaissances sur la structure et la dynamique de l'écosystème Saint-Laurent si nous voulons expliquer les variations du niveau des ressources marines et prévoir l'impact des changements climatiques (ou autres) sur ces ressources. Le présent projet, intégré au programme de soutien océanographique à la gestion des ressources du Golfe, vise essentiellement à mettre en place un programme de monitorage qui puisse nous permettre d'obtenir les données de base qui sont nécessaires pour répondre aux demandes provenant des programmes internes de recherche sur la morue, le homard, la qualité du milieu marin, les contaminants, l'habitat, etc., de même qu'aux demandes de clients externes comme le CCRH, les pêcheurs et le public en général. Le présent projet comprend trois volets qui portent: (a) sur l'acquisition et l'analyse de données physiques, (b) sur le monitorage des pigments chlorophylliens et de la température à l'aide de techniques de télédétection; et (c) sur le monitorage du zooplancton à l'aide du CPR (Continuous Plankton recorder).

(a) Acquisition et analyse de données physiques (Denis Gilbert)

Installation de marégraphes dans le détroit de Belle Isle: Petrie *et al.*, (1988) ont montré qu'il est possible d'obtenir une bonne estimation de l'écoulement total à travers le détroit de Belle Isle si l'on connaît la différence de niveau d'eau entre les deux côtés du détroit, en utilisant l'approximation géostrophique. Par conséquent, l'installation de marégraphes sur les deux rives du détroit de Belle Isle devrait nous permettre de monitorer le flux d'eau froide du Labrador qui entre dans le golfe Saint-Laurent à travers ce détroit, ce qui est jugé hautement prioritaire par le programme de recherche sur la morue du Golfe. L'alternative, qui consisterait à monitorer l'écoulement à travers le détroit de Belle Isle à l'aide de mouillages de courantomètres, coûterait plusieurs fois plus cher et n'est pas envisageable sur une base routinière.

Analyse de données historiques: Afin de mieux savoir où, quand, quoi, comment et pourquoi nous devons effectuer le monitorage de paramètres-clefs environnementaux, il est nécessaire d'entreprendre une étude aussi exhaustive que possible des données historiques déjà à notre disposition. Mis à part les travaux de Bugden (1991) sur la couche d'eau profonde de 200 m à 300 m, nous ne connaissons que très peu de choses sur la variabilité interannuelle des propriétés physiques du Golfe. Grâce à la base de données de température et salinité du SDMM récemment validée et modifiée à IOB, nous pouvons maintenant débuter des études de la variabilité interannuelle dans les autres couches d'eau. Nous accorderons une attention plus particulière à la couche froide intermédiaire (CFI) pour deux raisons principales: 1) sur le plateau Madelinot, la CFI est en contact avec le fond et affecte donc directement les populations locales de poissons de fond comme la morue et le sébaste et 2) le crabe des neiges, une des espèces commerciales les plus importantes du Golfe, vit dans les eaux froides de la CFI; l'augmentation récente de l'aire de distribution du crabe des neiges dans le golfe Saint-Laurent pourrait donc être reliée à l'augmentation du volume occupé par la CFI.

Mouillages de courantomètres: Dans le cadre du programme de soutien océanographique à la gestion des ressources du Golfe, la DPhMM compte déployer quelques mouillages de courantomètres et marégraphes à divers endroits stratégiques du golfe du Saint-Laurent. Les détails de ces mouillages (sites, durée, types de mesures, etc.) seront déterminés en consultation avec nos partenaires/clients. Ces données serviront entre autres choses à mieux définir les conditions aux frontières ouvertes du modèle numérique de circulation du golfe.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection (Pierre Larouche)

Il est généralement reconnu qu'il existe un lien direct entre la physique du milieu marin et la production primaire qui est la base de la chaîne alimentaire marine. Cette relation a été montrée à quelques reprises dans le système estuaire-golfe du Saint-Laurent pour certains cas particuliers. Ainsi, nous savons que les zones de remontées d'eau intermédiaires et les zones frontales sont généralement plus productives que les eaux environnantes. Cette connaissance de base n'est toutefois pas encore adéquate pour caractériser la variabilité spatio-temporelle de ces phénomènes. Le système Estuaire-Golfe est un système complexe caractérisé par sa grande dimension, de forts débits d'eau douce ayant plusieurs points d'entrée, des marées importantes et la présence de glace. Combinés aux variables atmosphériques, ces facteurs génèrent une grande variabilité spatio-temporelle des variables biophysiques du milieu. Jusqu'à ce jour, les études de ce milieu ont surtout été effectuées à l'aide de techniques conventionnelles d'observation du milieu basées sur des missions de recherche en mer. Cette approche, quoique valable, a le principal désavantage de mal évaluer la variabilité spatiale des phénomènes étudiés. Or, dans un contexte de gestion de l'environnement, il est important de bien connaître cette caractéristique du milieu. Une solution existe à ce problème. En effet, l'avènement relativement récent des techniques d'observation de la mer au moyen de satellites permet maintenant de caractériser et de quantifier la variabilité spatiale du milieu marin. De plus, avec l'accumulation des images durant plusieurs années, il devient aussi possible d'estimer la variabilité temporelle des phénomènes étudiés. Des travaux préliminaires d'observation des champs de pigments chlorophylliens par ces techniques de télédétection ont récemment montré la richesse de l'information qui peut ainsi être recueillie. Ces images ont toutefois été acquises à l'aide d'un satellite expérimental qui a connu de multiples problèmes limitant la portée des résultats. Nous proposons donc de poursuivre ce travail en utilisant les données de télédétection qui proviendront à la fois des satellites de la série NOAA ainsi que du nouveau satellite Seastar. Cette combinaison de capteurs permettra d'observer les phénomènes physiques importants (zones de remontées, fronts, glace) ainsi que les pigments chlorophylliens. D'autre part, nous effectuerons aussi divers travaux en mer visant à étalonner les données captées par les divers satellites qui seront utilisés. Ces travaux sont nécessaires afin d'ajuster les algorithmes globaux qui seront fournis par la NASA au contexte particulier de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent.

Le non-financement de ce projet de recherche implique l'abandon d'une source de données unique qui offre un potentiel important pour la compréhension du milieu marin à un coût relativement faible comparé à des campagnes de mesures en mer. D'autre part, il est maintenant de plus en plus évident que le milieu naturel est beaucoup plus variable que prévu et tout processus de prise de décision doit tenir compte de ce facteur avec le plus de précision possible. La non-réalisation du présent volet implique une évaluation moins juste des divers problèmes environnementaux et de leurs conséquences pouvant se répercuter jusqu'à l'industrie de la pêche.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR (Jeffrey Runge)

Le mésozooplancton, qui se nourrit principalement du phytoplancton ou du microzooplancton qui se nourrit lui-même de phytoplancton, a un rôle déterminant dans l'acheminement de la production primaire vers les niveaux trophiques supérieurs des réseaux alimentaires pélagiques (p. ex., Runge, 1988; Cushing, 1989). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, un petit nombre de copépodes planctoniques (du genre *Calanus*)

et d'euphausiacés (des genres *Thysanoessa* et *Meganyctiphanes*) dominent la communauté mésozooplanctonique (Runge et Simard, 1990). Le mésozooplancton et particulièrement *Calanus finmarchicus*, soit l'espèce numériquement dominante dans le Chenal Laurentien, forme l'essentiel du régime alimentaire d'un certain nombre de poissons et de mammifères marins planctivores, notamment le capelan, le hareng, le maquereau et les cétacés à fanons (p. ex. Jakobson, 1978; Vesin *et al.*, 1981; Scott et Scott, 1988; de Lafontaine *et al.*, 1991; Fortier *et al.*, 1992). Dans la partie nord du golfe Saint-Laurent, les larves du sébaste se nourrissent principalement des oeufs de *Calanus finmarchicus* (Runge et de Lafontaine, à paraître). Les cétacés à fanons, les sébastes adultes et d'autres ressources exploitent abondamment différentes espèces d'euphausiacés (Scott et Scott, 1988; Boravia *et al.*, non paru).

Les travaux de recherche à long terme faisant appel au CPR et qui se sont faits dans l'Atlantique nord, ont permis de mettre en évidence la possibilité d'une variabilité substantielle d'une année à l'autre dans l'abondance du mésozooplancton (p. ex., Équipe des relevés CPR, 1992). De plus en plus, les agences et organisations responsables de la gestion de la pêche reconnaissent le besoin d'incorporer nos connaissances sur la variabilité écosystémique aux évaluations des stocks de poisson (Anon., 1993a, b, c). La technique du CPR, en usage dans l'Atlantique-Nord depuis plus de 50 ans, est une technique éprouvée de monitorage à long terme de l'abondance du mésozooplancton. C'est une méthode intéressante car les relevés CPR sont faits à partir de navires commerciaux, ce qui dispense d'avoir à affréter des navires de recherche et permet donc de réduire considérablement les coûts des programmes de monitorage à long terme.

Dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent, le Chenal Laurentien se prête admirablement à la mise en oeuvre d'un programme de monitorage par CPR. La dominance des espèces du genre *Calanus* est amplifiée dans cette région, probablement à cause d'un équilibre particulier entre les processus physiques de contrôle (Runge et Simard, 1990). L'estuaire maritime peut constituer une source importante de mésozooplancton (*Calanus*) pour le golfe Saint-Laurent et peut-être même pour le plateau continental au large de la Nouvelle-Écosse (Plourde et Runge, à paraître). Le Chenal Laurentien est une importante voie de navigation jusqu'à Montréal et jusqu'aux villes des Grands Lacs et de plus, plusieurs traversiers franchissent l'estuaire maritime; c'est autant d'occasions d'utiliser le CPR à partir d'un navire de passage.

Le projet sera supervisé par J. Runge. Ses tâches seront notamment de : a) coordonner la sous-traitance des relevés CPR et de la production des rapports; b) coordonner les expéditions de recherche (et y participer) dont l'objectif sera de comparer les résultats obtenus par CPR avec ceux d'autres méthodes d'échantillonnage du plancton; et c) rédiger le rapport définitif et recommander de poursuivre ou d'arrêter les relevés CPR dans la Région du Saint-Laurent. Au cours de la deuxième, de la troisième et de la quatrième années du projet, des expéditions de recherche auront lieu en même temps que les relevés CPR mensuels ou bimensuels faits à partir de navires de passage. Durant ces campagnes, un échantillonnage intensif se fera afin de mesurer la variation sur le plan horizontal comme sur le plan vertical de l'abondance du zooplancton. Les techniques modernes d'échantillonnage du zooplancton, notamment BIONESS, le numérateur planctonique optique-Vfin et les méthodes acoustiques, seront utilisées pour permettre de comparer les résultats obtenus grâce à ces techniques aux résultats obtenus avec les relevés CPR. Cela permettra d'établir un fondement scientifique à l'évaluation et à l'interprétation des résultats obtenus par les relevés CPR.

L'inclusion de nos connaissances écologiques dans les évaluations des stocks de poisson est devenue une priorité de recherche, non seulement au MPO (Anon., 1993, a), mais aussi sur le plan international (Anon., 1993b). Il faut entreprendre dès maintenant d'évaluer et de mettre sur pied des programmes de monitorage à long terme des variables écosystémiques essentielles. Dans l'hypothèse que ce programme n'obtiendrait pas de financement, soit que le monitorage à long terme dans la Région du Saint-Laurent sera reporté, soit qu'on doive mettre en place un programme de mesure à long terme qui n'aura pas été évalué adéquatement au regard de solutions de remplacement.

DESCRIPTION TECHNIQUE

(a) Acquisition et analyse de données physiques

1993-94:
- installation de marégraphes de chaque côté du détroit de Belle Isle en décembre 1993;

1994-95:
- entretien et maintien en place des marégraphes du détroit de Belle Isle, et incorporation des données de niveau d'eau ainsi acquises au rapport annuel sur l'état du golfe;
- début de l'étude sur la variabilité interannuelle des propriétés de la couche froide intermédiaire et des autres couches d'eau du GSL;
- étude de la contamination des signaux de longues périodes (années) par les signaux de courtes périodes (mois, jours, heures) dans le chenal Laurentien, à partir de données de courantométrie déjà existantes;

1995-96:
- entretien et maintien en place des marégraphes du détroit de Belle Isle, et incorporation des données de niveau d'eau ainsi acquises au rapport annuel sur l'état du golfe;
- poursuite de l'étude sur la variabilité interannuelle des propriétés de la couche froide intermédiaire et autres couches d'eau du GSL, et écriture d'un rapport technique sur les résultats obtenus jusque là;
- déploiement et récupération de mouillages de marégraphes et courantomètres dans le GSL en support au programme de recherche multidisciplinaire sur l'océanographie du golfe;

1996-97:
- entretien et maintien en place des marégraphes du détroit de Belle Isle, et incorporation des données de niveau d'eau ainsi acquises au rapport annuel sur l'état du golfe;
- déploiement et récupération de mouillages de marégraphes et courantomètres dans le GSL en support au programme de soutien océanographique à la gestion des ressources marines du Golfe, et rapport technique sur les séries temporelles de 1995-96;
- publication primaire sur la variabilité interannuelle des propriétés physiques de la couche froide intermédiaire et autres couches d'eau du GSL;

1997-98:
- entretien et maintien en place des marégraphes du détroit de Belle Isle, et incorporation des données de niveau d'eau ainsi acquises au rapport annuel sur l'état du golfe;
- rapport technique sur les séries temporelles de niveau d'eau, température, salinité et courants qui auront été recueillies en 1996-97 dans le GSL;
- publications primaires.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

Ce projet comporte deux volets. Le premier consiste à développer le système d'analyse d'images afin de pouvoir produire les produits recherchés (cartes de température de surface et de chlorophylle). Pour ce faire, nous utiliserons la station de réception d'images de la DPhMM. Celle-ci sera mise en place à l'hiver 1993-94 afin d'acquérir de façon automatique les images nécessaires au projet. Toutefois, il sera nécessaire de mettre en place tout le logiciel assurant le traitement automatique de ces images. Ce travail consiste à réunir en un système homogène les diverses composantes déjà développées de façon indépendantes afin de minimiser les besoins en personnel. Le second volet du projet verra à la production régulière d'images de champs de température de surface et de pigments chlorophylliens. Ces informations seront ensuite compilées annuellement afin de produire des atlas d'images qui serviront tant aux chercheurs qu'aux gestionnaires de l'habitat afin d'évaluer l'état annuel du milieu marin. Il est ainsi prévu de produire 4 atlas au cours du projet. Ces informations seront par exemple utilisées dans la production de l'état annuel du golfe par la DPhMM.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR

Le CPR est remorqué derrière des navires commerciaux sur certains trajets, à une profondeur déterminée (profondeur nominale : 10 m). Le plancton, capturé dans une ouverture de 1,25 cm^2 sur le nez de l'appareil, est piégé entre deux bandes de soie faisant 290 µm de maille, déroulées à une vitesse proportionnelle à celle du remorquage; les spécimens sont conservés dans le formol. Au laboratoire, les bandes de soie sont découpées en sections, dont la longueur correspond d'ordinaire à une distance de remorquage de 10 milles, et les organismes planctoniques sont dénombrés au microscope par des techniciens spécialement formés à l'identification taxonomique de spécimens qui peuvent avoir été endommagés lors de la capture. Le CPR est un dispositif en opération depuis 1931 et au total, les navires ont remorqué de ces appareils sur environ 4 millions de milles. Mises à part quelques adaptations mineures, qui visaient essentiellement à tenir compte de la vitesse accrue des navires modernes, l'instrumentation et les méthodes appliquées aux relevés ont très peu changé au fil des ans; on a donc une série chronologique de données comparables.

Le Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHF), situé à Plymouth en Angleterre, est le centre de gestion des trajets des CPR et d'analyse des échantillons. L'équipe de techniciens professionnels qui ont reçu une formation sur la taxonomie des spécimens recueillis par CPR, est une garantie de grande qualité et d'uniformité des données nécessaires aux analyses entre années et entre décennies des fluctuations de l'abondance. Un autre laboratoire a été créé au National Marine Fisheries Service Laboratory de Narragansett, R.I., qui s'occupe d'un trajet CPR entre Boston et Halifax.

Nous proposons que le relevé CPR de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent soit accordé par marché de services, soit au SAHF ou à une société régionale d'experts-conseils qui agirait sous la supervision du SAHF. Cette société aurait la charge de mettre sur pied et d'exécuter le relevé CPR, y compris les analyses d'échantillons. Les résultats présentés prendraient la forme de rapports annuels ou de résultats du relevé. Les enquêteurs principaux seraient responsables de l'interprétation des données ainsi que de l'évaluation des résultats en vue de recommandations, à la fin du programme, sur la faisabilité à long terme de celui-ci.

Objectifs par année

1994-1995 - octroi à marché des travaux au SAHF ou à une société d'experts-conseils; achat de l'équipement (instrumentation du CPR);

1995-1996 - poursuite du relevé CPR; achat des enregistreurs automatiques à installer sur le bâti du CPR; expéditions de recherche, à bord de navires du MPO, qui coïncideraient avec les périodes d'opération du CPR, en vue de la comparaison et de l'évaluation des résultats du CPR;

1996-1997 - poursuite du relevé CPR et expéditions en vue de la comparaison des résultats; et

1997-1998 - poursuite du relevé CPR; préparation d'un rapport récapitulatif et rédaction d'un rapport fournissant une évaluation de l'efficacité du relevé CPR dans la perspective du monitorage à long terme du zooplancton dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

(a) Acquisition et analyse de données physiques

Les travaux proposés permettront d'étudier la variabilité physique du milieu marin et les processus océanographiques impliqués, ce qui est un des trois principaux objectifs visés à l'intérieur du thème *État de l'environnement marin* du SLV 2000.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

Le projet proposé rencontre les objectifs du programme SLV 2000 qui touchent la connaissance de l'état de l'environnement marin et en particulier l'étude de la variabilité physique et des processus océanographiques impliqués. Les biens livrables serviront ainsi d'outils de prise de décision en fournissant de l'information permettant une plus juste évaluation de l'état du milieu marin. Les divers biens livrables du projet permettront ainsi d'évaluer en temps quasi-réel les phénomènes dynamiques importants de l'écosystème étudié à l'aide de leur signature sur des images de température de la surface de la mer. D'autre part, les images de pigments chlorophylliens permettront à l'aide des mesures en mer d'évaluer la productivité du milieu. L'acquisition de ces informations pendant plusieurs années permettra éventuellement de mieux évaluer les sources de variabilité de l'écosystème.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR

Cette recherche conduira à la mise en place d'un programme de monitorage à long terme de l'abondance du zooplancton dans l'estuaire maritime du St-Laurent. Ceci est essentiel à l'atteinte de l'objectif du programme SLV 2000 qui est de fournir l'information scientifique requise pour la gestion à long terme de la qualité de l'estuaire maritime et de ses ressources. Les variations à long terme du zooplancton nous fourniront aussi un index de la production secondaire, lequel aidera à comprendre et prédire l'influences des facteurs écologiques sur la fluctuation des stocks de poissons dans le golfe du St-Laurent.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

(a) Acquisition et analyse de données physiques

Les activités de recherche et de monitorage proposées correspondent à la priorité scientifique # 2 du MPO en 1994-95, qui consiste à augmenter notre habilité à comprendre, décrire et prédire l'état de l'écosystème marin. La nécessité d'améliorer nos connaissances océanographiques de base a également été soulignée par le CCRH suite à la récente crise de la morue dans les provinces atlantiques.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

Le projet proposé répond au mandat du MPO de plusieurs façons. En effet, le ministère poursuit l'objectif global de mieux connaître le milieu marin afin de mieux gérer les ressources halieutiques. Ce mandat très vaste est réalisé au sein de la DPhMM en effectuant des travaux de recherche permettant une meilleure compréhension de la dynamique du milieu marin. Parmi ces travaux, l'utilisation de techniques de télédétection devient de plus en plus important afin, entre autres, de limiter les besoins d'utilisation de navires et de mieux adresser l'étude de la variabilité spatio-temporelle du milieu. Des efforts importants ont donc été déployés au cours des dernières années afin de doter les divers centres de recherche du MPO d'outils permettant l'acquisition et le traitement des images de télédétection. Le développement de ces outils est en fait une priorité nationale au sein du secteur sciences du Ministère. Au niveau régional, la

DPhMM concentre ses efforts d'étude du milieu marin le long de deux axes de recherche: la modélisation et la télédétection. Cette division a ainsi entrepris de se doter d'une station de réception des images satellites ainsi que des installations informatiques nécessaires au traitement de ces données. En opération depuis quelques années, le laboratoire de télédétection poursuit de nombreux projets portant sur l'utilisation de cet outil pour la solution de problèmes océanographiques. Notons entre autres un projet portant sur l'analyse des données historiques de pigments chlorophylliens qui a permis de dégager les grandes caractéristiques de l'écosystème marin du Saint-Laurent. L'expertise en ce domaine existe donc au sein de cette division pour assurer la bonne réalisation du projet.

BÉNÉFICES

(a) Acquisition et analyse de données physiques

Nos travaux cadrent bien avec l'objectif du volet *Aide à la prise de décision*, soit de fournir une information environnementale opportune, aussi exacte que possible, et accessible afin de mieux supporter la prise de décision concernant le système du Saint-Laurent.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

À la fin du projet, le SLV 2000 bénéficiera d'une meilleure connaissance des relations entre les phénomènes dynamiques et la production primaire pour l'écosystème du Saint-Laurent. Il aura aussi à sa disposition des outils (atlas) qui permettront de visualiser la répartition des pigments chlorophylliens pour quatre années consécutives. Ces outils auront servi entre autres à produire l'état annuel du golfe du Saint-Laurent.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR

Le principal objectif de ce projet est d'évaluer l'efficacité et l'utilité d'un monitorage à long terme au moyen du CPR pour l'estuaire maritime et le golfe du St-Laurent. Les principaux biens livrables à la fin du projet incluent (a) une série temporelle de 3 à 4 ans de l'abondance du mésozooplancton et (2) une recommandation officielle de continuer ou terminer le monitorage, basée sur l'analyse des données et l'intercomparaison avec d'autres méthodes d'analyse du zooplancton plus exigeantes et plus coûteuses. Cette recommandation fournira aux gestionnaires les renseignements nécessaires afin de décider de continuer le monitorage ou de considérer des options différentes. Quelque soit l'option choisie, le projet apportera des bénéfices à long terme pour la gestion des ressources vivantes du Saint-Laurent en améliorant de façon économique notre connaissance de la variabilité à long terme des écosystèmes.

COORDINATION

(a) Acquisition et analyse de données physiques

Nous avons établi de bons contacts avec nos collègues de IOB qui cherchent à déterminer la variabilité interannuelle de divers paramètres physiques sur le plateau écossais et les Grands Bancs de Terre-Neuve (Ken Drinkwater, Brian Petrie et Gary Bugden). Brian Petrie fait d'ailleurs partie du comité de planification du programme de soutien océanographique à la gestion des ressources du Golfe. L'emplacement des mouillages de courantomètres et marégraphes qui seront déployés dans le GSL sera décidé en fonction des besoins de nos partenaires/clients internes et externes, et tiendra également compte des besoins d'étalonnage du modèle numérique du Golfe (voir projet de F. Saucier).

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

Le projet de recherche sera réalisé en collaboration avec les chercheurs suivants: Pierre Larouche (DPhMM) sera responsable de l'acquisition et de l'analyse des images, et de la production de l'algorithme d'étalonnage des données de pigments chlorophylliens et Jean-Claude Therriault (DPrMM) sera responsable de superviser l'acquisition des données en mer nécessaires à l'élaboration de l'algorithme.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR

Les négociations pour la détermination d'une trajectoire pour le monitorage CPR dans l'estuaire maritime du St-Laurent seront coordonnées au niveau national (sous la responsabilité de J. Beckett, MPO, Ottawa) pour obtenir les trajectoires CPR dans les eaux canadiennes.

APPLICATION DES RÉSULTATS

(a) Acquisition et analyse de données physiques

Les résultats de nos travaux seront publiés dans des rapports techniques et des publications primaires. Des communications orales à des organismes et/ou groupes d'individus intéressés seront également faites dans le but de diffuser l'information aussi largement que possible.

(b) Acquisition et utilisation de données de télédétection

Le produit final de ce projet consiste en une meilleure connaissance de la variabilité spatio-temporelle de la productivité primaire et des relations existant avec les principaux facteurs physiques. Des résultats préliminaires seront livrés à chaque année sous la forme d'atlas d'images qui pourront être utilisés par les divers intervenants du milieu. Les résultats finaux de la recherche seront synthétisés en publiés sous forme d'article scientifique lors de la dernière année du projet.

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR

Un programme de monitorage du zooplancton dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ainsi que des cartes de distribution de l'abondance du zooplancton dans le Golfe.

RÉFÉRENCES

Anon. 1993a. 10-year DFO science perspective for a competitive Canada: core business statement. Department of Fisheries and Oceans.

Anon. 1993b. Report of the Working Group on Cod and Climate Change. ICES Doc. CM 1993/G:3m:

Anon. 1993c. Report of the Bureau Working Group on Strategic Planning for Scientific Cooperation and Advice. ICES Doc. C.M. 1993/Gen:6.

Bugden, G.L. 1991. Changes in the temperature-salinity characteristics of the deeper waters of the Gulf of St. Lawrence over the past several decades. *In* J.-C. Therriault (ed.) The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113, p. 139-147.

CPR Survey Team, 1992. Continuous plankton records: the North Sea in the 1980s. ICES mar. Sci. Symp. 195:243-248.

Cushing, D. H. 1989. A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are only weakly stratified. J. Plankton Res. 11:1-13.

de Lafontaine, Y., S. Demers, and J. Runge. 1991. Pelagic food web interactions and productivity in the Gulf of St. Lawrence: A perspective. p.99-123. In J. -C. Therriault [ed.],The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113.

Fortier, L., M. E. Levasseur, R. Drolet, and J. -C. Therriault. 1992. Export production and the distribution of fish larvae and their prey in a coastal jet frontal region. Mar. Ecol. Prog. Ser. 85:203-218.

Jakobsson, J. 1978. The north Icelandic herring fishery and environmental conditions, 1960-68. Cons. int. explor. Mer Symp. on biol. basis of pelagic fish stock management 30.

Petrie, B., B. Toulany and C.J.R. Garrett 1988. The transport of water, heat and salt through the Strait of Belle-Isle. Atmosphere-Ocean **26:** 234-251.

Plourde, S. and J. A. Runge. in press. Reproduction of the planktonic copepod, *Calanus finmarchicus*, in the Lower St. Lawrence Estuary: relation to the cycle of phytoplankton production and evidence for a *Calanus* pump. Mar. Ecol. Prog. Ser.

Runge, J. A. 1988. Should we expect a relationship between primary production and fisheries? The role of copepod dynamics as a filter of trophic variability. Hydrobiologia 167/168:61-71.

Runge, J. A. and Y. Simard. 1990. Zooplankton of the St. Lawrence Estuary: The imprint of physical processes on its composition and distribution. p.296-320. In M. I. El-Sabh and N. Silverberg [eds.], Oceanography of a Large-Scale Estuarine System: The St. Lawrence. Coastal and Estuarine Studies, Vol. 39.Springer-Verlag, New York

Scott, W. B and M. G. Scott. 1988. Atlantic fishes of Canada. Univ. of Toronto Press. Toronto.

Vesin, J-P., W. C. Legget, and K. W. Able. 1981. Feeding ecology of capelin (*Mallotus villosus*) in the estuary and western Gulf of St. Lawrence and its multispecies implications. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38:257-267.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E($K)	46.0	112.3	239.0	129.0	119.0	645.3
	Cap.($K)						0.0
	Sal.($K)*		44.0	44.0	44.0	44.0	176.0
	ETP**		1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
	Total	46.0	156.3	283.0	173.0	163.0	821.3
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

(a) **Acquisition et analyse de données physiques** (Denis Gilbert)

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	TOTAL
E&E						
Contrat pour analyse et traitement de données, voyages et divers	0	40	40	40	40	**160**
Marégraphes détroit de Belle Isle	31	22	20	23	25	**121**
Mouillages de courantomètres	0	0	50	25	0	**75**
TOTAUX	**31**	**62**	**110**	**88**	**65**	**356**

(b) **Acquisition et utilisation de données de télédétection** (Pierre Larouche)

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	TOTAL
E&E						
Contrat pour collecte de données en mer et leur analyse en laboratoire	0	20	20	20	20	**80**
Contrat pour l'opération de la station de réception SeaWifs et analyse des données	0	20	20	20	20	**80**
Fournitures et matériel divers pour la station SeaWifs, l'échantillonnage et la publication	15[1]	15	15	15	15	**75**
TOTAUX	**15**	**55**	**55**	**55**	**55**	**235**

[1]Pour La première année, contrat pour la mise sur pied du système d'analyse : 15 K

(c) Monitorage du zooplancton à l'aide du CPR (Jeffrey Runge)

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	TOTAL
E&E						
Coût de montage	0	20	0	0	0	**20**
Coût de formation	0	15	0	0	0	**15**
Contrat pour l'opération du CPR	0	20	20	20	20	**80**
Fournitures et voyages	0	15	15	15	15	**60**
Contrat d'analyse des échantillons	0	20	20	20	20	**80**
TOTAUX	**0**	**100**	**65**	**65**	**65**	**295**

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-320 / 207-94-321 / 207-93-341
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Modélisation et prévision du système du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Denis Lefaivre
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0568 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉS DE PROJET

François Saucier / Alain Vézina
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0853 / 0553 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS ET SOMMAIRE

Notre objectif est de fournir certaines informations environnementale opportunes, justes, accessibles, et relativement économiques afin de mieux supporter la prise de décision concernant le Saint-Laurent. Cet objectif est divisé en trois volets qui ont en commun de faire intervenir la modélisation numérique sur super-ordinateur, des stratégies qui optimisent l'économie des ressources, et des solutions complètes pour nos clients. Ces trois volets sont : 1) les influences climatiques et la prévision du climat du Saint-Laurent à l'échelle des mois et des années; 2) la prévision numérique des courants et de la dérive de contaminants, de plancton ou autres matières dans le système du Saint-Laurent; 3) les contrôles qu'exerce l'environnement sur la productivité et la chaîne trophique du Saint-Laurent.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Analyse climatique du golfe du Saint-Laurent et prévision des tendances annuelles et interannuelles;
- Prévisions quotidiennes des courants de surface du Saint-Laurent;
- Système de prévision du déplacement à court terme de contaminants (e.g. hydrocarbures, algues toxiques) et autres objets (e.g., naufragés, larves de poissons) sur le Saint-Laurent;
- Atlas des courants du Saint-Laurent de Trois-Rivières à Les Escoumins;
- Étude de la productivité du Saint-Laurent pour cinq années consécutives et évaluation de l'impact sur la ressource.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-320 / 207-94-321 / 207-93-341

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Modélisation et prévision du système du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

La gestion du système du Saint-Laurent, qui reçoit et assimile la presque totalité des contaminants anthropogéniques et qui supporte une grande partie des ressources marines exploitables de notre région, est un enjeu national lié à l'environnement global de notre planète. Les grandes composantes naturelles et régularisées du Saint-Laurent et des influences qui le contrôlent sont interconnectées sur des échelles de temps considérablement variables, via des processus complexes et encore mal compris. Cette incompréhension nous inflige à nous et à notre environnement des maux que nous ne pouvons éviter et qu'il nous est même souvent impossible de décrire correctement. Ici nous proposons d'augmenter notre connaissance du système du Saint-Laurent, et surtout d'augmenter la capacité de notre gestion à prévoir et comprendre les changements déterminants dans des délais adéquats.

Notre objectif est de fournir certaines informations environnementale opportunes, justes, accessibles, et relativement économiques afin de mieux supporter la prise de décision concernant le Saint-Laurent. Cet objectif est divisé en trois volets qui ont en commun de faire intervenir la modélisation numérique sur super-ordinateur, des stratégies qui optimisent l'économie des ressources, et des solutions complètes pour nos clients. Ces trois volets sont (1) les influences climatiques et la prévision du climat du Saint-Laurent à l'échelle des mois et des années, (2) la prévision numérique de dérive de contaminants, de plancton ou autres matières dans le système du Saint-Laurent, (3) les contrôles qu'exerce l'environnement sur la productivité et la chaîne trophique du Saint-Laurent.

1. Les influences climatiques et la prévision du climat du Saint-Laurent à l'échelle des mois et des années (Principaux investigateurs: F. Saucier, D. Lefaivre, D. Gilbert, P. Larouche, A. Vézina, B. Pelchat, J.-C. Therriault)

Plusieurs évidences et études démontrent que le Saint-Laurent change lentement d'état d'une année à l'autre sous l'influence de processus liés au développement et aux variations naturelles dans l'atmosphère, dans les océans et dans la capacité du Saint-Laurent de s'ajuster aux forces externes. Les raisons pour lesquelles nous ne comprenons pas mieux comment ces changements se font ne sont pas théoriques, les lois de l'hydrodynamique et de la thermodynamique étant bien connues. Elles sont plutôt pratiques; nous avons peu de données et nous ne savons pas ce qu'il faut mesurer. Mais il y a des moyens nouveaux et puissants de simuler des systèmes hydrodynamiques complexes sur ordinateur. Ceux-ci optimisent notre capacité de synthèse de l'information, cette optimisation étant sujette aux contraintes rigoureuses de l'observation et de la physique. Ici, nous proposons de développer et d'appliquer un modèle numérique nouveau et bien adapté à nos besoins, un modèle tridimensionnel pronostique de la dynamique thermohaline annuelle et interannuelle du système du Saint-Laurent. Ce modèle constituera un vaste laboratoire numérique dans lequel nous pourrons simuler et prévoir des changements physiques (grands modes de circulation, thermodynamique, température, salinité, dispersion et mélange) induits par les variations dans le débit d'eau douce du Saint-Laurent, les grandes oscillations et tendances climatiques, les influences de l'Atlantique Nord-Ouest, etc.

Nous proposons de produire trois types d'informations à partir de ce modèle numérique. Le premier type d'information est le diagnostique du climat historique et présent du Saint-Laurent. Nous chercherons à expliquer des observations importantes (refroidissement, circulation, etc.) sur la base de relations fondamentales internes au Golfe, mais surtout de relations avec les processus externes sur le continent (e.g., la régulation du débit du Saint-Laurent), dans l'Atlantique Nord (e.g., formation des eaux profondes et intensité du courant du Labrador), ou à l'échelle planétaire (e.g., effet de serre, Oscillations El-Niño, Indice d'Oscillation Sud et Indice d'Oscillation Nord). Grâce à ces diagnostiques, nous pourrons mieux comprendre et décrire les temps et la manière de répondre du Saint-Laurent. Le deuxième type de produit est la simulation des tendances interannuelles futures du Saint-Laurent sur la base de prévisions statistiques des changements dans les forces externes (débits d'eau douce, mélange entre les eaux du Labrador et celles de l'Atlantique, etc.). Finalement, le troisième type de produit qui sera disponible à partir du modèle hydrodynamique sera l'étude des processus de transport dont les variations à l'échelle des saisons sont importantes, en particulier, la dispersion d'algues toxiques, de contaminants, de nitrate, d'oxygène, ou encore de larves de poisson.

Il y a des relations importantes entre cette proposition et d'autres activités proposées au SLV 2000. La modélisation peut contribuer dans l'exercice de mesure directe de l'état du Golfe; elle limite *à priori* le nombre de données nécessaires pour une description complète de l'environnement, elle permet de simuler des tendances futures, et elle fourni la manière de confirmer ces résultats. Nous proposons d'associer nos objectifs de recherche à ceux qui tentent d'expliquer les variations dans la mortalité naturelle des espèces commerciales du Saint-Laurent. Pour notre part, nous tenterons de mieux comprendre la nature globale du déclin de la morue, l'augmentation récente dans le recrutement du Homard, et la dynamique de l'environnement physique global du Saint-Laurent. Si des relations de cause à effet sont confirmées, alors notre capacité à prévoir le climat sera déterminante dans notre capacité à prévoir le recrutement dans des délais raisonnables.

Le modèle numérique pourra aussi inclure des couplages avec la glace et l'atmosphère si ceux-ci s'avèrent cruciaux. L'étude de ces relations de couplage fait partie de notre programme de recherche sur les effets du développement dans le Nord canadien.

(2) La prévision numérique à court terme des courants et des dérives de contaminants, d'oxygène, de plancton ou autres matières dans le système du Saint-Laurent (Principaux investigateurs: F. Saucier, D. Lefaivre, M. Levasseur)

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent-1, un modèle de circulation tridimensionnel du Saint-Laurent fut développé. Ce modèle, contrairement à celui qui nous venons de discuter, est à la résolution des minutes dans le temps et des centaines de mètres au kilomètre dans l'espace (entre Trois-Rivières et l'île d'Anticosti). Plusieurs produits, recherchés dans l'esprit du Plan d'action Saint-Laurent, découlent de ce nouveau modèle. La production est déjà partiellement subventionnée (i.e., l'intégration des courants au système de recherche et sauvetage maritime de la Garde côtière canadienne, le développement des systèmes de réponse aux urgences maritimes pour Environnement Canada, ou la présentation de nouveaux atlas analogique et numérique des courants du Saint-Laurent au Service hydrographique du Canada). Ici, nous proposons de poursuivre le développement du modèle de circulation à haute résolution pour tout le système du Saint-Laurent de Montréal au détroit de Cabot, et d'y assimiler les données nécessaires pour effectuer des prévisions à court terme (heures et jours) sur les transports de matières, et ce dans des délais parfois urgents pour la prise de décision. En particulier, nous proposons de poursuivre des projets de recherche et développement sur la prévision de dérive des nappes d'hydrocarbure, les courants et niveaux d'eau dans la voie navigable, la dérive des algues toxiques, et le développement de nouveaux produits. Une grande partie du travail consiste à assimiler toutes les informations disponibles (comme les vents ou les caractéristiques de sources toxiques via des accords avec d'autres ministères, ou des missions

scientifiques du MPO dans le cadre des projets multidisciplinaires de recherche) dans un centre de traitement et de simulation, de programmer beaucoup, et de diffuser les prévisions sur des réseaux divers. Nous sollicitons ici un support qui ne provient d'aucune autre source pour la poursuite de cet objectif.

(3) Les contrôles qu'exerce l'environnement sur la productivité et la chaîne trophique du Saint-Laurent (Principaux investigateurs: A. Vézina, Y. Gratton-INRS, F. Saucier et M. Levasseur)

La productivité globale du milieu marin est restreinte par les apports allochtones de sels nutritifs, en particulier, le nitrate (NO3) (Platt *et al.*, 1989). Parce que le NO3 n'est pas régénéré dans la couche de surface, sa disparition des eaux de surface (par transformation en matière vivante) devient équivalente à la production nette (aussi appelée production nouvelle) qui soutient tous les échanges trophiques jusqu'aux poissons. L'introduction du NO3 dans la couche de surface et sa consommation par le plancton sont régies par les processus physiques de mélange et de circulation, eux-mêmes influencés par le climat du Saint-Laurent. En gros, on peut considérer le NO3, dissous ou incorporé dans le plancton, comme un traceur global de la productivité de l'écosystème. L'impact des variations dans le transport et l'utilisation du NO3 sur la capacité de production des ressources halieutiques a été démontré statistiquement (Iverson, 1990).

Des modèles biologiques seront développés pour quantifier l'utilisation du NO3, la production de chlorophylle (et autre matière planctonique) et la production nouvelle à partir de variables physiques et biochimiques issues du modèle de circulation. Deux situations seront traitées, probablement par des modèles différents: (1) l'utilisation du NO3 dans une colonne d'eau qui subit un cycle saisonnier de stratification-déstratification (Legendre et Demers, 1984), et (2) l'utilisation du NO3 dans une région frontale sous l'influence des courants convergents ou divergents (Loder et Platt, 1986). Nous avons des observations détaillées dans l'Estuaire maritime et le courant de Gaspé qui peuvent servir à l'élaboration de modèles biologiques simples. Lorsque validés pour des situations locales, ces modèles biologiques seront ensuite couplés au modèle de circulation thermohaline (Volet 1) pour obtenir des simulations de la productivité à l'échelle régionale.

Nous envisageons quatre types de produits issus de ce modèle couplé: (1) suivi des variations saisonnières et régionales de la productivité du système du Saint-Laurent (via la resuspension, la dispersion et l'enlèvement du NO3); (2) études diagnostiques post hoc des variations inter-annuelles de la production du golfe pendant les 5-10 années précédant les évaluations de recrutement (basées sur l'opération rétroactive du modèle physique); (3) études de cas permettant de suivre l'évolution de la production dans des sous-régions du système du Saint-Laurent (ex.: proliférations d'algues toxiques dans l'estuaire); et (4) recommandation sur les fréquences spatiales et temporelles d'échantillonnage du programme de monitorage. Ces produits, et autres envisageables, touchent à la gestion des stocks exploitables, via la connaissance et la protection de l'environnement, et à l'évaluation des risques de contaminations de la ressource.

DESCRIPTION TECHNIQUE

1993-94

Volet 3: Productivité

Recensement et évaluation des différentes approches de modélisation physique-biologie.

1994-1995

Volet 1: Diagnostique et prévision du climat du Golfe

Les priorités pour le début de 1994-95 seront (1) d'assurer la capacité de calcul nécessaire pour effectuer des simulations (pour cela nous devons acquérir un mini super-ordinateur dédié pour lequel nous sollicitons ici environ 30% du coût) et (2) de coordonner nos activités avec nos partenaires et clients. Ceci nous permettra de démarrer la modélisation de tout le système du Saint-Laurent. Les objectifs pour 1994-95 sont les suivants: 1. Prototypage du modèle de dynamique thermohaline du Golfe. 2. Assimilation de la climatologie historique du Golfe, du continent Nord-américain, de l'Atlantique et de la mer du Labrador servant à entraîner les modèles diagnostiques du Golfe.

Volet 2: Prévisions à court terme des courants et dérives

Objectifs et produits livrables: 1. Terminer le contenu des atlas numérique et analogique des courants de l'estuaire du Saint-Laurent. 2. Rendre opérationnel le modèle de prévision de dérive à court terme dans l'estuaire du Saint-Laurent. 3. Soumettre une publication primaire sur les processus chaotiques de mélange et de transport dans l'estuaire du Saint-Laurent. 4. Effectuer une campagne de mesure de dérives lagrangiennes dans l'estuaire du Saint-Laurent dans le but de valider les transports par la marée et les vents. 5. Établir une interface graphique pour les interventions d'urgences dans l'Estuaire et le Golfe, et les liaisons électroniques avec nos pourvoyeurs de données (Service de prévision atmosphérique à ville Saint-Laurent, Centre Saint-Laurent, Garde côtière canadienne, gestionnaires) et les gestionnaires-clients (commandement à Environnement Canada, avis scientifiques). 6. Définir un accord d'entreprise conjointe avec Environnement Canada pour la prestation d'avis en cas d'urgences maritimes. 7. Fournir un rapport sur les besoins des gestionnaires et des clients (e.g., Garde côtière canadienne; Environnement Canada) en matière de physique de l'environnement (e.g., sensibilité du milieu). 8. Assimilation des vents en temps quasi-réel et études de la variabilité des courants de surface induits dans le Saint-Laurent. 9. Prestation d'avis scientifiques lors des exercices d'urgence maritime d'Environnement Canada à Montréal, Québec et Sept-Îles.

Volet 3: Productivité

Objectifs et produits livrables: 1. Développement d'un modèle 1-D simulant le mélange vertical dans une masse d'eau (considérée uniforme dans le plan horizontal) et le transport vertical des particules biologiques (Simonot *et al.*, 1988; Musgrave *et al.*, 1988; Thomas, soumis). 2. Incorporation de fonctions pour simuler l'utilisation biologique du NO3, sa transformation en particules biologiques, et la perte d'azote particulaire par broutage et sédimentation (Vézina et Platt, 1987; Fasham *et al.*, 1990; Taylor *et al.*, 1992). 3. Validation du modèle sur des profils verticaux de propriétés physiques et biologiques acquis dans des masses d'eau pour lesquelles les gradients horizontaux sont faibles (e.g. centre du Golfe). 4. Évaluations diagnostiques de l'importance des variations interannuelles du cycle saisonnier sur la productivité du Golfe.

1995-1996

Volet 1: Diagnostique et prévision du climat du Golfe

Objectifs et livrables. 1. Modèle océanique tri-dimensionnel pronostique des variations annuelles moyennes climatiques du système du Saint-Laurent. 2. Études des relations entre les données historiques de recrutement des espèces commerciales du golfe du Saint-Laurent et de l'Atlantique Nord, le climat atlantique (e.g., oscillations atlantiques, flux atmosphériques, formation des eaux profondes), et les

processus internes du golfe (mélanges, dispersion, transport, formation de la couche intermédiaire froide, circulation estuarienne).

Volet 2: Prévisions à court terme des courants et dérives

Objectifs et livrables: 1. Fournir les avis scientifiques aux gestionnaires en cas d'urgences maritimes pour tout le système du Saint-Laurent (à partir de Montréal). 2. Implanter les courants du Saint-Laurent dans les systèmes CANSARP, ODIN, WORLD OIL SPILL. 3. Fournir au SHC et adapter le contenu des atlas numérique et analogique de l'estuaire du Saint-Laurent.

Volet 3: Productivité

Objectifs et produits livrables: 1. Développement d'un modèle 2-D simulant le transport et la dynamique dans des champs de courant divergents ou convergents typiques des zones frontales (Franks, 1992). 2. Incorporation des fonctions biologiques décrites plus haut. 3. Validation du modèle sur des sections traversant des zones frontales bien étudiées (e.g. tourbillon de Rimouski, courant de Gaspé). 4. Évaluations diagnostiques de la productivité dans certaines sous-régions du système du Saint-Laurent. 5. Validation du choix initial des stations pour le programme de monitorage.

1996-1997

Volet 1: Diagnostique et prévision du climat du Golfe

Objectifs et livrables: 1. Publier les résultats du modèle de réponse thermohaline interannuelle diagnostique du système du Saint-Laurent. 2. Émettre les premières recommandation sur le climat à notre gestion.

Volet 2: Prévisions à court terme des courants et dérives

Objectifs et livrables: 1. Étalonnage du modèle scientifique de prévision de la dispersion de surface dans le système du Saint-Laurent entre la rivière Saguenay et le sud du Golfe (appliquée au phytoplancton, en particulier les algues toxiques, aux contaminants et aux éléments nutritifs). 2. Valider le modèle de prévision de dérive dans les zones à haut risque. 3. Préparer le transfert des courants du golfe aux clients externes (atlas des courants du Golfe, réseaux).

Volet 3: Productivité

Objectifs et produits livrables: 1. Étude et évaluation de différentes méthodes de couplage physique-biologie pour des modèles 3-D (Simonot *et al.*, 1988; Platt et Sathyendranath, 1991). 2. Couplage des sous-modèles biologiques au modèle de circulation thermohaline (Volet 1). 3. Validation des simulations du modèle couplé avec des résultats d'échantillonnage quasi-synoptiques à moyenne et grande échelle (e.g. CZCS 1979-81, LIDAR 1992-94) (Ishizaka, 1990).

1997-1998

Volet 1: Diagnostique et prévision du climat du Golfe

Objectifs et livrables: 1. Fournir aux gestionnaires et publier la validation des résultats du modèle de prévision annuelles et interannuelles du climat du golfe du Saint-Laurent, 2. Recommandation aux programmes sur les pêches, sur les algues toxiques, sur la qualité du milieu et sur le monitorage de l'état du golfe.

Volet 2: Prévisions à court terme des courants et dérives

Objectifs et livrables: 1. Publier et diffuser le modèle prévisionnel de dérive en cas d'urgence. 2. Publier une étude sur la prévision de la dispersion des algues toxiques dans le système du Saint-Laurent. 3. Publier les résultats sur le transport annuel dans le système du Saint-Laurent (oxygène dissous et larves de poisson). 4. Fournir les résultats sur les courants et les dérives aux clients externes.

Volet 3: Productivité

Objectifs et produits livrables: 1. Intégration dans le modèle couplé des données acquises sur la structure verticale de concert avec les données de surface. 2. Recommandation finales sur le programme de monitorage (résolution d'échantillonnage verticale, horizontale et temporelle). 3. Étude post-doc de la productivité du Saint-Laurent depuis les 5 années précédentes et évaluation de l'impact des variations interannuelles sur le recrutement de certaines espèces commerciales. 4. Étude de cas sur la prolifération des algues toxiques dans l'estuaire (e.g. suivi spatio-temporel du développement, transport et dispersion des blooms).

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet s'inscrit dans l'évaluation de l'état des ressources et des habitats marins. En particulier, le projet vise l'évaluation de l'impact de la circulation et des transports physiques sur la productivité potentielle des habitats marins du système Estuaire-Golfe et sur la dissémination des contaminants toxiques.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Ce projet s'inscrit dans les obligations du MPO de maintenir la qualité de production des habitats marins et de prévenir la contamination des ressources marines exploitables.

COORDINATION

Ce projet s'intègre dans la programmation des sciences au MPO:

1. Programme de soutient océanographique du Golfe.
2. Programme multidisciplinaire sur la morue.
3. Programme sur les algues toxiques et nuisibles.
4. Programme sur les déversements et urgences maritimes.

Les avancements dans nos travaux dépendront partiellement des produits de ces programmes, en particulier du premier car il coordonnera la mesure sur le terrain. Notons toutefois que le support requis de ce programme n'est que très partiel; les données nécessaires aux travaux de recherche sur la dynamique thermohaline sont déjà existantes sauf pour les données de niveau d'eau dans le détroit de Belle Isle et certains tests stratégiques de nos prévisions.

Nos partenaires principaux sont:

1. Environnement Canada. Une entente de recherche nous lira dans la période 1994-98 avec la gestion régionale des urgences à Environnement Canada (Claude Rivet). Les développements couverts par

cette entente ne comprennent pas la région en aval de Québec. Ceux-ci sont proposés ici. Cette entente décrira certains services de prévision de dérive de contaminants dans le Saint-Laurent que nous offrirons au MDE. La contribution du MDE à cette entente est décrite dans la section financement. La contribution du MPO est de fournir un logiciel au Centre Saint-Laurent pour les prévisions en amont de la ville de Québec. Une seconde entente de recherche pourrait existée avec le niveau national, urgences, Environnement Canada (Merve Fingas), pour l'utilisation de standards dans les applications des technologie de mesure et modélisation des courants du Saint-Laurent.

2. Transport Canada. Une proposition pour implanter nos résultats sur les courants de l'estuaire du Saint-Laurent dans le système de recherche et sauvetage de la Garde côtière canadienne a été retenue pour 1994-96 par le Secrétariat national, Recherche et Sauvetage. En plus de fournir les résultats qu'ils aurons subventionné, nous considérerons l'office du super-intendant à la recherche, recherche et sauvetage (Tony Patterson), comme un partenaire important dans nos efforts de recherche pour le golfe. Nous cherchons à établir avec celui-ci une entente sur de nouveaux services que nous pourrons échanger concernant la l'environnement physique du Saint-Laurent.

3. INRS-Océanologie. Un accord d'entreprise conjointe sera établi entre le MPO (A. Vézina) et l'INRS-Océanologie (Y. Gratton).

4. Service hydrographique du Canada. Les systèmes de diffusion et de géomatique marine en place ou en développement au SHC sont des moyens privilégiés pour la diffusion de nos résultats. La communication électronique d'information environnemental, en temps quasi-réel, représente un nouvel aspect important de la diffusion des résultats vers nos clients.

BÉNÉFICES

Nous proposons au programme SLV 2000 des produits de la recherche nouveaux et compétitifs. Nous ne maintenons pas d'activités de recherche qui résultent en publications primaires seulement, sans bénéfices directes et quantifiables pour la gestion et la nation. Nous ferons appel à l'entreprise privée chaque fois qu'elle pourra fournir un service au coût prévu, et utiliserons divers moyens de transférer nos technologies pour que celle-ci s'aligne sur les besoins des gestionnaires du gouvernement. Toutefois, les produits que nous proposons ici, le gouvernement les obtiendra à un coût minimal. Il serait très difficile de trouver une entreprise compétitive pour la plupart de nos produits. De plus, de par nos ententes avec nos partenaires et notre mission gouvernementale, nous maintenons et garantissons des standards de qualité et la non-duplication des activités de développement du gouvernement dans notre région et au Canada.

APPLICATION DES RÉSULTATS

1. Les produits suivants seront livrés sur support électronique à nos gestionnaires et nos clients pour une utilisation dans leur système d'aide à la prise de décision: (1) les courants et les niveaux d'eau via les réseaux de diffusion du Service hydrographique du Canada (publication, Odin, carte électronique) et nos réseaux de communication avec les clients externes, (2) les avis scientifiques et prévisions de zones de contamination lors d'urgences maritimes, via l'utilisation par les gestionnaires de notre interface usager, et (3) les prévisions et les diagnostiques de l'état physique du Saint-Laurent.

2. Les résultats de la recherche sur le climat du Golfe, la productivité et la dispersion des algues toxiques seront livrés sous la forme de publications et de rapports.

RÉFÉRENCES

Blumberg, A and G. Mellor. (1987). A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: Three dimensional coastal ocean models (Heaps, N.C. ed.), Washigton, DC, Am. Geophys. Un., pp. 1-16.

Bugden, G.L., B. T. Hargrave, M. M. Sinclair, C. L. Tang, J.-C. Thériault, and P. A. Yeats. (1982). Freshwater runoff effects in the marine environment: The Gulf of St. Lawrence example, Can. Tech. Rep. Fish. Aq. Sc., 1078, 90 pp.

Bryan, F. (1986). High-latitude salinity effects and interhemispheric thermohaline circulations, Nature, 323, 310-304, 1986.

Fasham, M.J.R., Ducklow, H.W., & S.M.McKelvie. (1990). A nitrogen-based model of plankton dynamics in the oceanic mixed layer. J Mar Res, 48, 591-639.

Clarke, R. A., and J.-C. Gascard. (1983). The formation of Labrador Sea water: Part I: Large-scale processes, J. Phys. Oceano., 13, 1764-1778.

Franks, P.J.S. (1992). Sink or swim: accumulation of biomass at fronts. Mar Ecol Prog Ser, 82, 1-12.

Ishizaka, J. (1990). Coupling of coastal zone color scanner data to a physical-biological model of the southeastern U.S. continental shelf ecosystem 2. An Eulerian model. J Geophys Res, 95, 20183-20199.

Iverson, R.L. (1990). Control of marine fish production. Limnol Oceanogr, 35, 1593-1604.

Legendre, L. & Demers, S. (1984). Towards dynamic biological oceanography and limnology. Can J Fish Aquat Sci, 41, 2-19.

Lazier, J. R. N., The renewal of Labrador Sea water, Deep-Sea Res., 20, 341-353, 1973.

Loder, J.W. & Platt, T. (1986). Physical controls on phytoplankton production at tidal fronts. xxth European Mar Biol Symp, 3-21.

Musgrave, D.L., Chou, J., & Jenkins, W.J. (1988). Application of a model of upper-ocean physics for studying seasonal cycles of oxygen. J Geophys Res, 93, 15679-15700.

Ottino, J.M., The kinematics of mixing: stretching, chaos, and transport, Cambridge texts in applied mathematics, Cambridge University Press, Cambridge, 364 pp., 1989.

Platt, T., Harrison, W.G., Lewis, M.R., Li, W.K.W., Smith, R.E.H., & Vezina, A.F. (1989). Biological production of the oceans: the case for a consensus. Mar Ecol Prog Ser, 52, 77-88.

Platt, T. & Sathyendranath, S. (1991). Biological production models as elements of coupled, atmosphere-ocean models for climate research. J Geophys Res, 96, 2585-2592.

Ridderinkhof, H. and J.T.F. Zimmerman. (1992). Chaotic stirring in a tidal system, Science, 258, 1107-1111.

Sherman, K., Alexander, L.M. & Gold, B.D. (1991). Food chains, yields, models, and management of large marine ecosystems. Boulder, Colo.: Westview Press.

Simonot, J.-Y., Dollinger, E., & Le Treut, H. (1988). Thermodynamic-biological-optical coupling in the oceanic mixed layer. J Geophys Res, 93, 8193-8202.

Taylor, A.H., Watson, A.J., & Robertson, J.F. (1992). The influence of the spring phytoplankton bloom on carbon dioxide and oxygen concentrations in the surface waters of tyhe northeast Atlantic during 1989. Deep Sea Res, 39, 137-152.

Thomas, F. (1993). Study of O2 and CO2 evolution in the surface water of the ocean using a TKE model and data assimilation technique. Soumis a J. Mar. Systems, 7 Septembre 1993.

Vézina, A.F. & Platt, T. (1987). Small-scale variability of new production and particulate fluxes in the ocean. Can J Fish Aquat Sci, 44, 198-205.

Vezina, A.F. (1994). Mesoscale variability in nitrogen uptake rates and the f ratio during a coastal phytoplankton bloom. Limnol. Oceanogr. (in press).

Vezina, A.F, Gratton, Y., & Vinet, P. Mesoscale physical-biological interactions during a summer phytoplankton bloom in the lower St. lawrence Estuary. Soumis a Estuar. Coastal Shelf Sci., 15 Septembre 1993.

FINANCEMENT F. Saucier

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		30K	10K	10K	10K	60K
	Cap. ($K)		60K				60K
	Sal. ($K)*		55K	55K	55K	55K	220K
	ETP**		1	1	1	1	4
	Total		145K	65K	65K	65K	340K
Autres ($ K)***			159K	82K	60K	60K	361K

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000
* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

1994-1995:
SLV 2000:
- E&E 20K Interfaces électroniques avec les clients, incluant système d'information géographique utilisé chez nos partenaires externes
- 5K Représentation à la conférence du CIEM
- 5K Représentations, publications, fourniture, maintenance partielle des ordinateurs, reproductions, divers.
- CAP 60K Contribution à l'achat d'un nouvel ordinateur de calcul
- SAL 55K Analyste/physicien en modélisation courants du Saint-Laurent

AUTRE: Accord Environnement Canada
- E&E 50K Un ingénieur/physicien en prévision des transports dans le Saint-Laurent
- CAP 60K Accord avec Env. Can.: contribution à l'achat d'un nouvel ordinateur de calcul

AUTRE: Secrétariat National Recherche et Sauvetage
- E&E 49K Étude et réalisation de la proposition "Integration of St. Lawrence current into Coast Guard CANSARP system": Phase 1: Recherche

1995-1996:
SLV 2000:
- E&E 10K Représentations, publications, fourniture, maintenance partielle des ordinateurs, reproductions, divers.
- SAL 55K Analyste/physicien en modélisation dispersion et climat du Saint-Laurent

AUTRE: Accord Environnement Canada
- E&E 50K Un ingénieur/physicien en prévision des transports dans le Saint-Laurent

AUTRE: Secrétariat National Recherche et Sauvetage
- E&E 32K Étude et réalisation de la proposition "Integration of St. Lawrence current into Coast Guard CANSARP system": Phase 2: Implantation

1996-1997:

SLV 2000:

E&E 10K Représentations, publications, fourniture, maintenance partielle des ordinateurs, reproductions, divers.

SAL 55K Analyste/physicien en modélisation dispersion et climat du Saint-Laurent

AUTRE: Accord Environnement Canada

E&E 50K Un ingénieur/physicien en prévision des transports dans le Saint-Laurent

1997-1998:

SLV 2000:

E&E 10K Représentations, publications, fourniture, maintenance partielle des ordinateurs, reproductions, divers.

SAL 55K Analyste/physicien en modélisation dispersion et climat du Saint-Laurent

AUTRE: Accord Environnement Canada

E&E 50K Un ingénieur/physicien en prévision des transports dans le Saint-Laurent

FINANCEMENT A. Vézina

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)	10K	35K	35K	35K	35K	160.0
	Cap. ($K)						
	Sal. ($K)*						
	ETP**						
	Total	10K	35K	35K	35K	35K	160K
Autres ($ K)***							

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000
* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

1993-1994:
E&E 10K Accord d'entreprise conjointe avec INRS-Océanologie (Y. Gratton)

1994-1998 pour chaque année:
E&E 35K Accord d'entreprise conjointe avec INRS-Océanologie (Y. Gratton)

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-113
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Établissement d'un système de catalogage et sauvegarde des données biologiques (incluant les données historiques) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent**

GESTIONNAIRE DU PROJET

Jean-Claude Therriault
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0595 Fax : (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Viateur Dubé
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0673 Fax : (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Rechercher, collectionner, valider et compiler les données biologiques qui ont été recueillies dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent par les divers chercheurs de la Division d'océanographie biologique (DOB: MPO-Québec) au cours des 15 dernières années;
- Mettre en place un système pour cataloguer et sauvegarder cette information historique ainsi que celle de toute nouvelles expériences, afin de rendre cette information disponible et accessible pour les chercheurs gouvernementaux et universitaires, ainsi que pour les gestionnaires de l'environnement qui en ont besoin pour évaluer l'état de l'environnement marin.

SOMMAIRE

Au cours des 15 dernières années, la Division d'océanographie biologique (DOB: MPO-Québec) a effectué chaque année une ou plusieurs missions en mer dans le Saint-Laurent pour réaliser divers projets de recherche. La collecte de données océanographiques sur de nombreuses variables a été effectuée lors de ces missions. Comme il n'a jamais existé de moyen central pour disposer ou entreposer ces données de façon sécuritaire, celles-ci sont présentement dispersées dans les bureaux et filières des chercheurs qui ont déjà travaillé à la DOB ou qui ont participé à leur collecte. Plusieurs de ces chercheurs sont encore avec la DPrMM à l'IML, mais d'autres dont L. Fortier, Y. de Lafontaine, J. Percy et, bientôt, S. Demers ont quitté, souvent en apportant avec eux ces précieuses données qui ont été recueillies à grand frais par le MPO parce qu'il n'existait pas de système adéquat pour conserver ces données. Cette proposition vise donc à corriger cette lacune en effectuant la recherche et la collecte des données susceptibles d'intéresser la collectivité scientifique et les gestionnaires de l'environnement (i.e. température, salinité, densité, chlorophylle, sels nutritifs, productivité, lumière, etc.). Une fois localisées, ces données seront validées et compilées et conservées sous un format commun accessible pour les futures banques centrales de données qui seront bientôt disponibles à l'IML. Un catalogage de ces données sera aussi effectué afin de pouvoir facilement accéder à ces données. En raison de l'ampleur du travail, il faudra plusieurs années pour compléter ce projet avec de la main d'oeuvre technique spécialisée engagée de façon déterminée ou à contrat.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Un catalogue décrivant la disponibilité des données d'océanographie biologique qui ont été recueillies par la DOB au cours des 15 dernières années dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent;
- Un système permettent de cataloguer et de sauvegarder rapidement les nouvelles informations recueillies au cours des futures travaux en océanographie biologique.

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Description de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 207-94-113

VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : État de l'environnement marin
TITRE : **Établissement d'un système de catalogage et sauvegarde des données biologiques (incluant les données historiques) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent**

JUSTIFICATION

Au cours des 15 dernières années, la Division d'océanographie biologique (DOB: MPO-Québec) a effectué chaque année une ou plusieurs missions en mer dans le Saint-Laurent pour réaliser divers projets de recherche. La collecte de données océanographiques sur de nombreuses variables a été effectuée lors de ces missions. Comme il n'a jamais existé de moyen central pour disposer ou entreposer ces données de façon sécuritaire, celles-ci sont présentement dispersées dans les bureaux et filières des chercheurs qui ont déjà travaillé à la DOB ou qui ont participé à leur collecte. Plusieurs de ces chercheurs sont encore avec la DPrMM à l'IML, mais d'autres dont L. Fortier, Y. de Lafontaine, J. Percy et, bientôt, S. Demers ont quitté, souvent en apportant avec eux ces précieuses données qui ont été recueillies à grand frais par le MPO parce qu'il n'existait pas de système adéquat pour conserver ces données. Cette proposition vise donc à corriger cette situation en effectuant la recherche et la collecte des données susceptibles d'intéresser la collectivité scientifique et les gestionnaires de l'environnement (i.e. température, salinité, densité, chlorophylle, sels nutritifs, productivité, lumière, etc.). Une fois localisées, ces données seront validées et compilées et conservées sous un format commun accessible pour les futures banques centrales de données qui seront bientôt disponibles à l'IML. Un catalogage de ces données sera aussi effectué afin de pouvoir facilement accéder à ces données. En raison de l'ampleur du travail, il faudra plusieurs années pour compléter ce projet avec de la main d'oeuvre technique spécialisée engagée de façon déterminée ou à contrat.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Dans le cadre du développement d'un programme de soutien océanographique à la gestion des ressources marines du Golfe, il faudra développer des structures et des mécanismes permettant la collecte centrale de données océanographiques devant servir à répondre aux clients de la recherche qui s'effectue à l'IML. Il est donc prévu de construire des bases de données capables d'accueillir ces données et de développer des catalogues permettant de diffuser l'information concernant la disponibilité et l'accessibilité de ces données.

Comme première étape à ce projet, nous proposons d'engager au moins un technicien spécialisé sur un poste déterminé qui verra à (1) examiner les possibilités existantes de structure de catalogue et qui fera la recherche active des données en océanographie biologique. Ces données seront ensuite validés et archivées pour être ensuite acheminés au centre de collecte de données à l'IML où des mesures de sauvegardes adéquates seront utilisés pour protéger ces données. L'information concernant l'accessibilité de ces données sera aussi recueillie et compilée dans un catalogue (e.g. Fox Pro tel que développé pour le Plan Vert) pour diffusion subséquente de cette information.

RELATIONS AVEC LE PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT VISION 2000

Ce projet cadre bien avec l'objectif principal du SLV 2000 qui est d'assurer la conservation et la protection du Saint-Laurent dans un contexte de développement durable. Il s'inscrit plus particulièrement dans le volet aide à la décision pour déterminer l'état des ressources et des habitats marins du Saint-Laurent. Le catalogue de données biologiques que nous comptons développer constituera un outil essentiel pour les gestionnaires de l'environnement qui pourront se baser sur des données historiques pour prendre leur décisions.

PERTINENCE PAR RAPPORT AU MANDAT DU MPO

Toutes les données que nous comptons recenser dans notre catalogue ont été recueillies dans le cadre de projets de recherche du MPO.

BÉNÉFICES

La disponibilité de notre catalogue et des données qui y sont associées rendra un service considérable pour les chercheurs du MPO ou des autres organismes de recherche qui ont souvent besoin de cette information pour compléter leur travaux de recherche. Sans compter les gestionnaires de l'environnement qui auront accès à toute cette information océanographique afin de pouvoir prendre des décisions éclairées.

COORDINATION

Le travail sera coordonné avec le groupe de collecte de données qui sera mis sur pied dans le cadre du programme de soutien océanographique à la gestion de la ressources du Golfe.

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		10.0	10.0	10.0	10.0	40.0
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*						0.0
	ETP**						0.0
	Total	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	40.0
Autres ($ K)***							

JUSTIFICATION DU BUDGET

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
TEC						
-Poste déterminé pour personnel spécialisé		1	1	1	1	4 (TEC)
E&E						
-Fournitures diverses, publication du catalogue, disponibilité de disquettes, etc.		5.0	5.0	5.0	5.0	20.0
-Voyages de consultation et recherches de données		5.0	5.0	5.0	5.0	20.0
CAPITAL						
-Ordinateur de remplacement, Lecteurs optiques, imprimante, logiciels de banques de données		0.0	20.0	5.0	5.0	50.0
TOTAUX		**10.0**	**30.0**	**15.0**	**15.0**	**90.0**

MPO, Région du Québec, Direction régionale des sciences
Saint-Laurent Vision 2000
Fiche d'identification de projet

NUMÉRO DE PROJET : IML 503-94-2
VOLET : Aide à la prise de décision
PROGRAMME : État des ressources et des habitats marins
THÈME : Coordination du programme Saint-Laurent Vision 2000 à la DRS
TITRE : **Coordination du programme Saint-Laurent Vision 2000**

GESTIONNAIRE DU PROGRAMME

Jean Piuze
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0703 Fax: (418) 775-0542

CHARGÉ DE PROJET

Daniel Le Sauteur
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4
Tél.: (418) 775-0656 Fax: (418) 775-0542

OBJECTIFS

- Coordonner le programme SLV 2000 à la Direction régionale des Sciences;
- Livrer les plans de travail et les rapports de projet;
- Assurer la liaison avec les clients et la participation aux divers comités du programme.

SOMMAIRE

Le bon déroulement du programme SLV 2000 requiert un coordonnateur ayant une expertise pertinente aux domaines de recherche au programme. En étroite collaboration avec les gestionnaires et les responsables scientifiques, celui-ci assure la mise en oeuvre du programme et la production des biens livrables. La coordination de la préparation et de l'édition des plans de travail, des rapports de projet et de tout autre document pertinent au programme font partie de ses activités. Le coodonnateur participe également à la consultation des clients et aux divers comités internes et externes du programme.

PRINCIPAUX BIENS LIVRABLES

- Coordination du programme à l'IML;
- Contribution aux comités internes et externes du programme;
- Liaison avec les clients;
- Production et diffusion de rapports et publications;
- Bilan de la contamination et de ses effets sur le Saint-Laurent marin (sera produit dans le cadre du programme *Plan vert Produits toxiques* et intégrera les données du SLV 2000).

FINANCEMENT

		93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	Total
SLV 2000	E&E ($K)		29.0	40.0	20.8	20.0	109.8
	Cap. ($K)						0.0
	Sal. ($K)*	0	44.0	44.0	44.0	44.0	176.0
	ETP**		1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
	Total	0.0	73.0	84.0	64.8	64.0	285.8
Autres ($ K)***							

SLV 2000 = Saint-Laurent Vision 2000

* Salaires totaux incluant les bénéfices marginaux
** Équivalent temps plein (anciennement A-P)
*** e.g. Plan vert, PRDE/PERD, etc.

JUSTIFICATION DU BUDGET

Fonctionnement

Voyages	2.5
Services professionnels	14.0
Services scientifiques	7.5
Divers	5.0
Total	29.0